

智能驾驶和人形机器人培训专题

分析师：陈传红 执业编号：S1130522030001

2025/4/14

■ **具身智能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具身智能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、激光雷达和清洗等增量赛道迎爆发式增长，整车格局迎变局。**

1、**高阶智驾：爆发式增长即将到来，整车赛道将加速出清。**渗透率：智能驾驶25年开始正式步入爆发式增长阶段，预计25年达到15%+，YOY+200%，预计未来2-3年渗透率突破70%。格局：高阶智驾是整车环节格局变化的核心技术驱动因子。从商业模式看，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，全栈自研模式领先优势有望扩大；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是整车赛道格局变化的另外一个核心驱动因子，随着政策+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。20万以下价格带市场竞争格局将进一步迭代。

3、**供应链：智能驾驶芯片、激光雷达和传感器清洗赛道是纯增量高投资价值赛道。**从爆发性和长期的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。

■ **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。从格局角度看，销售渠道+大模型能力+品牌2c影响力将是整机公司竞争的关键要素。

2、**供应链：精度、传动效率和成本差异度决定了赛道壁垒，高ASP和高壁垒的灵巧手、丝杠、传感器等是核心赛道。**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、传感器等赛道是人形机器人产业链的核心优质赛道。

一、高阶智驾：高阶智驾1-N，robotaxi迈入0-1

二、机器人：龙头迈向0-1，中国供应链崛起在即

三、投资建议

四、风险提示

高阶智驾四大驱动力：道路交通安全法等法规需要铺垫

- 《道路交通安全法》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，是高阶智驾渗透率提升的核心驱动力之一。

图表：高阶智驾相关政策内容统计

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	组织试点申报工作，并于次年6月确定了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

高阶智驾四大驱动力：大算力芯片是端侧的硬件保障

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。大算力英伟达将于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J6P算力高达560TOPS，预计将于2025年第四季度交付首款量产合作车型，引领国产芯片拓局城市NOA。

