

产业研究深度 | 高端装备制造

人形机器人产业趋势展望



为企业客户提供全方位的“产业+金融”研究服务！

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

核心要点

人形机器人海外当前处于小批量阶段，国产链已初步放量。特斯拉链方面，主机厂已有小批量生产流水线，对零部件需求具备间歇性和实验性，马斯克规划明年年底开始建设 100 万台工厂产能，并建议供应链布局海外工厂准备产能。国产链方面，在政策支持和融资双重驱动下，主机厂今年迎来数千台的出货，合计数十亿的订单额度。

短期靠商务能力切入，靠原创技术力获得认可，长期靠降本能力获得大份额。特斯拉链多数公司仍处于送样阶段，取得送样资格和认可与商务能力密切相关；原创技术能力上，设计和制造出符合特斯拉需求的机器人零部件产品是获得持续合作的基本条件；降本能力上，由于机器人硬件本质属于制造业，长期份额预计最终决定于产品性价比。

中长期值得投资的环节在于具备以上三种能力+价值量高+市占率高的环节。根据价值量排序看，执行器关节>灵巧手>电机>减速器>传感器等，从市占率角度，预计深度相机、谐波减速器、芯片环节集中度较高，从长期降本能力上，汽车和消费电子板块公司往往历史有证明自己的实力。

供应链卷的方式方法在升级，需要产业与资本深度融合，实业也要有天使轮的产业思路。对于大型 Tier1 来说，销售和研发配套能力较强，可以从总成切入，再逐步补齐核心部件；对于垂直细分领域的零部件企业来说，切入大型 Tier1 以及头部本土公司供应链，陪跑是最优选择。同时，与新能源车、手机、光伏等产业相比，人形产业和资本协同的深度远远更高，利用好资本市场的资源和工具非常重要。

风险提示

技术迭代不及预期的风险，机器人应用场景落地不及预期的风险，行业竞争加剧的风险。

分析师及联系人

苏晨

SAC: S1130522010001
suchen@gjzq.com.cn

陈传红

SAC: S1130522030001
chenchuanhong@gjzq.com.cn

内容目录

一、人形机器人应用领域展望以及空间测算	6
应用展望：始于工业，终局是家用	6
市场规模：中国供应链与高成本场景放量兑现最高	7
商业化：2027 年有望在部分场景具备商业化价值	8
商业化：“中国供应链”+“高成本场景”放量兑现最高	9
二、人形机器人发展现状	9
资金：投融资活跃，全球政府持续投入	9
政策：国内央地支持政策陆续落地	12
产品：人形已从原型机迈入小批量商业化阶段	14
技术：硬件趋于收敛，大脑是激活大规模产业化的钥匙	16
商业化：2025 年集中在研发、数采，2026 年导览、工业有望激活	18
三、人形机器人产业链发展展望	19
机器人技术组成逻辑架构	19
算法：“大脑”成熟有迹可循，新技术、新架构快速迭代	20
算法：“大脑”未来突破方向，多模态、速度、泛化性	21
算法：关注人形机器人小脑智能运控赛道的进步和突破	23
硬件：散热、轻量化、寿命是后续迭代重点	24
硬件：灵巧手是难度最大的核心部件	27
电机：执行器动力部件，高扭高温性能需求	27
电机：谐波磁场电机等有望成为新的解决方案	30
谐波磁场电机：齿槽脉动小，机器人关节和手具备潜力	30

减速器：摆线、行星、谐波和蜗杆共存	31
减速器：技术壁垒较高、可根据场景选定减速器类型	32
减速器竞争格局：外资主导，国产替代加速	33
传感器：视觉、力觉、触觉为主，亟待培育国产龙头	34
视觉：主流方案为 3D 视觉，有望实现国产替代	35
力觉：机器人精确、灵活操作的核心	36
触觉：视觉+触觉为目前技术前沿、应用潜力大	37
轻量化：PEEK 材料国内需求迎来爆发	39
PEEK 壁垒：工艺难度高+验证周期长，护城河深	40
丝杠：加工和设备有望迎 0-1 国产化突破	42
丝杠设备：有望迎来丝杠专用磨床的效率和精度提升	44
机器人本体垂类：应用场景广阔	44
机器人本体垂类：增效、降本、安全保障是核心方向	46
四、从投资视角看产业	47
产业迭代快：供应链窗口期远比电动车短，战略决断要早	47
本体：技术、品牌、销售和产品定义是核心竞争力	48
供应链：行业未起量先卷价格，技术路线未定，重资产赛道要谨慎 ...	49
供应链：如何选赛道？——陪跑，客户粘性最确定，回避重资产赛道 .	50
供应链：卷的方式方法在升级——产业&资本深度融合，实业也要有天使 轮的产业思路	51
风险提示	53

图表目录

图表 1: 人形机器人下游应用场景	6
图表 2: 特斯拉人形机器人规划场景	7
图表 3: 2025-2040 年中国人形机器人产业规模预测	8
图表 4: 人形机器人发展图谱	9
图表 5: 全球政府机器人项目投融资概况	10
图表 6: 中央人形机器人政策梳理	12
图表 7: 国内外人形机器人典型代表公司情况	15
图表 8: 大模型分类	16
图表 9: 大模型研究现状	17
图表 10: 人形机器人商业化落地情况	19
图表 11: 机器人技术逻辑架构	20
图表 12: 大模型技术路线	21
图表 13: 机器人小脑运动控制方案	22
图表 14: 遥控操作数据收集和学习系统	23
图表 15: 具有自适应、自感知、自学习、自交互、自执行能力的数控系统 为未来发展趋势	24
图表 16: 人形机器人硬件构成示意图	25
图表 17: 典型人形机器人厂商执行器方案	26
图表 18: 三代灵巧手变化	27
图表 19: 机器人关节电机需求	28
图表 20: 机器人用电机拓扑结构对比	28

图表 21: 谐波磁场电机打破励磁和电枢单元的极对数相等限制	30
图表 22: 调制磁场电机和传统电机在相同定子槽数条件下的波动周期数对比	31
图表 23: 精密减速器分类	32
图表 24: 谐波减速器结构原理及性能一览表	33
图表 25: 我国谐波、RV、行星减速器各厂商市场份额	34
图表 26: 机器人各类传感器特点及应用	35
图表 27: 机器人视觉感知向 3D 化发展	36
图表 28: 主流人形机器人厂商视觉传感方案	36
图表 29: 人形机器人力矩传感器应用场景全景图	37
图表 30: 电子皮肤能感知压力、剪切力、接触力等多种类型力	38
图表 31: 电子皮肤主要分为基底层、导电层、传感层	39
图表 32: 海内外 PEEK 相关代表企业	39
图表 33: 常用普通塑料、工程塑料及特种工程塑料示意图	40
图表 34: PEEK 材料的制作流程	42
图表 35: 海内外丝杠相关企业	42
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	44
图表 37: 智能机器人在全产业、全场景领域渗透率将不断提升	45
图表 38: 人形机器人下游十大重点应用场景	46
图表 39: 人形机器人具体应用场景	46
图表 40: 机器人供应链窗口期远比电动车短	48
图表 41: 产品定义、品牌和销售是本体公司最核心的商业能力	49

图表 42: 人形机器人起步重资产赛道投资需谨慎	49
图表 43: 汽车 Tier1 核心零部件布局	50
图表 44: 客户服务体系是汽车 Tier1 核心竞争优势之一	51
图表 45: 配套研发能力是汽车 Tier1 核心竞争优势之一	51
图表 46: 人形产业更需要嫁接资本市场资源, 赋能产能	52

一、人形机器人应用领域展望以及空间测算

应用展望：始于工业，终局是家用

场景复杂度锚定算法泛化能力梯度，按算法泛化需求从弱到强排序为：工业制造 < 商用服务 < 极端作业 < 家用服务。工业制造是高度结构化场景仅需机器人完成高精度重复动作，现有技术可直接迁移，成为首个落地“练兵场”；商用服务属半结构化环境，对算法实时性要求提升；极端作业为非结构化高风险场景，需算法具备强鲁棒性与容错性；家用服务是完全非结构化场景，需应对家具布局、人员活动等变量，实现端水、收纳等全场景自适应，算法泛化需求达顶峰。当前人形机器人正以工业场景为起点，逐步完成技术迭代，最终向家庭服务终局渗透。

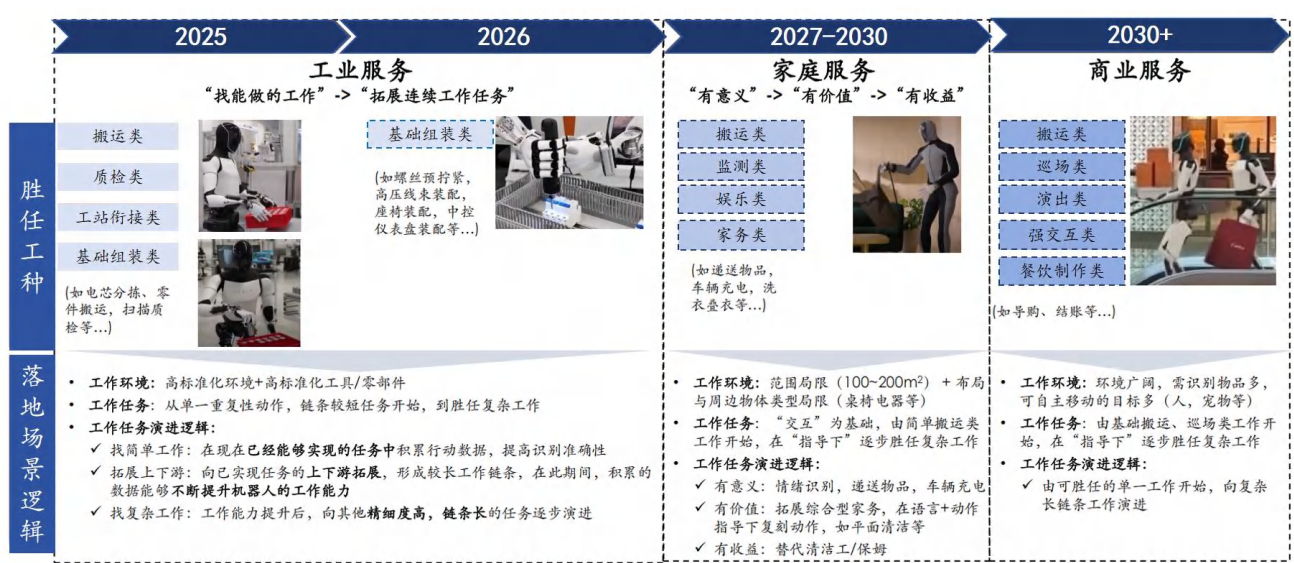
图表1：人形机器人下游应用场景



来源：亿欧智库，国金证券研究所

以特斯拉为例，由工业向家庭、商业演进。特斯拉整体从高标准化环境与任务的工业场景开始；逐步布局环境范围有一定局限性、且周边物体类型相对局限的家庭场景；最终落地环境多变复杂的商业场景。

图表2：特斯拉人形机器人规划场景



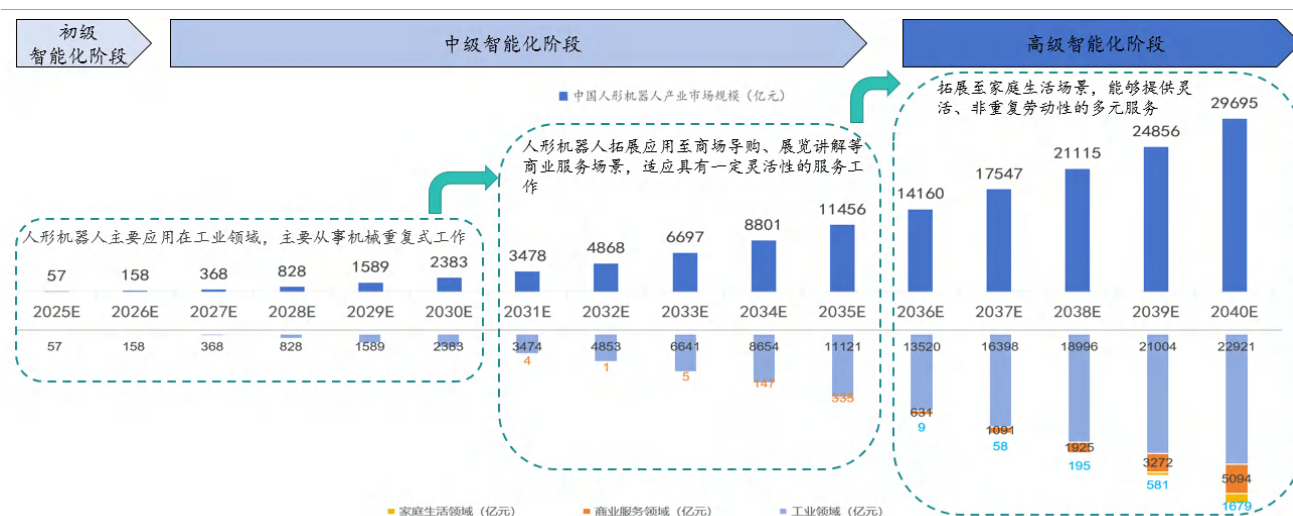
来源：特斯拉官网，国金证券研究所

市场规模：2040 年中国人形产业规模有望接近 3 万亿元

预期 2025 年至 2030 年人形机器人将主要应用于工业场景，提供较为简单的重复性服务；随着数据的积累以及算法的优化，预期 2031-2035 年人形机器人有望布局商业服务场景，提供人性化的商场导购、展览讲解等服务；2035 年及之后，人形机器人或将进入家庭生活场景，提供灵活、多元的家庭服务，满足用户日常家庭生活需要。

马斯克曾在 CES 2025 期间预言，未来人形机器人和人类的数量比例可以达到 3:1-5:1，全球会有 200-300 亿台人形机器人。

图表3：2025-2040 年中国人形机器人产业规模预测

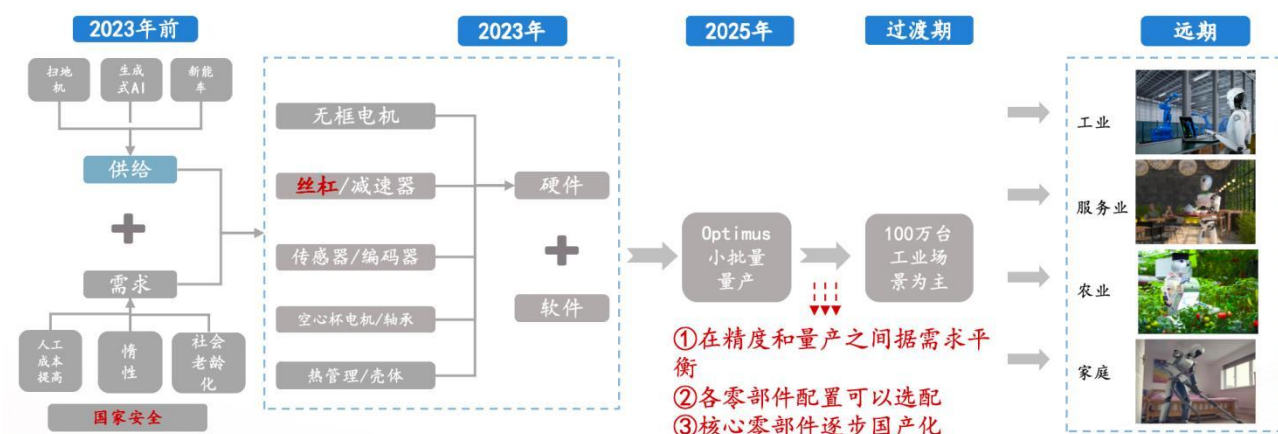


来源：亿欧智库，国金证券研究所

商业化：2027 年有望在部分场景具备商业化价值

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。

图表4：人形机器人发展图谱



来源：国金证券研究所

商业化：“中国供应链”+“高成本场景”放量兑现最高

2025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，初步具备商业化价值。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，加快拓展通用机器人应用场景：

- (1) 危险、恶劣环境作业；
- (2) 汽车、3C等制造业产线深度应用；
- (3) 医疗、家政、农业、物流等民生服务。

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。

二、人形机器人发展现状

资金：投融资活跃，全球政府持续投入

据IT桔子统计，2025年前三季度，国内机器人行业新增一级市场融资事件达到了610笔，较去年同期的294笔实现了同比翻倍增长。同时，根据IFR统计，全球政府持续针对机器人项目投入，单项目金额大多近亿美元。

图表5：全球政府机器人项目投融资概况

地区板块	国家 / 地区	项目名称 (Title)	发布时间 (Announcement)	预算 (Budget)
亚洲 (Asia)	中国 (China)	“The 14th Five-Year Plan” for Robot Industry Development	2021/12/21	未明确单独总预算； 2023 年 “智能机器人” 重点专项 4520 万美元 (3.29 亿元人民币)， 2024 年 4470 万美元 (3.25 亿元人民币)
		Guidelines for the “Key Special Program on Intelligent Robots of 2023”	2023/8/23	About 45.2 million USD (about 329 million CNY)
		Guidelines for the “Key Special Program on Intelligent Robots of 2024”	2024 年	About 44.7 million USD (about 325 million CNY)
	日本 (Japan)	New Robot Strategy	2015/1/23	2023 年 6400 万美元 (990 亿日元)； 2020-2025 年 “Moonshot 计划” 3.34 亿美元 (500 亿日元)； 2023 年总支持超 6.6 亿美元 (990 亿日元)
		Projects in the Robotics and Artificial Intelligence Fields	2018-2022	2023 年 3073.2 万美元 (47.58 亿日元)； 2021 年 7981 万美元 (90.7 亿日元)， 2022 年 6748 万美元 (76.8 亿日元)
		Moonshot Research and Development Program	2020 年	目标 1/3 各获五年 2.2 亿美元 (250 亿日元)； 2019 年追加 1760 万美元 (20 亿日元)， 2018 年 8800 万美元 (100 亿日元)

	韩国 (Korea)	2023 Action Plan for the Intelligent Robot	2023/7/14	163 million USD (230 billion KRW)
	新加坡 (Singapore)	National Robotics Technology Vistas: Strengthening Differentiating Capabilities that Matter	2016/8/1	年 均 11.3 million USD (15.1 million SGD); 2024 年追加 44.8 million USD (60 million SGD)
	澳大利亚 (Australia)	Australian Governmental Key Actions Related to Robotics	2021 年 11 月-2023 年 5 月	2022 年 8 月 6.5 亿美元 (10 亿澳元); “下一代技术基金” 4.745 亿美元 (7.3 亿澳元); “可信自主系统 CRC” 3250 万美元 (5000 万澳元)
欧盟及欧洲国家	欧盟 (EU)	Horizon Europe Work Programme 2023-2025 (Cluster 4: Digital, Industry and Space)	2024/4/17	183.5 million USD (174.0 million EUR)
	德国 (Germany)	Together through Innovation	2020/12/7	总预算 369.19 million USD (350 million EUR) (2021-2026 年); 年均约 69.12 million USD (70 million EUR)
	意大利 (Italy)	National Research Program 2021-2027	2020/12/15	未明确机器人单独预算; 国家复苏与韧性计划总投资 2090 亿美元 (1915 亿欧元)
	英国 (UK)	Industrial Strategy Challenge Fund (Robots for a Safer World)	2017 年 (2023 年修订)	2023-2024 年约 28 million USD (22 million GBP); “Robots for a Safer World” 曾获 142 million USD (112 million GBP)

				P)
	瑞士 (Switzerland)	NCCR Robotics	2010/12/1	2010-2021 年总预算 5880 万美元 (5224 万瑞士法郎); 2014-2017 年 1720 万美元, 2018-2021 年 3570 万美元
美洲 (America)	美国 (USA)	Intelligent Robotics and Autonomous Systems (IRAS) Research Programs by NSF	2023/11/1	2023 年 5380 万美元 (补充 460 万美元); 2024 年申请 6990 万美元
		US DoD Budget For Unmanned System	2023/3/1	2023 财年 103 亿美元; 2024 财年申请 102 亿美元
		Artemis Lunar Program	2019/5/1	2021-2025 年总预算 530 亿美元; 2023 年 “Artemis I” 任务约 106.7 亿美元
	加拿大 (Canada)	Canadarm3	2019/7/26; 2024/6/27	2019-2024 年 1.52 亿美元 (2.09 亿加元); 2024 年追加 7.3 亿美元 (9.998 亿加元)

来源：IFR，国金证券研究所

政策：国内央地支持政策陆续落地

中央政策持续推进。2025 年 8 月国务院发布《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》，“意见”提出要加快实施 6 大重点行动，包括“人工智能+”科学技术、“人工智能+”产业发展等，强调人工智能与实体经济要深度融合，攻坚人工智能芯片创新和培育自主软件生态，对机器人产业的发展具有重要的引领和推动作用。