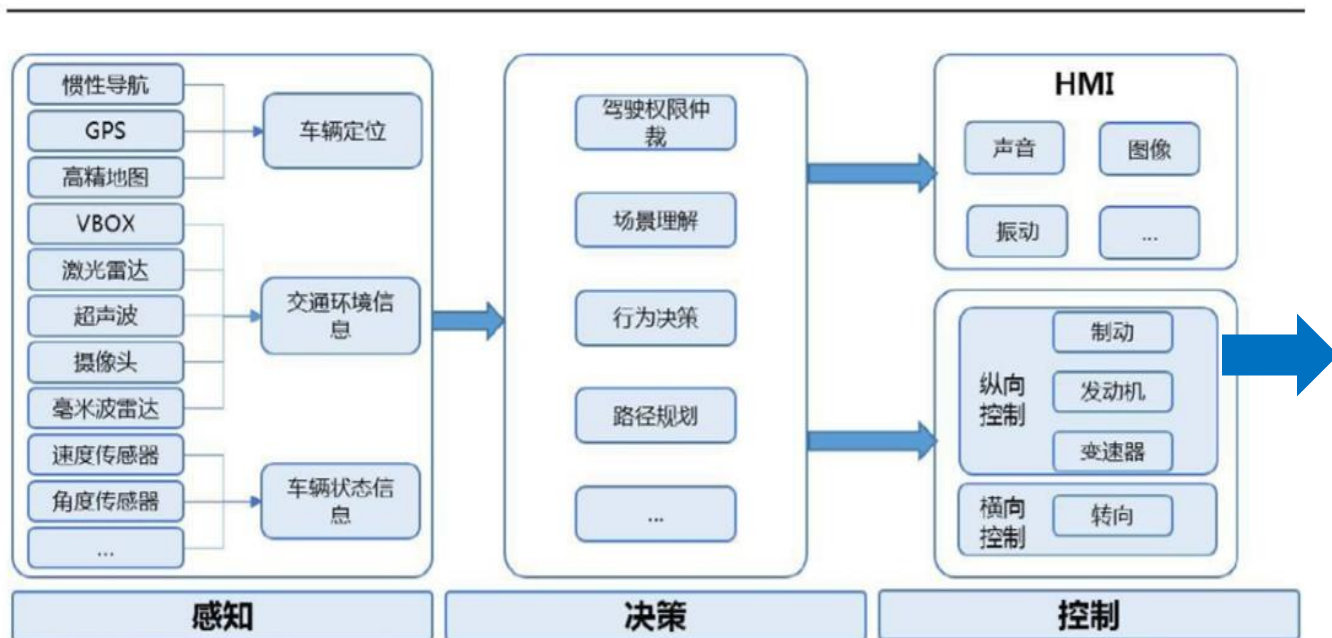
图表：主要芯片企业大算力芯片量产和规划

厂商	芯片	制程/nm	最高算力/TOPS	量产情况或规划
英伟达	Orin-X	7	254	蔚来ET5、ET7、理想L7/L8/L9Max版、小鹏G6、G9、X9、智己LS7、小米SU7PilotMax版
	Thor	4	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	5	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	4	72	RideFlex平台第一款产品，主打舱驾一体，25Q2哪吒首发
Mobileye	EyeQ Ultra	5	175	预计2025年实现量产
安霸	CV3-685	5	750eTops	针对L3-L4级自动驾驶
	CV3-655	5	250eTops	针对城市NOA
	CV3-635	5	125eTops	针对高速NOA
华为	昇腾MDC	7	200/400	问界M5、M7、M9、阿维塔11、12、智界S7、埃安LXPlus等
地平线	J5	16	128	理想L9/L8/L7Air和Pro版、汉EV荣耀版等
	J6P	7	560	计划2025年交付
黑芝麻	A1000Pro	16	106	合作开发中
特斯拉	HW3.0	14	144	2019年发布
	HW4.0	7	300-500	2023年发布，搭载于特斯拉旗下车型
	AI5	4	-	2025年下半年发布，相比于HW4.0性能提升10倍

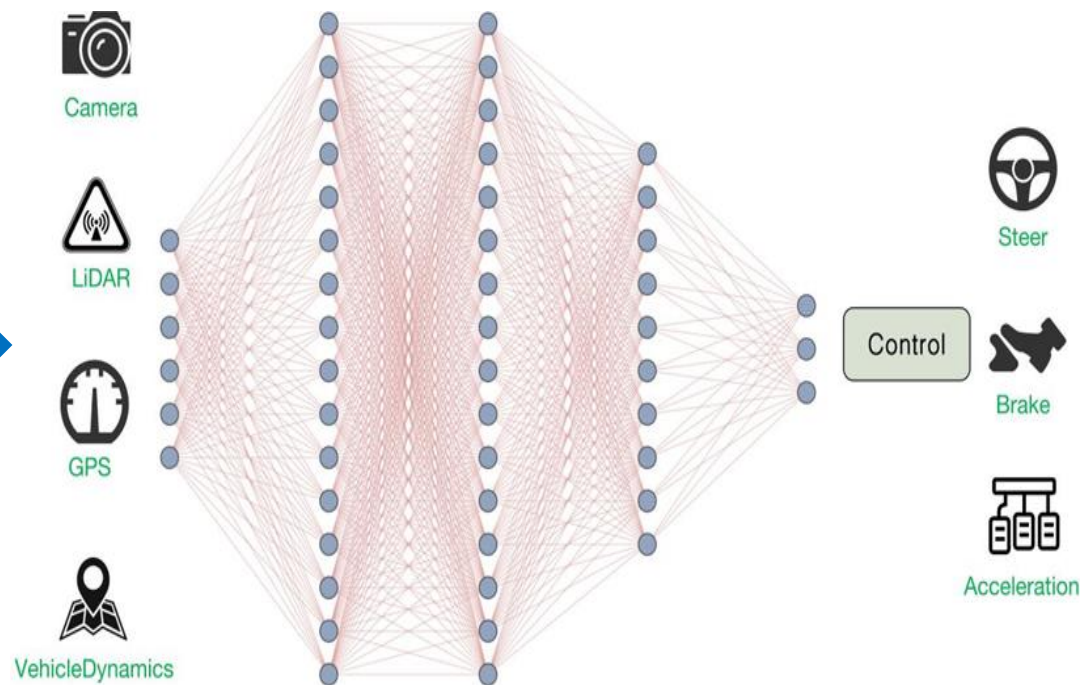
高阶智驾四大驱动力：软件算法从模块化进阶到端到端

- 高阶智驾系统将从传统的模块化架构（感知+规控）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，高阶智驾从“能用”迈向“好用”

图表：传统模块化架构工作流程



图表：端到端架构工作流程



- 全球汽车消费维持稳定，投资机会来自于格局变化，而格局变化主要由技术变革驱动。
- 技术变革是整车格局的核心影响因素，目前行业最大的技术变革是智能驾驶，尤其是高阶智驾和robotaxi。
- 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。
 - ① 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
 - ② 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
 - ③ 人才：据测算，在现有BEV+OCC+规控的技术架构下，高阶智驾的开发至少需要构建1000人以上的开发团队，具体包括感知算法团队200-300人，规控算法团队100-200人，工程化落地团队300-400人、数据闭环团队200-300人。端到端技术架构的应用可再一定程度上降低开发人数（主要减少规控团队），但也需接近1000人
 - ④ 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。25亿元/年是参与高阶智驾市场竞争的起步资金
 - ⑤ 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，在高阶智驾的竞争中，整车厂自研模式的竞争力强于第三方

- 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，**建议关注华为系（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**

图表：华为/小米/理想智驾技术和投入对比

厂商	智驾方案	智驾芯片	研发团队人数	资金投入 (亿元)	数据积累(公里)	云端算力
华为	1L3R11V12U	自研	4000	70-80	20.68亿	7.5EFLOPS
小米	1L3R11V12U	OrinX	1500	55	/	/
理想	1L1R11V12U	OrinX	1000	30	29亿	8.1EFLOPS