图表6：中央人形机器人政策梳理

日期	政策名称	发布部门	重点内容	政策类型
2025. 9	《市场监管总局2025Q3例行新闻发布会》	国家市场监管总局	现在正全力推动 15 项人形机器人国标研制,接下来还会重点攻关人形机器人安全、驱动技术、数据利用等标准,给机器人产业插上“标准的翅膀”。	规范类
2025. 8	《关于深入实施“人工智能 +”行动的意见》	国务院	加快实施 6 大重点行动,包括“人工智能 +”科学技术、“人工智能+”产业发展等,强调人工智能与实体经济要深度融合,攻坚人工智能芯片创新和培育自主软件生态,这对机器人产业的发展具有重要的引领和推动作用。	指导类
2025. 3	《2025 年政府工作报告》	国务院	首次提及培育具身智能,发展智能机器人,标志着国家战略向人工智能与机器人深度融合的方向聚焦,人形机器人作为具身智能的重要载体,迎来新的发展机遇。	支持类
2024. 11	《关于推进新型城市基础设施建设打造韧性城市的意见》	国务院、中共中央办公厅	推动自动化施工机械、建筑机器人、三维(3D)打印签相关设备集成与创新应用;加快突破城市级海量数据处理及存储、多源传感信息融合感知、建筑信息模型三维图形引擎、建筑机器人应用等一批关键技术	指导类
2024. 11	《5G 规模化应用“扬帆”行动升级方案》	工信部	推动基于 5G 的智能机器人、智能移动终端、云设备等研发应用,推进 5G 与智能农机深度融合,提升基于 5G 的农业传感器、控制器、机器人,无人机等智能化装备研发生产水平	支持类
2024. 11	《推动数字金融高质量发展行动方案》	中国人民银行等	利用流程机器人、数字化客户营销触达工具、集约化作业模式等数字化手段,赋能高强度操作性岗位提质增效	支持类
2024. 1	《关于深化家政服务产教融合的意见》	发改委	鼓励智能制造、家政等领域开展校企合作,加强智能家居、家庭服务机器人等产品研发和技术升级,深化人工智能技术在家政领域应用	鼓励类
2024. 9	《电力装备制造业数字化转型实施方案》	工信部	在成套发电、输变电装备生产过程中,推广机器人自动焊接技术,提高焊接质量、效率;开展数控机床与基础制造装备、增材制造装备、工业机器人、工业控制装备、传感与检测装备等智能化改造升级;推进工厂内无人车辆、巡检机器人等装备部署应用,提升生产过程感知、决策和执行能力	支持类

2024. 7	《工业机器人行业规范条件（2024 版）》 《工业机器人行业规范管理实施办法（2024 版）》	工信部	加快推进新型工业化,进一步加强工业机器人行业规范管理,引导企业良性竞争,推动产业高质量发展	规范类
2024. 5	《关于进一步加快煤矿智能化建设促进煤炭高质量发展的通知》	国家能源局	推广应用辅助运输智能调度、固定场所无人值守、通风系统全面感知与实时解算、危险繁重岗位机器人替代。露天煤矿重点推进自主采矿、矿用卡车无人驾驶、装运卸机器人协同作业,提升多工序智能协同水平。重点突破高端地质探测、煤岩识别、工作面设备群协同控制、(半)连续开采智能成套装备、智能单兵装备、辅助作业机器人等技术难题	支持类
2024. 4	《关于深入推进矿山智能化建设促进矿山安全发展的指导意见》	国家矿山安监局等	到 2026 年,煤矿、非煤矿山危险繁重岗位作业智能装备或机器人替代率分别不低于 30%、20%	规划类
2024. 1	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	工信部	打造标志性产品要求做强未来高端装备,人形机器人要求突破高转矩密度伺服电机、高动态运动规划与控制、仿生感知与认知、智能灵巧手、电子皮肤等核心技术,重点推进智能制造、家庭服务、特殊环境作业等领域产品的研制及应用	指导类
2024. 1	《关于发展银发经济增进老年人福祉的意见》	国务院	完善智慧健康养老产品及服务推广目录,推进新一代信息技术以及移动终端、可穿戴设备、服务机器人等智能设备在居家、社区、机构等养老场景集成应用,推广应用智能护理机器人、家庭服务机器人、智能防走失终端等智能设备	支持类
2023. 11	《人形机器人创新发展指导意见》	工信部	到 2025 年,人形机器人创新体系初步建立,整机产品达到国际先进水平,并实现批量生产;到 2027 年,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	规划类

来源：各政府部门官网，国金证券研究所

产品：人形已从原型机迈入小批量商业化阶段

预计 2025 年是人形机器人量产元年、2026 年产业商业化爆发。从国内外人形机器人厂商研发进展上看，国内外厂商进展几乎处于同一起跑线。2024 年是全球人形机器人原型机发布元年，2025 年，人形机器人产业有望进入量产、集中功能测试阶段。马斯克表示，特斯拉五年内将实现量产 100 万台人形机器人。

图表7：国内外人形机器人典型代表公司情况

机器人公司	成立时间	产品名称	产品首发时间	商业化计划（单位：台）		
				2024A	2025E	2026E
特斯拉	2003 年	OptimusGen2	2022 年	测试	小批量	1000/月
FigureAI	2022 年	Figure01/02	2023 年	小批量		
1XTechnologies	2014 年	NEOBeta	2024 年 8 月	20	1000	
SanctuaryAI	2018 年	PhoenixGen7	2023 年 1 月	原型机	1000	
Appttronik	2016 年	Apollo	2023 年	原型机	小批量	
AgilityRobotics	2015 年	Digitv4a	2019 年	原型机	1000+	
波士顿动力	1992 年	电动版 atlas	2024 年 10 月	原型机	试生产	
优必选	2012 年	WalkerS1	2024 年 10 月	工厂测试	500	
智元机器人	2023 年	远征 A1/A2	2023 年 8 月	累计生产近 1000 台	规模化量产	
宇树科技	2016 年	UnitreeH1/G1	2023 年 8 月	小批量		
乐聚机器人	2023 年	夸父	2023 年 12 月	小批量	截至 1 月 17 日已批量交付 100 台	
开普勒机器人	2023 年	先行者 K2	2024 年 10 月	小批量	批量生产	
小鹏汽车	2015 年	Iron	2024 年 11 月	原型机		
魔法原子	2024 年	MagicBot	2024 年 12 月	原型机	100	1000
傅利叶	2015 年	GR-1 通用人形机器人	2023 年 7 月	100		
小米	2010 年	CyberOne	2022 年 8 月	原型机		
星尘智能	2022 年	AstribotS1	2024 年 8 月	原型机		

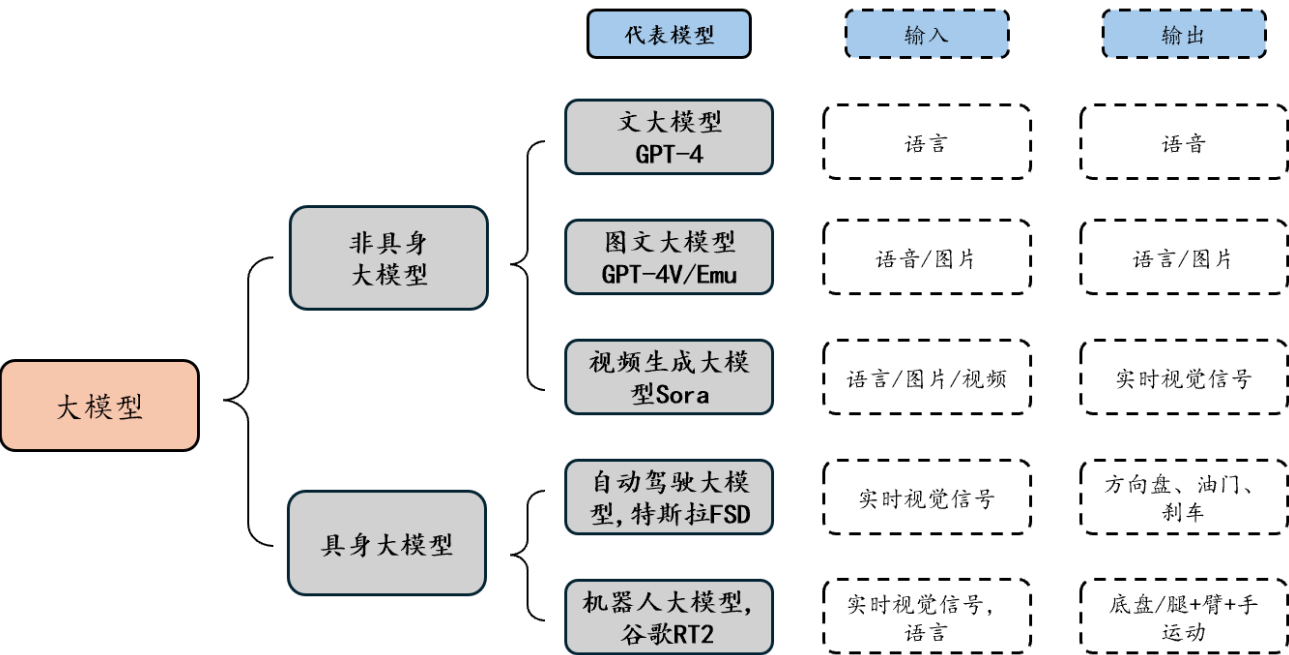
银河通用机器人	2023 年	GalbotG1	2024 年 6 月	原型机	小批量	量产
帕西尼感知科技	2021 年	TORA-ONE	2024 年 8 月	原型机		
星动纪元	2023 年	小星	2023 年 8 月	原型机		
天链机器人	2012 年	T1	2024 年 8 月	小批量		
达闼	2015 年	XR4	2023 年 8 月	原型机	量产	

来源：各公司官网，国金证券研究所

技术：硬件趋于收敛，大脑是激活大规模产业化的钥匙

目前限制人形机器人大规模量产的重要因素是大脑进化。机器人逻辑架构由“大脑”+“小脑”+肢体组成，目前人形机器人“肢体”硬件方案趋于收敛，硬件发展整体走在软件之前。目前人形机器人“大脑”技术以大模型为核心，为人形机器人提供任务级交互、环境感知、任务规划和决策控制能力。伴随着 AI 大模型的迭代，机器人实现产业实现跨越式发展，智能化程度有望提升。

图表8：大模型分类



来源：各公司官网，国金证券研究所

国内外典型的具身智能大模型有谷歌 RT-x、英伟达 GROOT、斯坦福李飞飞团队的 VoxPoser 以及 Meta 和 CMU（卡内基梅隆大学）联合打造的 RoboAgent 等。国内典型的具身智能大模型有华为盘古大模型、阿里云大模型等。

图表9：大模型研究现状

大模型	发布团队	简介
PaLM-E	柏林工业大学和谷歌团队	在 PaLM 模型基础上，引入了具身化和多模态概念，实现了语言、视觉用指导现实世界机器人完成相应任务的功能。
RT-x	谷歌	全球第一个控制机器人的视觉-语言-动作 (VLA) 模型，基于 Transformer 模型，通过将预训练与机器人数据相结合，能够到直接输出机器人的各个关节的控制。
VoxPoser	斯坦福大学李飞飞团队	从大型语言模型和视觉-语言模型中提取机会和约束，以构建 3D 价值地图，来供运动规划器使用，用于零样本合成日常操纵任务的轨迹，从而实现在真实世界中的零样本机器人操纵。
GROOT	英伟达	能够驱使机器人理解自然语言、视频和人类演示等多模态指令从而增强学习技能和处理任务的协调性和灵活性;使其模仿人类动作以更快融入现实世界并与人类进行互动。

机器人模型	阿里云	集成了通义千问、通义万相等基础模型及阿里云物联网平台，可赋予机器人知识库问答、工艺流程代码生成、机械轨迹规划、3D 目标检测和动态环境理解等全方位能力，不仅可以大幅降低机器人开发的门槛。
盘古大模型	华为	依托“盘古”大模型可建立丰富且高质量的人形机器人数据集，并且发掘其多模态能力，实现复杂任务场景下综合感知和任务分解，提升各类泛化场景下的具身智能操作水平。

来源：中国人形机器人产业发展蓝皮书（2024），国金证券研究所

人形核心算法包括：上肢眼脑手协同的 Manipulation 算法、自主识别和导航的循迹算法和运动控制算法。

上肢的控制比下肢壁垒高：目前本体公司多数主要展示的是下肢运控能力，较少展示上肢协作能力。下肢数据集和开源算法相对比较成熟。上肢本质上是大脑控制，目前没有成熟的数据集和模型，需要大量数据和训练作为前置条件。

上肢协作需要采集大规模高质量的数据。Figure-Helix、智元-Genie Operator-1、银河通用-GraspVLA 等，均是针对上肢协作的大模型。

据部分下游应用企业反馈，目前人形机器人在部分场景的工作效率约为人类的 0.2 倍，工作效率的提升主要靠硬件迭代、大小脑迭代。

人形机器人协作能力与大脑泛化能力息息相关，泛化能力决定机器人多任务能力，泛化能力需要海量机器人训练数据。（1）特斯拉、Figure 目前产品定义主要用于工厂、物流场景；（2）国内的人形产品定义较为多样化，优必选、银河通用主要定义在 2b，智元、宇树产品矩阵 2b、2c 兼具；（3）今年 4 月开始，智元、华为开始布局垂直 2b 端应用。智元与 8 家头部企业签订战略合作协议，华为则与 6 家垂类应用企业在宝安区成立联合实验室。

短期，人形的需求来自于：训练以及 2b 需求。从产业化阶段看，人形机器人已经从实验室步入了场景试应用阶段。

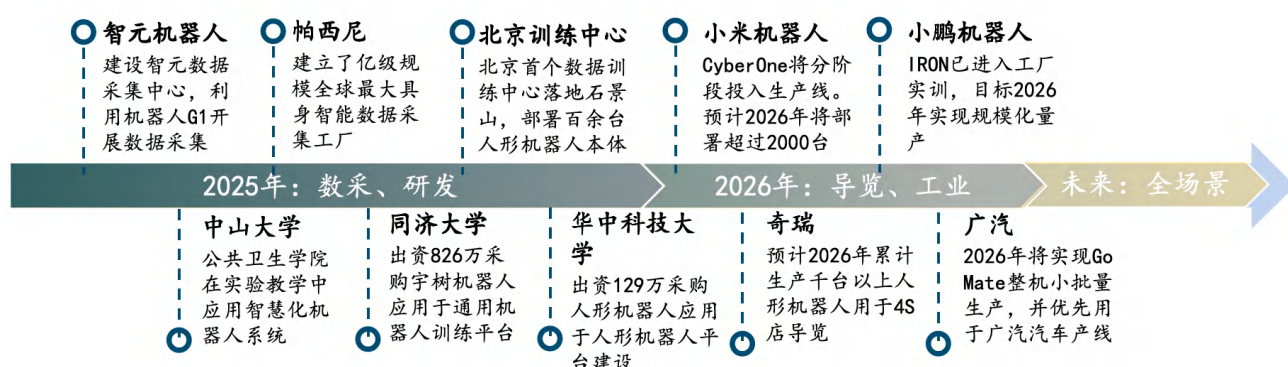
商业化：2025 年集中在研发、数采，2026 年导览、工业有望激活

2025 年，人形机器人主要应用于高校科研和数采。25H1 人形机器人中标项目金额约 3.3 亿元，其中应用于教育科研领域约占 76%。同时智元、帕西尼等本体厂商批量建设人形机器人数据采集与训练中心，扩充具身智能训练数据集，对人形机器人开展场景化训练。

2026 年，人形机器人商业化应用将进一步落地，工业、导览等场景应用有望被激活。当前，小米、小鹏、广汽已明确提出 2026 年人形机器人量产计划，并预计优先将人形机器人应用于自身的智能化工厂。奇瑞提出千台量产计划，预计将人形机器人应用于 4S 店导览。

未来，人形机器人有望实现全场景规模化应用，成为填补劳动力缺口、提升社会生产效率的重要力量。

图表10：人形机器人商业化落地情况



来源：新战略机器人，国金证券研究所

三、人形机器人产业链发展展望

机器人技术组成逻辑架构

机器人逻辑架构：由“大脑”+“小脑”+肢体组成。人形机器人大致分为三大部分：人形本体、高动态性能的控制算法（小脑）、具有泛化性的具身智能及非常接近人的通用人工智能（大脑）。从底层算法模型来看，机器人的软件可以分为“大脑”与“小脑”，对机器人大小脑的划分不是完全按照人类大小脑工作的机理，而是在一个物理世界去应对不同层次的问题的一种策略。“大脑”负责感知外界并模拟人类思维决策过程，“小脑”则模仿生物进行复杂的运动控制，即运动控制。

- ✓ 大脑：负责感知外界并模拟人类思维决策过程，主要职能是环境理解、智能交互与认知推理，基础是机器视觉、大语言模型的发展。
- ✓ 小脑：模仿生物进行复杂的运动控制，主要职能是运动控制、路径规划和步态平衡。
- ✓ 本体（硬件）：包含机器人的物理结构和执行器，它根据小脑层的运动规划，来进行精确的伺服闭环控制每个电机高效精准地执行，完成既定的任务。

图表11：机器人技术逻辑架构



来源：创业邦研究中心，国金证券研究所

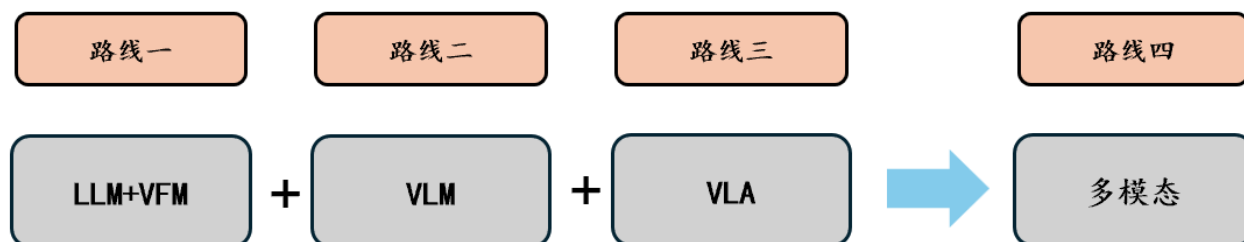
算法：“大脑”成熟有迹可循，新技术、新架构快速迭代

大模型是现阶段“大脑”的最佳解决方案。伴随着 AI 大模型的发展，机器人“大脑”实现产业实现跨越式发展，智能化程度有望提升。目前人形机器人“大脑”技术以大模型为核心，为人形机器人提供任务级交互、环境感知、任务规划和决策控制能力。

人形机器人“大脑”多技术路线并行探索，有望从分层大模型逐渐向端到端大模型演进。现阶段，机器人“大脑”主要是四条技术路线：

- 1) LLM(大语言模型)+VFM(视觉基础模型)分层大模型，实现人机语言交互、任务理解、推理和规划，目前最为成熟。
- 2) VLM(视觉-语言模型)，结合语言与视觉理解间的差距，实现更准确的任务规划和决策，大多数的机器人公司都采取了这个方案，典型代表有 Figure AI、银河通用等。
- 3) VLA(视觉-语言-动作模型)端到端大模型，在 VLM 基础上增加运动控制，解决机器人运动轨迹决策问题，以谷歌的 RT 模型为代表。
- 4) 多模态大模型，实现对物理世界环境的全面感知，是未来的主要研究方向。主要代表是麻省理工、IBM 等共同研究的 MultiPLY 模型，将视觉、触觉、语音等 3D 环境的各类特征作为输入，以形成场景外观的初步印象，并通过多视图关联将印象中的输出融合到 3D，最终得到以对象为中心的場景特征。

图表12：大模型技术路线



来源：人形机器人产业发展研究报告(2024 年)，国金证券研究所

算法：“大脑”未来突破方向，多模态、速度、泛化性

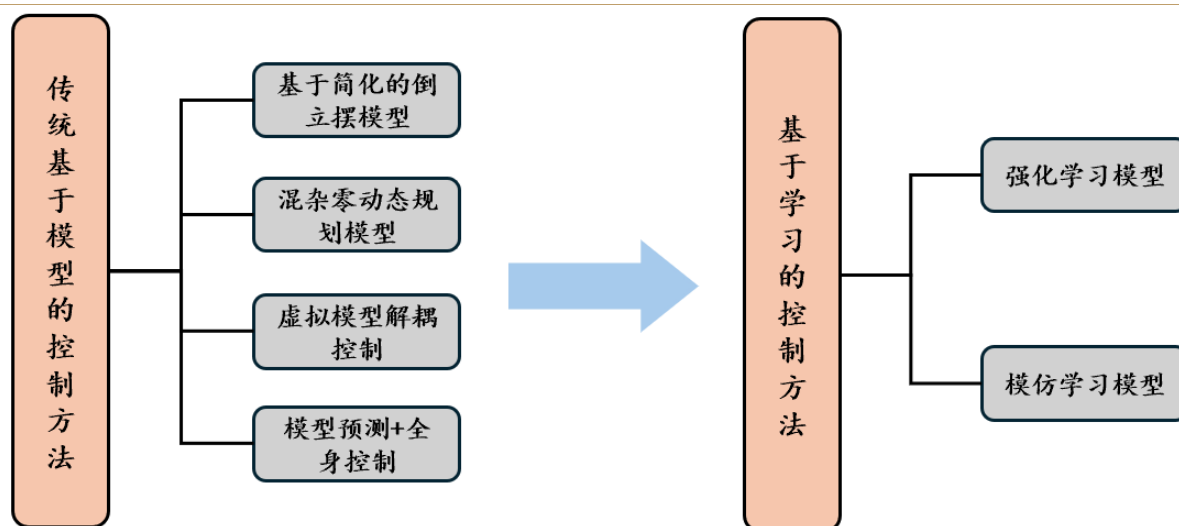
人形机器人“大脑”仍需向更高级的智能化和自主化进化。当前，人形机器人“大脑”刚刚具备初阶人类脑力，无法形成人类大脑全能力闭环。然而，要实现真正的智能化和自主化，现有的大模型仍需在多个方面重点发力。