整车格局：端到端智驾，对20-40万价格带市场影响最大

■ 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

■ 整车厂全栈自研竞争力强于第三方

- **整车厂竞争力强于第三方**：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、内部协同，其中数据和算力是两大最核心要素。基于上述五大竞争要素，我们判断整车厂的竞争力强于第三方供应商

整车格局：高阶智驾格局初步成型，华为系、理想和小米

- 目前整车领域智驾格局已初步形成，看好五大竞争要素都具备积累的厂商。

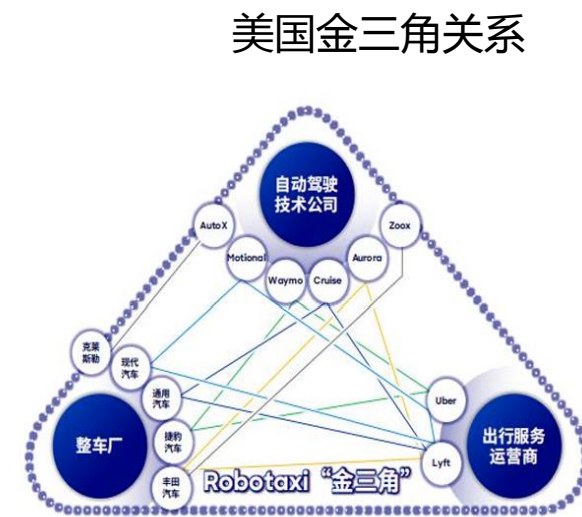
图表：主要主机厂高阶智驾推广情况统计

	车企/厂商	系统/架构名称	方案	高速覆盖	城市覆盖
T1	华为系	ADS2.0	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
T2	理想	AD MAX 3.0	激光雷达方案/纯视觉	全国	全国
	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	公测中
				EyeQ5芯片版169城	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

整车格局：Robotaxi，“自运营”和金三角”模式齐头并进

- 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：Robotaxi商业模式对比



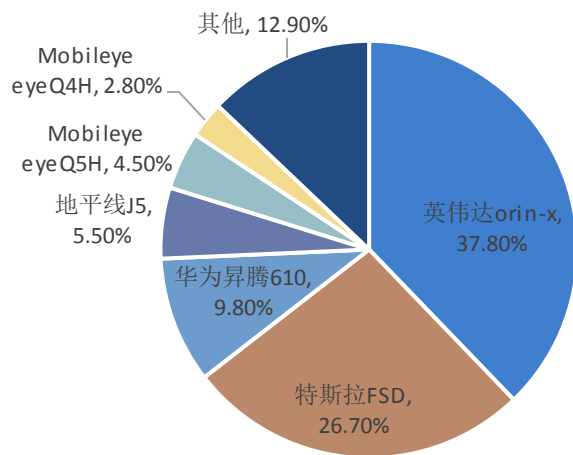
供应链：智驾芯片渗透率、国产化率提升，激光雷达业绩兑现



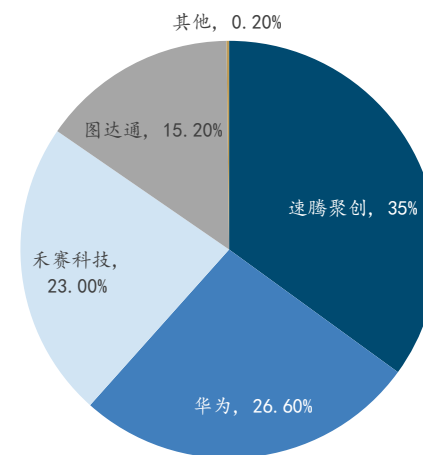
- 智能驾驶芯片历经10年发展演变，在中美竞争大背景下，国产替代成为主要课题，地平线作为国产芯代表，抓住时间窗口异军突起
- 地平线征程家族系列芯片，包括J2/J3/J5，即将量产J6系列；当前已出货超过700万片，超过40+ 车企选择，累积量产车型超过170款，定点车型超过300款
- 地平线提供Mono，Pilot和SuperDrive三类解决方案，涵盖基础L2到城市NOA各项功能。伴随J6家族(当前已定点超过20+ 车企，国内前三大车企均已多款車型定点)在今年年底陆续出货，地平线有望在2025年引来新一轮爆发

➤ 随着法规（道路交通安全法修订）、技术（端到端大模型落地）、成本（智驾系统成本2025年有望到12000-15000）因素的推动，城市NOA功能有望在2025年实现20万以上车型标配；2026年实现15万以上车型标配