- 一是在感知模态维度方面形成突破。当前的人形机器人大模型主要依赖于视觉或语音感知，这种单一的感知模态在处理复杂环境时显得力不从心。未来的大模型需要整合视觉听觉、触觉等多种感知模态，能够提供更丰富的环境信息使机器人在复杂场景中做出更准确的决策。
- 二是在指令生成速度与复杂性方面形成突破。现有的大模型在生成指令时速度较慢，且生成的结果往往过于简单。这在需要快速反应的场景如紧急救援或复杂操作任务中，可能导致机器人无法及时作出正确响应。目前主流机器人大模型偏向于任务理解和拆分，对于机器人运动控制的涉及较少，只是用预设的端到端的训练方式生成了简单且离散分布的机械臂末端位置和底盘移动指令，未渗透到连续路径和轨迹规划等更偏机器人领域的内容。
- 三是在泛化能力提升与模型架构优化方面形成突破。泛化能力是大模型在新环境和新任务中表现的关键。当前的模型在泛化能力上仍有待提高，尤其是

在面对未知环境和任务时，模型的表现往往不尽人意。为了提高泛化能力，未来的大模型需要在架构、训练方法和数据集方面进行创新。例如，通过引入元学习、迁移学习等技术，可以使模型更好地适应新任务。

人形机器人“小脑”核心技术正在从基于模型的控制方法向基于学习的控制方法演进。基于学习的控制方法使用端到端的 AI 技术，代替复杂的运动学模型，大幅度降低了“小脑”开发难度、提升了迭代速度，一般通过人类示教或自主学习建立运动执行策略。其中通过人类示教的方式也称为模仿学习。

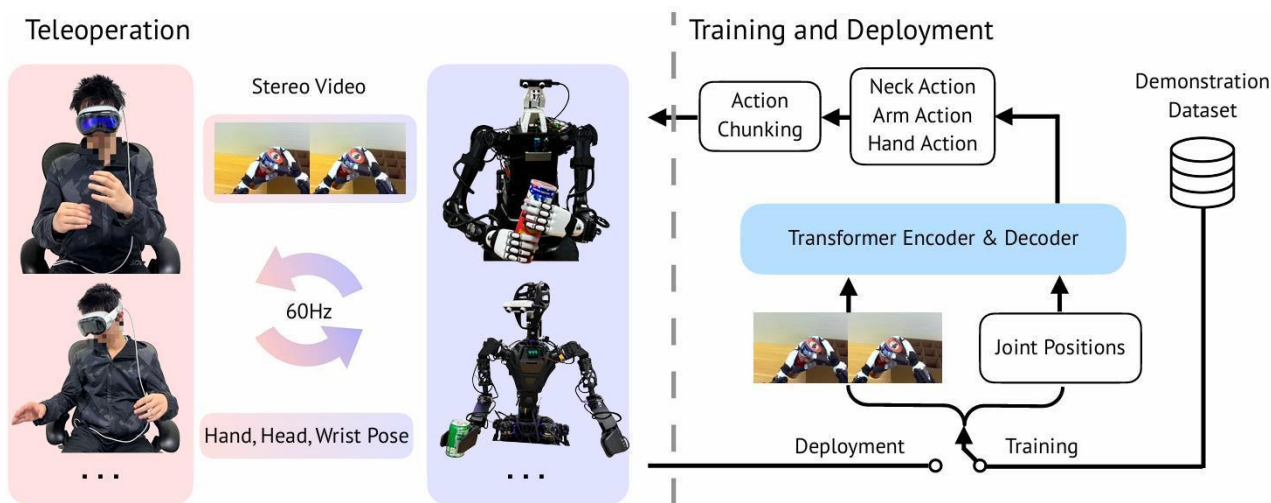
图表13：机器人小脑运动控制方案



来源：Open-TeleVision: Teleoperation with Immersive Active Visual Feedback，国金证券研究所

数据采集是机器人“小脑”发展的制约因素之一。提升机器人泛化能力的关键之一在于数据的丰富性和准确性，不同于语言大模型的训练得益于互联网上海量的数据，机器人训练数据则需要更多来自物理世界即真实世界动态环境中的交互数据，数据稀缺是机器人技能学习中的一个主要瓶颈，限制了算法的泛化能力和自适应性。

图表14：遥控操作数据收集和学习系统



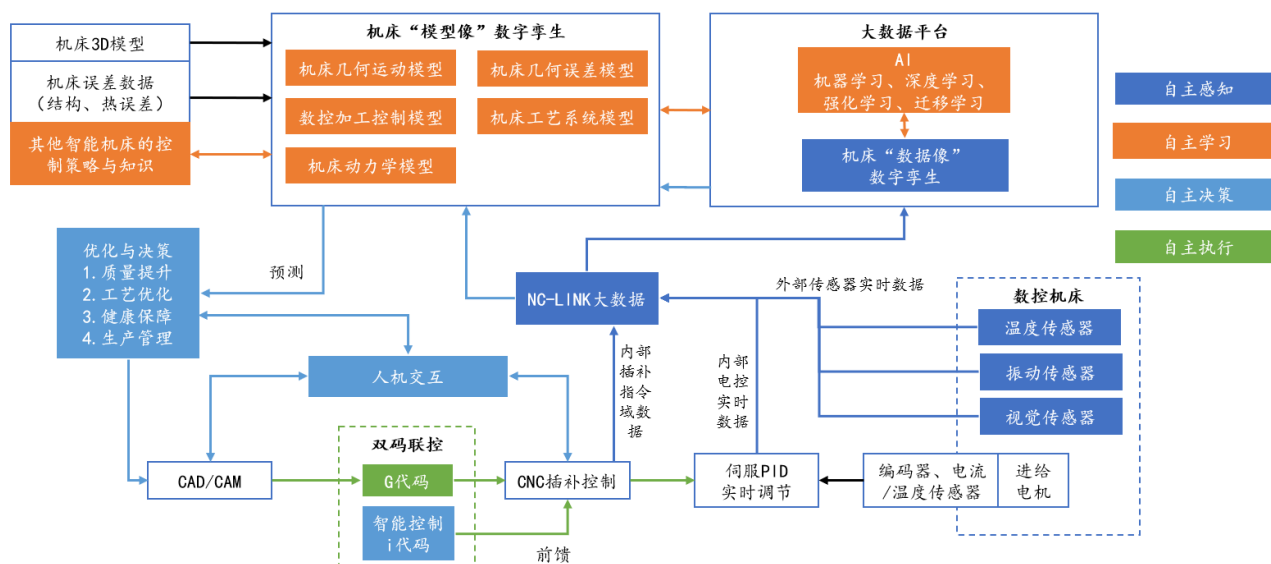
来源：Open-TeleVision: Teleoperation with Immersive Active Visual Feedback，国金证券研究所

算法：关注人形机器人小脑智能运控赛道的进步和突破

没有通用的算法模型以及海量数据，是当前产业发展的瓶颈。“小脑”是由一系列算法和硬件设备组成的综合系统，包括传感器融合模块、动力学模型和控制器等，控制人形机器人全身上下几十个自由度进行高维运动。如何进一步提高机器人小脑运动控制算法的实时性、鲁棒性和可解释性是下一步产业重要研究方向。

AI 技术对“小脑”也有显著加持，但主要是解决数学问题，不改变运行逻辑。在运动控制系统领域，我们看到即使是以稳定性为高优先级的机床数控系统领域，未来的发展趋势也是打造一个具有自适应、自感知、自学习、自交互、自执行能力的数控系统。

图表15：具有自适应、自感知、自学习、自交互、自执行能力的数控系统为未来发展趋势

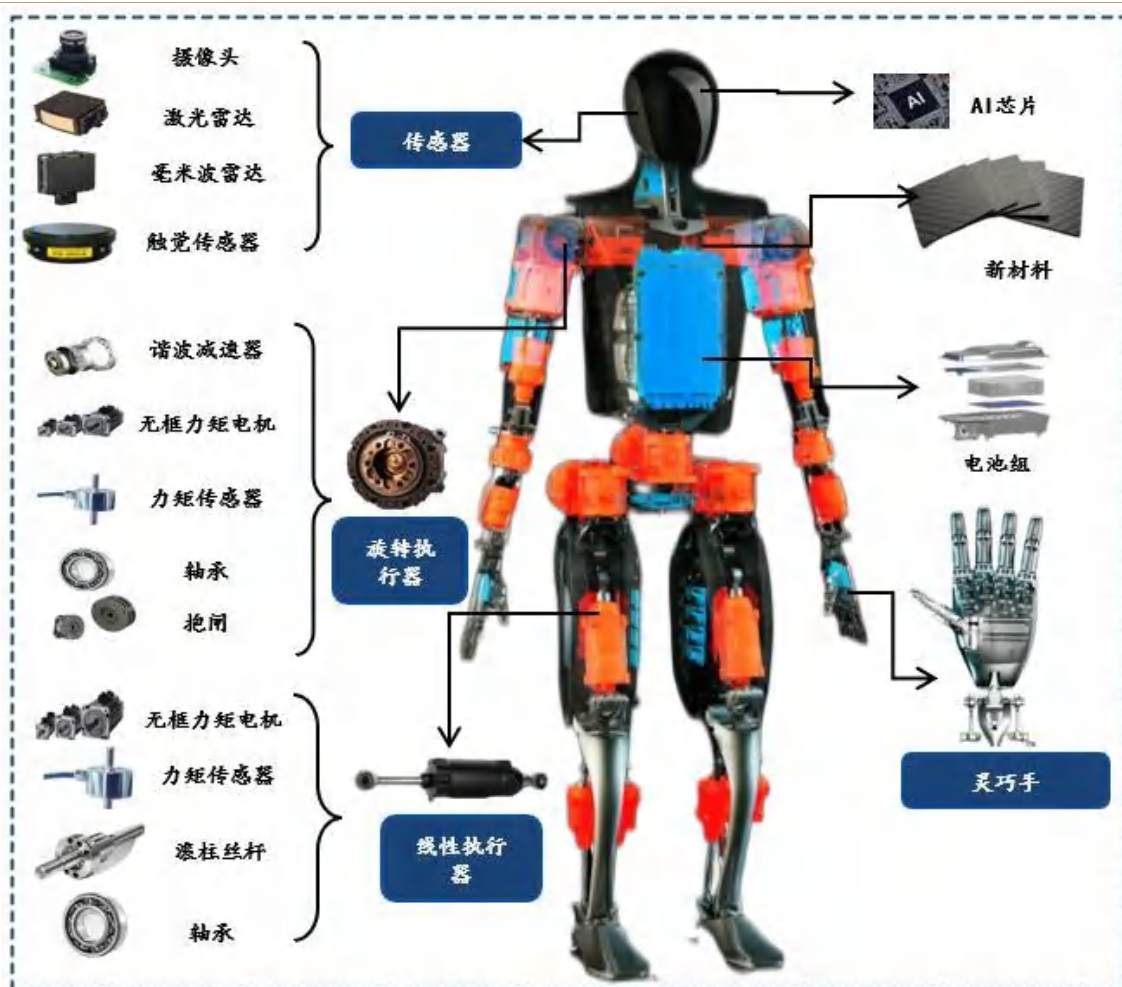


来源：国金证券研究所

硬件：散热、轻量化、寿命是后续迭代重点

“肢体”硬件是人形机器人实现所有拟人载体和基础，主要包含执行器、传感器、灵巧手、电源、芯片和新材料结构件等。

图表16：人形机器人硬件构成示意图



来源：Tesla，国金证券研究所

关节执行器即机器人一体化关节，是影响机器人硬件成本和运动性能的关键部分。关节执行器是驱动机器人执行机构（手臂、腿部等）运动的组件，安装在机器人关节处，通过将电机的旋转运动转化为驱动连杆机构运动，又被称为（关节）驱动器或关节模组。按照运动类型，执行器可分为旋转执行器、线性执行器：

旋转执行器多用于人形机器人关节处，如手腕、膝关节，主要由电机和减速器组成，核心零部件是无框力矩电机、行星减速器/谐波减速器等。目前主流的技术路线有两条。从代表厂商披露的执行器方案来看，主要以刚性驱动器方案和准直驱驱动器方案为主。刚性驱动器主要包括无刷电机+高传动比减速器（谐波）+高

刚性力矩传感器。准直驱驱动器主要包括高扭矩密度电机（无框力矩电机）+低传动比减速器（行星）。

线性执行机构多安装于机器人上臂、大腿及肘部，可理解为旋转执行器的线性转换，通常实现伸展、推拉等直线运动，主要通过梯形丝杠、滚珠丝杠或行星滚柱丝杠实现。其中，行星滚柱丝杠具有更高承载力、更小的体积和更高的寿命，或为未来发展趋势。

图表17：典型人形机器人厂商执行器方案

公司	型号	执行器类型		执行器核心零部件方案			
		旋转/直线	刚性/弹性/准直驱	电机	力矩传感器	执行器核心零部件方案	编码器
特斯拉	Optimus	旋转+直线	刚性	无框力矩电机	有	谐波+行星滚柱丝杠	旋转2+直线1
1Xtech	NE0	旋转	弹性	直驱电机	/	谐波	
FigureA1	Figure02	旋转	准直驱	/	无	行星或摆线针轮	
智元机器人	远征 A2	旋转+直线	刚性+准直驱	/	有	谐波+行星+行星滚柱丝杠	
开普勒	先行者 K2	旋转+直线	/	/	有	谐波+行星+行星滚柱丝杠	
宇树科技	UnitreeH1	旋转	准直驱	无框力矩电机	无	行星	2个

优必选	WalkerS1	旋转	刚性	无框力矩电机	有	谐波	2个
达闼	XR4	旋转	刚性	无框力矩电机	选配	行星	2个

来源：高工机器人，各公司官网，国金证券研究所

硬件：灵巧手是难度最大的核心部件

All in 峰会上，马斯克表示，灵巧手和前臂是人形机器人制造中难度最大的，也是必须要解决的问题。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18：三代灵巧手变化



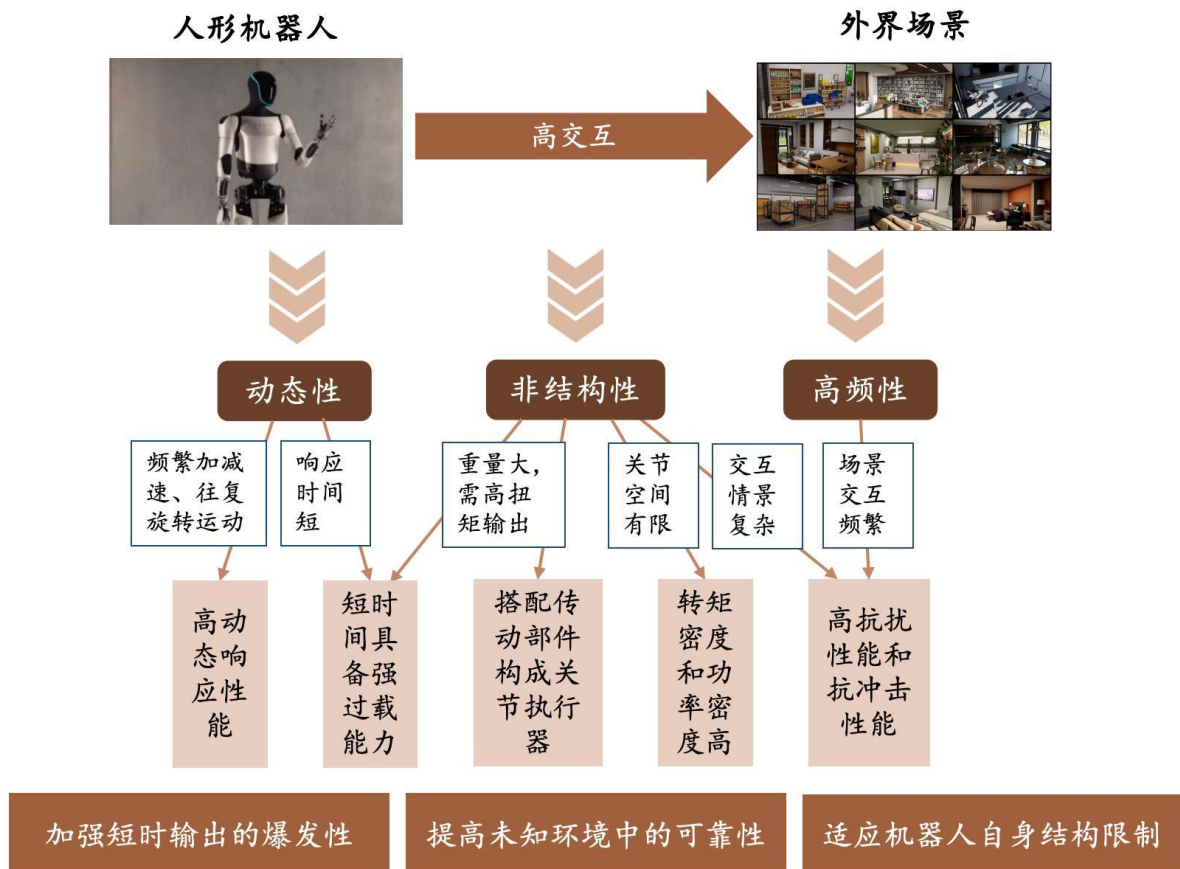
来源：高工机器人，各公司官网，国金证券研究所

电机：执行器动力部件，高扭高温性能需求

机器人通过与外界场景进行交互来完成各项任务，而外界场景具有动态性和非结构性，交互具有频繁性，这对机器人执行器提出了严格要求。从机器人的需求角

度分析，电机具有如下特征：（1）模块化设计（2）强过载能力（3）优异动态响应（4）高可靠性能（5）高功率/转矩密度。

图表19：机器人关节电机需求

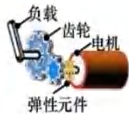
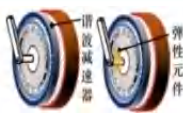


来源：《机器人关节用伺服电机关键技术与展望》，国金证券研究所

径向电机分为内转子及外转子，通过分析机器人电机的峰值转矩密度与尺寸参数关系，可建立典型应用型谱。

图表20：机器人用电机拓扑结构对比

拓扑分类	内转子电机		
执行器组成	电机+齿轮箱(+弹性元件)	电机+高减速比减速器(+弹性元件)	电机+低减速比减速器

结构图			
径-长比	低	中	中
转矩密度	较低	高	中
成本	低	较高	中
集成度	低	中	较高
可靠性	中	低（装弹性元件时高）	较高
固有缺点	多关节集成受限	抗冲击性能差	爆发性能弱
适用场景	微/小型机器人的高动态关节	高精度、大负载机器人的上肢关节	高动态机器人的下肢关节
典型应用	DelFly, Hummingbird	TORO, Walk-MAN, CENTAURO	MIT Cheetah II MIT Cheetah III
拓扑分类	外转子电机	轴向磁通电机	空心杯电机
执行器组成	电机+ 低减速比减速器	电机+ 减速器	电机+齿轮箱+蜗轮蜗杆/丝杠
结构图			
径-长比	高	较高	低
转矩密度	较高	高	低
成本	中	高	高
集成度	高	较高	低
可靠性	高	较低	中
固有缺点	一体化 振动存在	发热问题严重	制造难度高
适用场景	高动态、高爆发机器人的下肢关节	大负载机器人关节	小型、高精度关节
典型应用	Mini Cheetah, ARTERMIS	“青龙”机器人 “电动牦牛”	Pisa/IIT SoftHand, iLimb, ILDA

来源：《机器人关节用伺服电机关键技术与展望》，国金证券研究所

电机：谐波磁场电机等有望成为新的解决方案

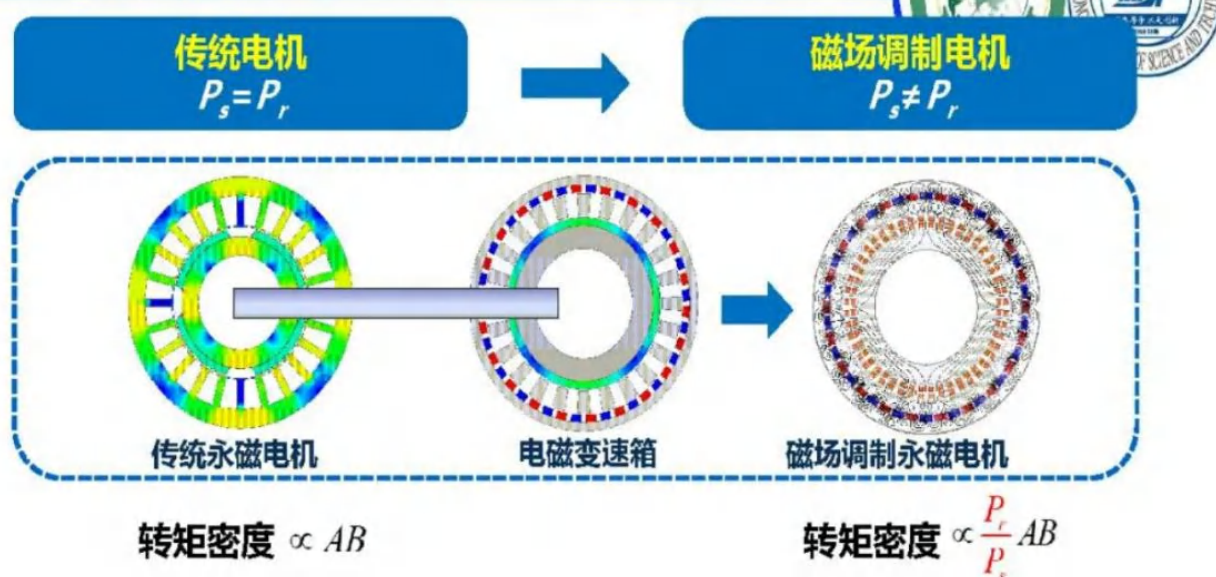
谐波磁场电机是基于新结构和新原理工作的磁场调制电机。其励磁和电枢单元的极对数不等，需新增调制单元进行磁场极对数转换，这种特殊的电磁现象称为“磁场调制效应”。在该效应下，可在相同材料选型和散热条件下大幅提升电机转矩密度，具有广阔应用前景。