图表：智驾芯片市场份额统计（2024年1-9月）



图表：激光雷达份额统计（24年1-9月）

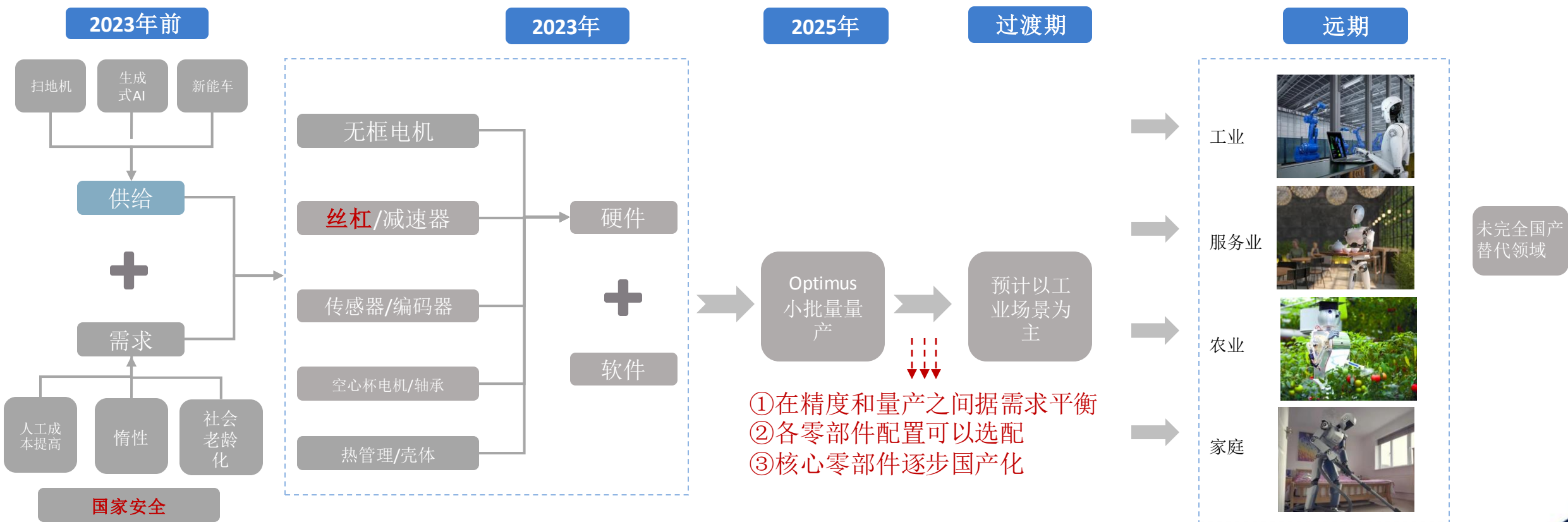


- 一、智驾：高阶智驾1-N，robotaxi迈入0-1
- 二、机器人：龙头迈向0-1，中国供应链崛起在即
- 三、投资建议
- 四、风险提示

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：人形机器人发展情况



产业政策持续落地，驱动人形机器人产业加速发展

- 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：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≥4km/h, 最大奔跑速度≥9km/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170cm3，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/cm2~240N/cm2（10g/cm2~24kg/cm2）±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
	机器脑智能控制技术	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

产业政策持续落地，驱动人形机器人产业加速发展

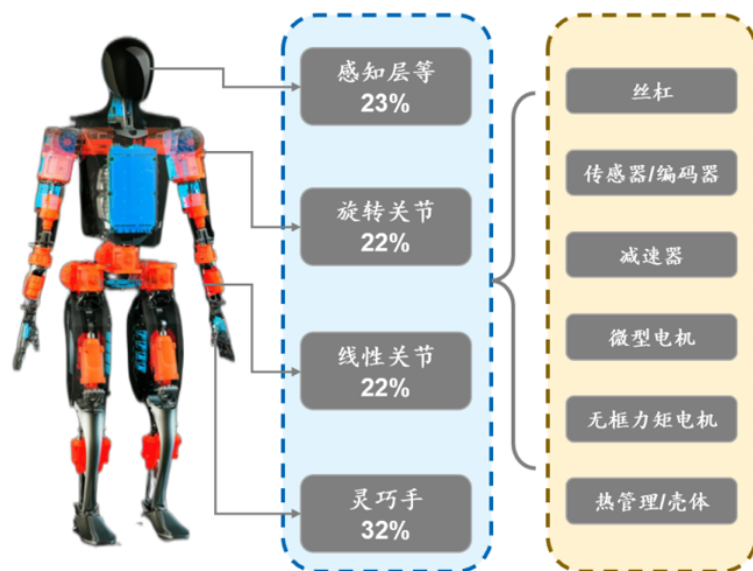
- 2023年11月2日，工业和信息化部又印发了《人形机器人创新发展指导意见》，提出到2025年人形机器人创新体系初步建立，“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破，整机产品达到国际先进水平，并实现批量生产；到2027年，人形机器人技术创新能力显著提升，构建具有国际竞争力的产业生态，综合实力达到世界先进水平。自上而下的政策支持体系，产生了一系列区域集群效应，各地区积极响应，北京、上海、深圳等地相应的支持性举措已加速落地，有效地推动了人形机器人行业的快速发展。

图表：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。
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年未来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