该电机通过磁场调制原理，实现了转子永磁体的极数多于定子绕组极数和槽数。

核心优势：平均转矩大，转矩脉动小，功率密度跃升。

图表21：谐波磁场电机打破励磁和电枢单元的极对数相等限制

新思路-磁场调制



来源：《磁场调制——高转矩密度电机的创新与发展》，国金证券研究所

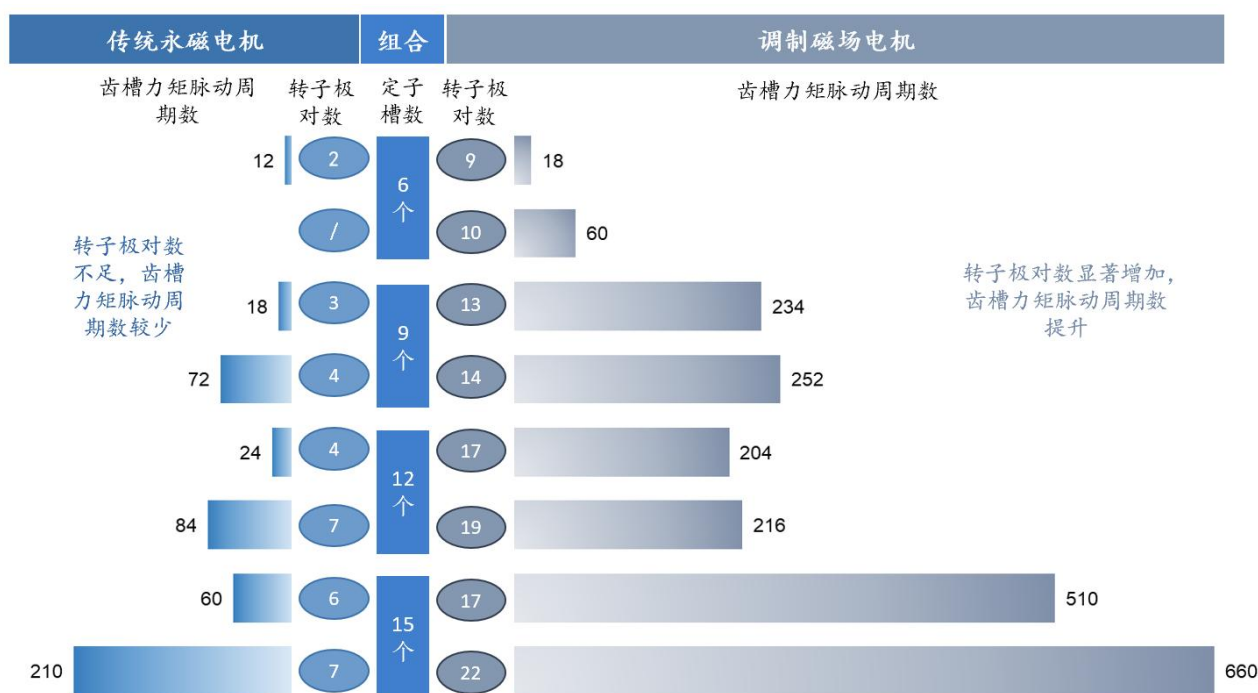
谐波磁场电机：齿槽脉动小，机器人关节和手具备潜力

谐波磁场电机齿槽脉动小。基于谐波磁场设计的调制磁场电机在定子槽数相同的情况下，调制磁场电机与传统永磁电机相比，调制磁场电机的齿槽力矩波动周期数增加趋势明显，因此，其能大大降低电机齿槽力矩脉动幅值，从而提升永磁电

机功率体积密度。

谐波磁场电机高功率密度优异性能有望广泛应用在人形机器人关节及灵巧手部件。谐波磁场电机实现在输出功率相同的条件下，调制磁场电机体积减少了一倍以上，即调制磁场电机重量也减少一倍以上。目前人形机器人电机问题集中在功率密度达不到要求，谐波磁场电机的磁路设计方案有望解决该痛点。同时，高功密带来的另一优势便是体积和重量的减小，完美适应人形机器人轻量化发展趋势，未来谐波磁场电机渗透率有望持续提升。

图表22：调制磁场电机和传统电机在相同定子槽数条件下的波动周期数对比



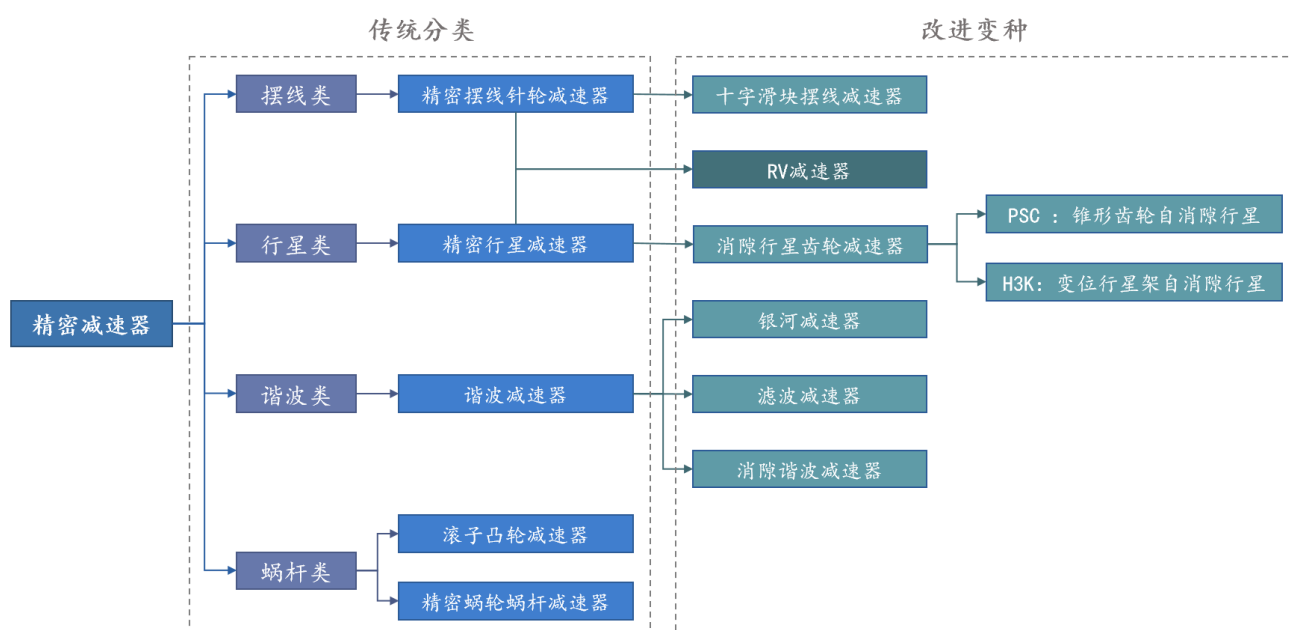
来源：《一种调制磁场电机发明专利》，国金证券研究所

减速器：摆线、行星、谐波和蜗杆共存

减速器是一种用于连接动力源与执行机构的机械传动装置，通常由齿轮传动、蜗杆传动或齿轮-蜗杆复合传动机构封装于刚性壳体内。减速器主要功能为降低原动机转速、增加输出扭矩，并输出给执行机构，从而带动执行机构的运转。

减速器按照控制精度可分为一般传动减速器和精密减速器。精密减速器具备体积小、重量轻、精度高、稳定性强等特点，能够对机械传动实现精准控制，主要用于机器人、半导体设备、高端机床等高端制造领域。根据传动原理差异，精密减速器主要分为摆线式、行星式、谐波式和蜗杆式四大类型，并通过优化传动精度和回程间隙等参数，衍生出 RV 减速器等改进类型。

图表23：精密减速器分类



来源：《滤波减速器的设计与分析》，《MIR 睿工业 2025 中国精密减速器行业发展白皮书》，国金证券研究所

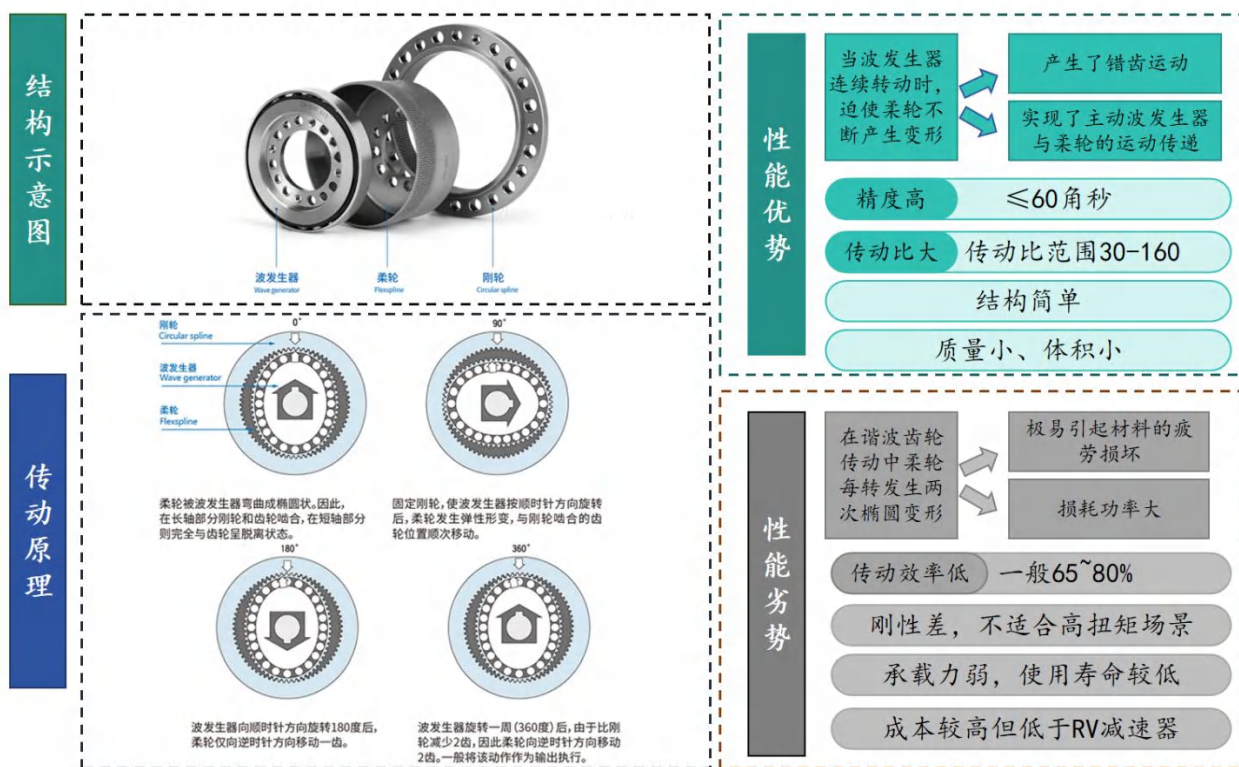
减速器：技术壁垒较高、可根据场景选定减速器类型

目前谐波减速器、行星减速器以及摆线针轮等新型减速器共存。特斯拉人形机器人主流路线是谐波减速器方案，由于承载力及传动效率需求提升，研发新型减速器或者行星减速器具备必要性。国产人形机器人大多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24：谐波减速器结构原理及性能一览表