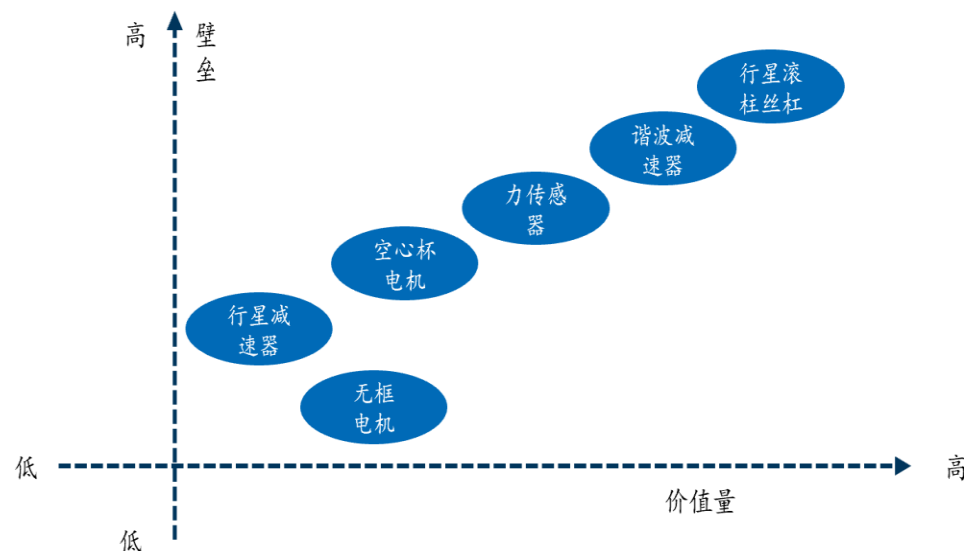
- 根据特斯拉人形机器人Optimus公开信息，我们预测，未来特斯拉人形机器人Optimus量产BOM成本中运动系统（包含线性执行器+旋转执行器+灵巧手）成本最高，约占60%以上。
- 从价值量看：ASP：关节(50%)>灵巧手（20%）>丝杠（占比约17%）>减速器（16%）>力传感器（13%）>空心杯电机（9%）>无框电机（8%）。壁垒：灵巧手>关节>行星滚柱丝杠>六维力矩传感器>谐波减速器>空心杯电机>无框电机。灵巧手、关节、丝杠等赛道是人形机器人产业链的核心优质赛道。从竞争格局看，国产供应链具备较强的创新及降本能力，有望对人形机器人的量产及降本做出巨大贡献，预计未来随着人形机器人市场的爆发，国内厂商市场份额有望进一步提升，实现跨越式发展。

图表：特斯拉人形机器人产业链



来源：国金证券研究所

图表：零部件壁垒和价值量分布矩阵



来源：国金证券研究所

壁垒较高，灵巧手自由度提升是下一代人形机器人最大变化

- 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。
- 根据特斯拉公开信息，GEN3灵巧手相比于GEN2的主要变化在于：
 - （1）手部增加了自由度，预计对应的电机数量将从原本的6个提升到13-17个；
 - （2）驱动器装载在了手腕部位

图表：特斯拉灵巧手自由度有提升趋势



灵巧手空心杯电机和丝杠是未来降本核心



- 我们测算出当前单手的纯零部件价格总和为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：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	m²	5	个
			传感器单价	100	元/个	350	元/m²	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				

图表：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	m²	5	个
			传感器单价	100	元/个	350	元/m²	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				

灵巧手空心杯电机和丝杠是未来降本核心

- 量产后单手价格有望做到1万元以下。机器人目标价格1-2万美金/台，假设人手的价值量占比约13%，则单手目标造价约为0.91万元人民币，降本空间约为395%~1330%。
- 当空心杯电机和滚柱丝杠通过设备国产化和规模化等措施降本后，造价会无限往原材料成本靠近。
- 据淘宝网、京东网的询价结果，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：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	m²	5	个
			传感器单价	30	元/个	300	元/m²	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				

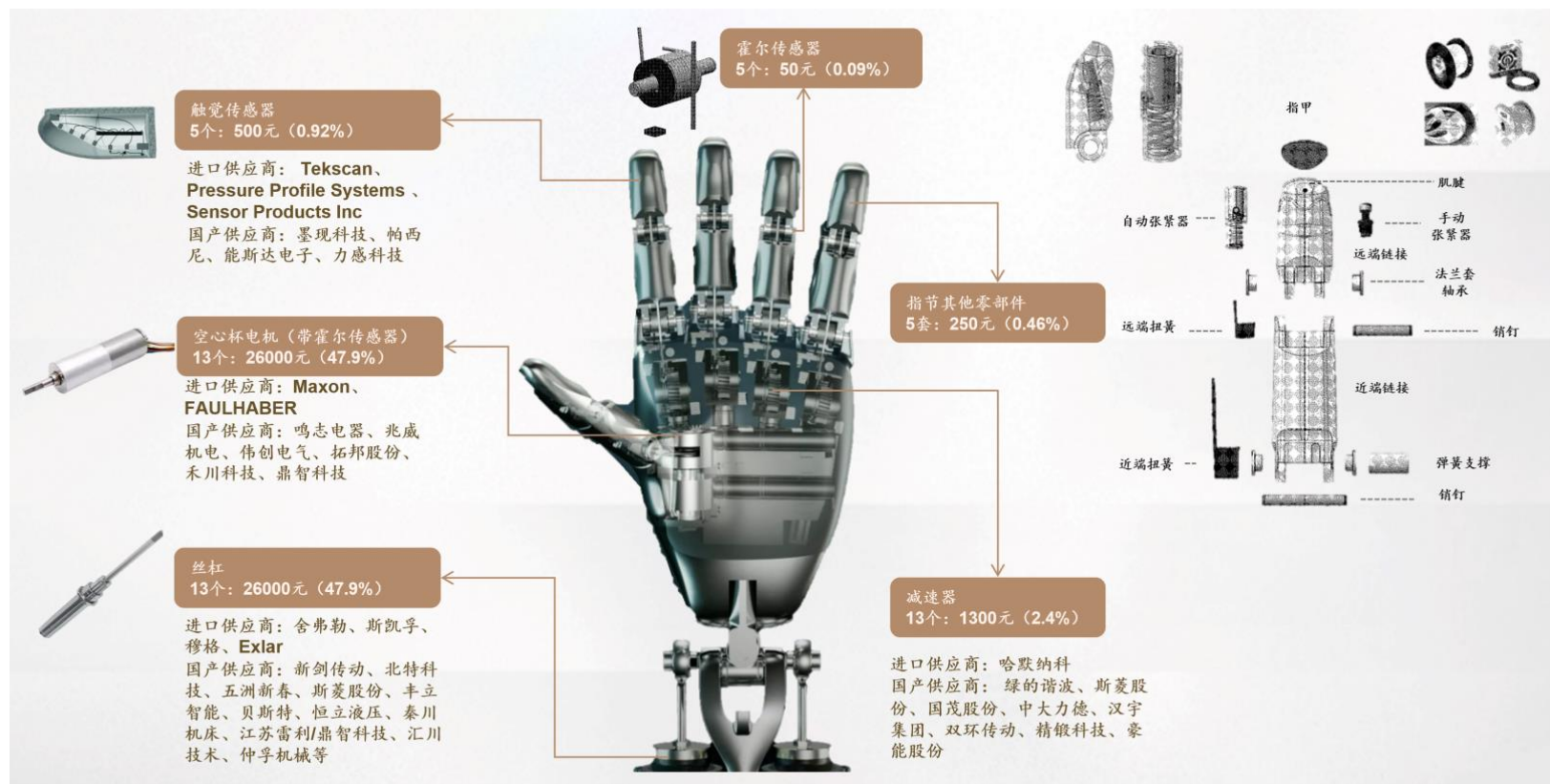
图表：灵巧手当前市场价为2-80万元/只

灵巧手名称	厂商	单价（万元）	触觉传感(个)	抓握力分辨率	指尖力控精度	DOF自由度（个）	关节数（个）	DOA自由度（个）	重复定位精度（mm）	电机类型
FTP系列	因时机器人	4.8	≥12	\	\	\	≥12	≥6	±0.2	\
RH56BFX、RH56DFX	因时机器人	4.0	0	0.5N	\	\	12	6	\	\
RH8D	京天博特	15.3	5	\	1mN	19	\	8	\	\
RH8D	京天博特	7.8	0	\	\	19	\	\	\	\
瓴乐灵巧手	瓴乐	3.3	\	\	\	\	\	6	\	FOC无刷电机
BXCG	钛虎	2.2	\	\	\	\	\	6	\	FOC无刷电机
韩国AllegoHand	韩国Allego	14.0	\	\	\	16	\	\	\	\
DLR	哈工大	80.0	\	\	0.5degrees	15	\	\	\	DC无刷电机
Qbs ofthand	QB Robotics	11.0	\	\	\	19	\	\	\	\

灵巧手产业链总结

- 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。**
- 感应上，第一代采用了霍尔传感器，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：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。

丝杠：加工和设备有望迎0-1国产化突破

- 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。

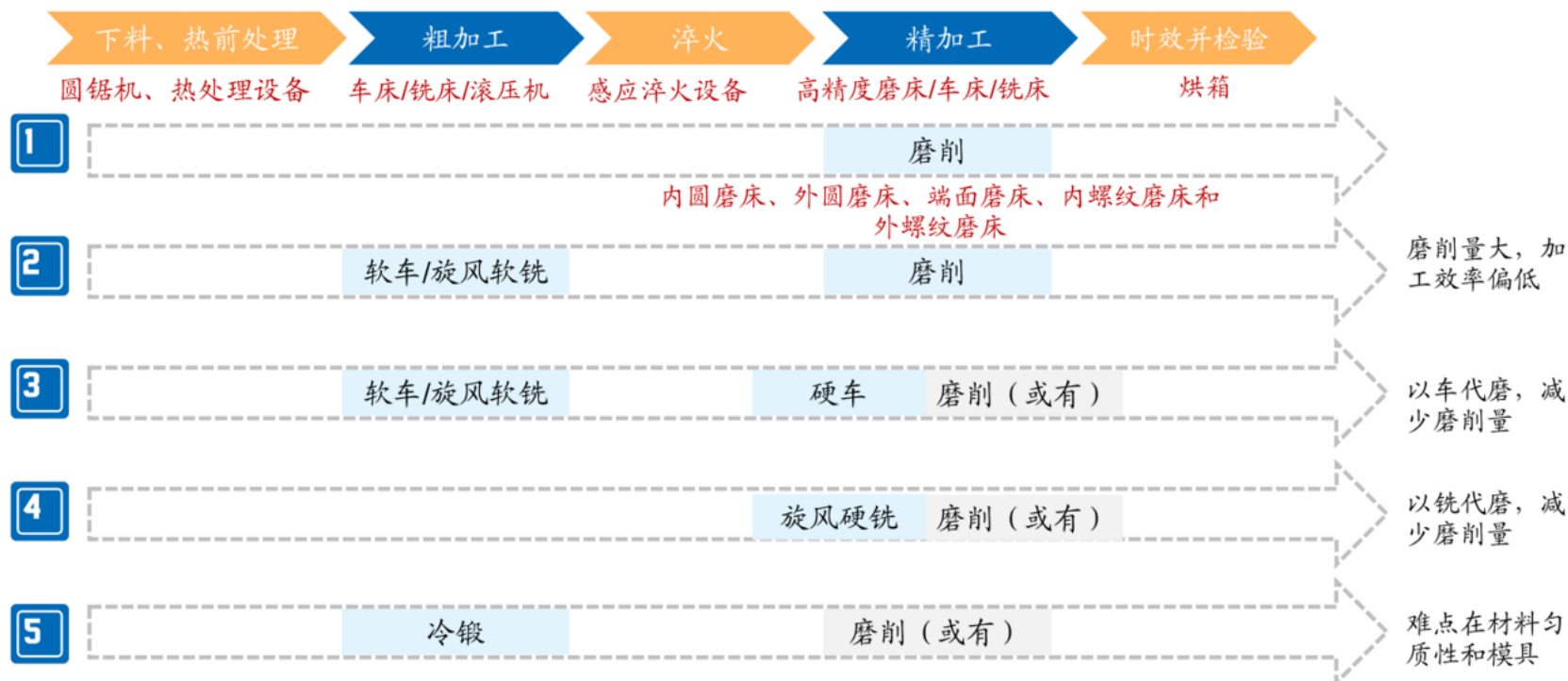
地区	公司名称	相关产品及进度	国家地区
海外	舍弗勒 Schaeffler	子公司GSA、Rollvis(收购)、Ewellix (收购) 深耕于行星滚柱丝杠领域,是行星滚柱丝杠全球大型供应商，其部分团队原隶属于SKF，在行星滚柱丝杠领域有较强实力，瑞士GSA也是全球产品系列最全、规格型号最多的厂家	欧洲
	斯凯孚SKF	全球第二大行星滚柱丝杠生产商，其针对普通领域与高精技术场合分别推出了SR/BR/TR/PR系列标准式行星滚柱丝杠及SV/BV/PV系列循环式滚柱丝杠	瑞典
	穆格Moog	旗下核心产品包括伺服驱动器、滚珠丝杠、反向滚珠丝杠等，其有超过30年的行星滚柱丝杠定制历史	美国
	Exlar	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

地区	公司名称	相关产品与进度	国家地区
国内	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	多款滚珠丝杠在售	中国常州
	贝斯特	自主研发了应用于标准式、反转式行星滚柱丝杠等，24年三季度宇华精机与知名机床商签订了批量滚动交付订单，其中代表滚珠丝杠副最高制造水平的C0级丝杠副实现突破，获得了客户的首批订单	中国无锡
	五洲新春	行星滚柱丝杠业务尚处于初级阶段，2025年丝杠订单开始增多，但占公司营收比例仍非常小，对公司业绩暂不形成影响。	浙江
	新剑传动	已实现滚珠丝杠类产品的生产销售，并积极推进	杭州
	斯菱股份	目前公司主要聚焦于谐波减速器的研发和量产，谐波减速器的核心设备已于2024年底陆续到位，安装调试结束后可开始小批量量产。	浙江
	双林股份	公司已研发出可应用于人形机器人灵巧手的丝杠产品，截止目前该产品尚未实现营业收入	宁波
	北特科技	开发多种丝杠产品，如行星滚柱丝杠、滚珠丝杠和梯形丝杠，出资3亿在昆山设厂	上海

丝杠设备：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：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



丝杠设备：加工和设备有望迎0-1国产化突破

- 丝杠是机器人木桶短板，亟待高效率和高精度国产滚柱丝杠磨床出现。目前T型丝杠、滚珠丝磨床基本已能国产替代，但高精度数控螺纹磨床仍依赖进口，主要厂家有日本三井、日本津上等。
- 目前震裕科技已经实现高精度丝杠样品制作，但仍未实现高良率和高传动效率。

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
		HACO（德国）	四导轨重型数控车床TUR MN
		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
		日本三井	MSG-300 系列
	磨床	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
		宝飞螺（profile）	URWA 100S
		肯尼福（kenific）	MC 系列
	滚压	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
		舍弗勒	智能冷却执行器
		AIHELIN	密封箱式多用炉/气体渗碳推盘式炉
	热处理设备	SECOWARWICK西科沃克	真空热处理系统/CAB 系统
		TENOVA	真空脱气机
		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
		海天精工	TCII 系列
	铣床-旋风铣	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
		日发精机	RF 系列
	磨床	秦川机床（汉江机床）	SK7432×15GX 高精高效数控丝杠磨床
		宇环数控	YHMK51420 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

以塑代钢：轻量化需求下，PEEK材料国内需求迎来爆发

- 轻量化+耐磨、耐腐蚀等性能优秀，PEEK材料有望以塑代钢，PEEK材料已经从垄断阶段过渡到全面发展阶段。
- PEEK材料属于特种工程塑料，具备耐热、阻燃、耐磨、耐腐蚀等优势。PEEK材料具备耐热、阻燃、耐磨、耐腐蚀等优势。与工程塑料相比，PEEK材料兼具刚性和韧性；与金属材料相比，PEEK材料比强度大的同时，自身重量较轻，符合下游汽车领域轻量化趋势，有望实现以塑代钢。

常用普通塑料、工程塑料及特种工程塑料示意图



以塑代钢：全球格局一超多强，国产市占率超10%

- 2016年起国产初步突破，中研股份和鹏孚隆合计市占率约11%。
- 需求持续扩张，仍处于供不应求阶段。

图表：预计中国2027年PEEK消费量小于产量

项目	单位	2021	2022E	2027E
中国 PEEK 消费量	吨	1980	2420	5079
中国 PEEK 产量	吨	1155	\	2967

图表：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%	

以塑代钢：全球格局一超多强，国产市占率超10%

- 2016年起国产初步突破，中研股份和鹏孚隆合计市占率约11%。
- 需求持续扩张，仍处于供不应求阶段。

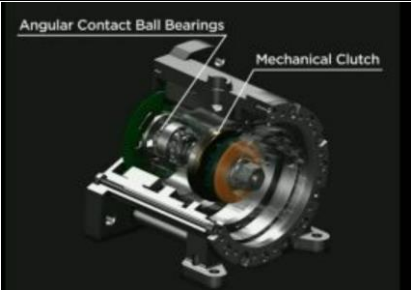
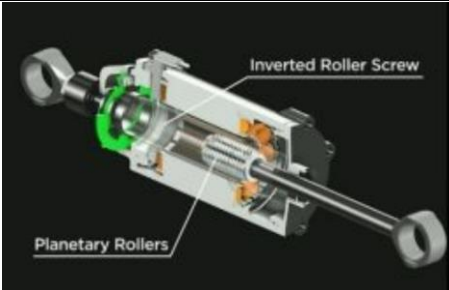
图表：国内PEEK市场现有及潜在产能规模统计情况（吨）

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

关节总成：丝杠供应链越成熟，使用线性执行器概率越高

- 特斯拉第一代人形机器人包含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。

图表：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		

关节总成：丝杠供应链越成熟，使用线性执行器概率越高

- 线性执行器优势：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。
- 劣势：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。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。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。

图表：车铣磨工艺vs冷锻工艺成本对比测算

项目	车铣磨		冷锻		冷锻		冷锻降本
	流程	数值	冷锻	数值	车铣磨	冷锻	
设备价格（万元）	冷镦	20	冷镦	20	4.72	4.72	
	车铣	4000	滚压机	500	944.44	118.06	
	磨	2000	磨	2000	472.22	472.22	
	热处理	50	热处理	15	11.81	3.54	
总设备成本（万元）		6070		2535	1,433	598.54	-58%
材料利用率		60%		90%	27	18	-33%
合计成本（元/根）					1,460	616	-58%

一、智驾：高阶智驾1-N，robotaxi迈入0-1

二、机器人：估值重塑开启，迈入订单驱动

三、投资建议

四、风险提示

- **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，整车领域建议关注华为系（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，关注兆威机电、五洲新春、北特科技、贝斯特等。

一、智驾：高阶智驾1-N，robotaxi迈入0-1

二、机器人：估值重塑开启，迈入订单驱动

三、投资建议

四、风险提示

- **1.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。
- **2.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。
- **3.人形机器人进展不及预期：**人形机器人软硬件进步空间较大，若软件技术无法满足通用化场景的需求，或设备以及硬件端技术进展缓慢导致降本不及预期，将对人形机器人销量产生负面影响。
- **4.美国关税大幅提升风险。**近期中美贸易壁垒加剧，人形机器人、智能驾驶生产成本承压明显，在一定程度上制约了通过降本增效实现产品价格下探的市场策略。

获取更多研究服务，欢迎访问国金研究小程序



最新研报

会议路演

研究专题