来源：科峰智能招股书，来福谐波官网，国金证券研究所

减速器竞争格局：外资主导，国产替代加速

长期以来，日本、德国等外资企业主导中国减速器市场，但近年来随着中国高端制造业快速发展，国内减速器厂商产品性能已与海外厂商齐平，国产化替代进程明显加速。当前，蜗杆类减速器厂商主要包括三共、潭佳、日研、德川等，行星类减速器厂商主要包括新宝、科峰智能、纽氏达特、中大力德等，谐波类减速器厂商主要包括哈默纳科、绿的谐波、来福谐波等，摆线类减速器厂商主要包括住友、纳博特斯克、双环传动、中大力德、秦川机床等。

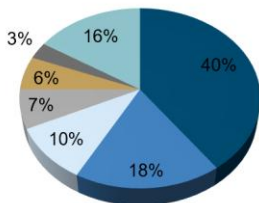
从市场份额看，我国谐波减速器市场份额较为集中，哈默纳德仍占据 40% 市场份

额，绿地谐波、来福谐波其次，分别占据 18%、10%市场份额。在我国 RV 减速器市场，纳博特斯克占据约 34%的市场份额，环动科技约占 25%。在行星减速器市场，日本新宝所占据市场份额最高，大约为 20%，科峰智能、纽氏达特分别占据 12%和 9%份额。

图表25：我国谐波、RV、行星减速器各厂商市场份额

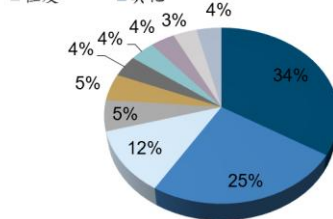
2023年我国谐波减速器市场份额

■ 哈默纳德 ■ 绿的谐波 ■ 来福谐波 ■ 日本新宝
■ 同川 ■ 大族 ■ 其他



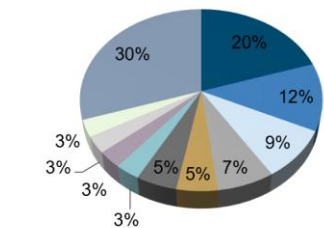
2024年我国RV减速器市场份额
(工业机器人场景)

■ 纳博特斯克 ■ 环动科技 ■ 智同科技 ■ 珠海飞马
■ 中大力德 ■ 六环智造 ■ 南通振康 ■ 秦川
■ 住友 ■ 其他



2023年我国行星减速器市场份额

■ 日本新宝 ■ 科峰智能 ■ 纽氏达特 ■ 精锐科技
■ 利若 ■ 中大力德 ■ 纽卡特 ■ 斯德博
■ 威腾斯短 ■ 摩多利 ■ 其他



来源：GGII，观研天下，智研咨询，国金证券研究所

传感器：视觉、力觉、触觉为主，亟待培育国产龙头

为了赋予机器人像人一样感知、学习和与环境动态交互的能力，根据其功能和应用场景，配备了多种类型的传感器。包括视觉传感器（如摄像头、激光雷达、毫米波雷达、红外传感器等）、听觉传感器（如麦克风）、嗅觉传感器（如气味传感器）、触觉传感器（包括力传感器）、编码器、IMU 等，以实现感知和分析外部环境并进行自身状态反应，实现复杂的交互和操作任务。

图表26：机器人各类传感器特点及应用

传感器类型	原理	获得的信息	在工业机器人中的应用
触觉传感器	电容式、压电式、压阻式、光学式	接触力、面积、位置	人机协作、物体抓取、质量监控
视觉传感器	OCD 或 CMOS 成像	图像	人-机器人协作 (HRC)、导航、机械手控制、装配、机器人编程
激光传感器	飞行时间 (TOF)、三角测量、光学干涉	距离、位移	人-机器人协作 (HRC)、导航、操纵器控制
编码器	光电、磁性、电感性、电容性	角位移	导航、操纵器控制
接近传感器	电容式、电感式、光电式	物体接近	人-机器人协作 (HRC)、物体抓取
惯性传感器	航位推算 (DR)	加速度、角速度、方位角	导航、操纵器控制
扭矩传感器	感应电阻应变	扭矩	人-机器人协作、物体抓取、机器人编程
声传感器	电容的	声音信号	人-机器人协作 (HRC)、焊接
磁性传感器	霍尔效应	磁场强度	导航
超声波传感器	飞行时间 (TOF)	距离	障碍物回避

来源：《工业机器人传感器技术综述》，国金证券研究所

视觉：主流方案为 3D 视觉，有望实现国产替代

视觉方案主要分为 2D 视觉和 3D 视觉：（1）2D 视觉：通过 2D 相机分析灰度或彩色图像中的像素灰度特征获取目标中的有用信息，识别纹理形状。容易受到光照影响，且无法实现三维精准测量。（2）3D 视觉：精度更高、信息量更大（三维图像）、集成度更高，适用于更加复杂、精密的识别、检测需求。机器人的视觉感知属于高度集成的模组方案，对于体积、成本、精准度都有较高要求，因此 3D 视觉高度集成、体积小、精度高的优势更适合机器人的场景。

图表27：机器人视觉感知向 3D 化发展

对比指标	2D	3D
产品形态	模块化视觉设备（体型大）	嵌入式视觉设备（高度集成）
应用场景	一般固定	复杂多变
扫描精度	工业产线范围内	毫米级甚至更高
维度	平面维度	立体维度
技术要求	较低	技术壁垒较高
下游市场	识别、检测、测量	刷脸支付、FaceID、智能机器人

来源：奥比中光官网，国金证券研究所

目前主流机器人厂商的视觉方案各不相同。其中波士顿动力 Atlas 选择的是 TOF 深度相机方案，特斯拉 Optimus 选择多目摄像头方案，小米 CyberOne 采用深度视觉模组，优必选 Walker X 采用多目视觉传感器。

图表28：主流人形机器人厂商视觉传感方案



来源：奥比中光官网，波士顿动力，TeslaAIDAY，优必选，小米官网，国金证券研究所

力觉：机器人精确、灵活操作的核心

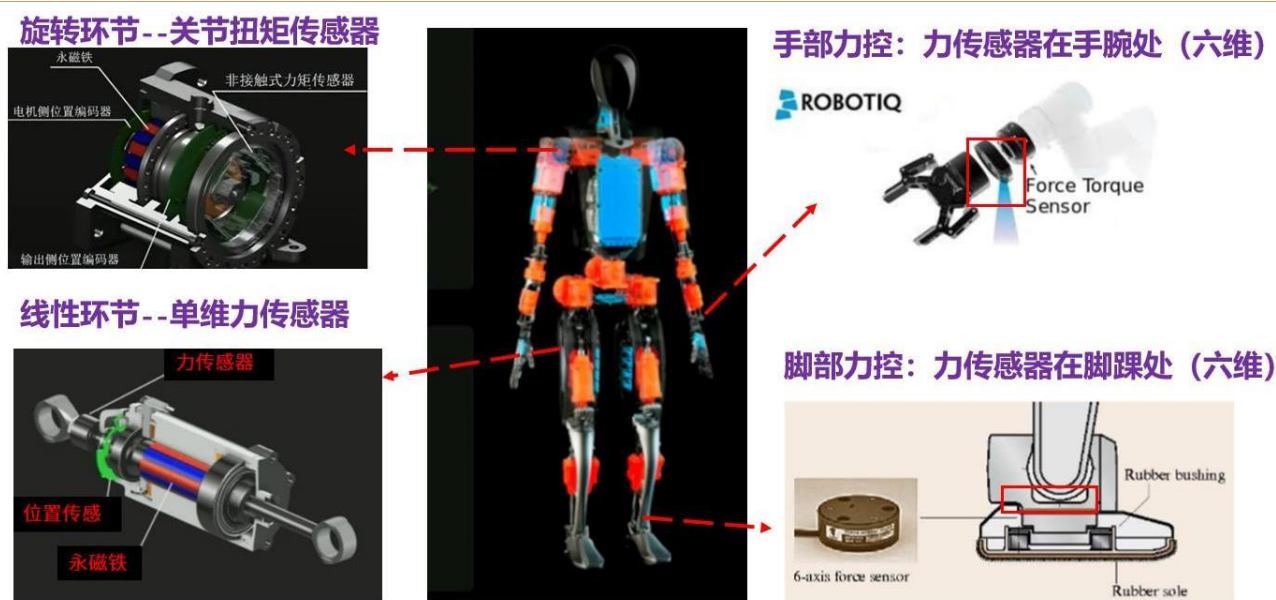
从人形机器人的工作原理来看，我们判断未来人形机器人的手腕、脚踝环节需六维力矩传感器、其他关节可以适用关节扭矩传感器。

✓ 末端执行机构（手部、脚部）——六维力矩传感器：由于人形机器人末端执行

机构主要为手部和脚部，执行的过程中力臂在几十到几百毫米之间，力臂较大且属于随机变化；而对于这两类环节的力也要求实现精确处理，因此这两类关节所受的力并非简单的一维、三维力。

- ✓ 其他关节---关节扭矩传感器：特斯拉人形机器人旋转执行机构类似协作机器人关节，线性执行机构也通过丝杠完成直线运动，整体对于力的感知相对简单，我们预计其他关节只需单轴力矩传感器。

图表29：人形机器人力矩传感器应用场景全景图

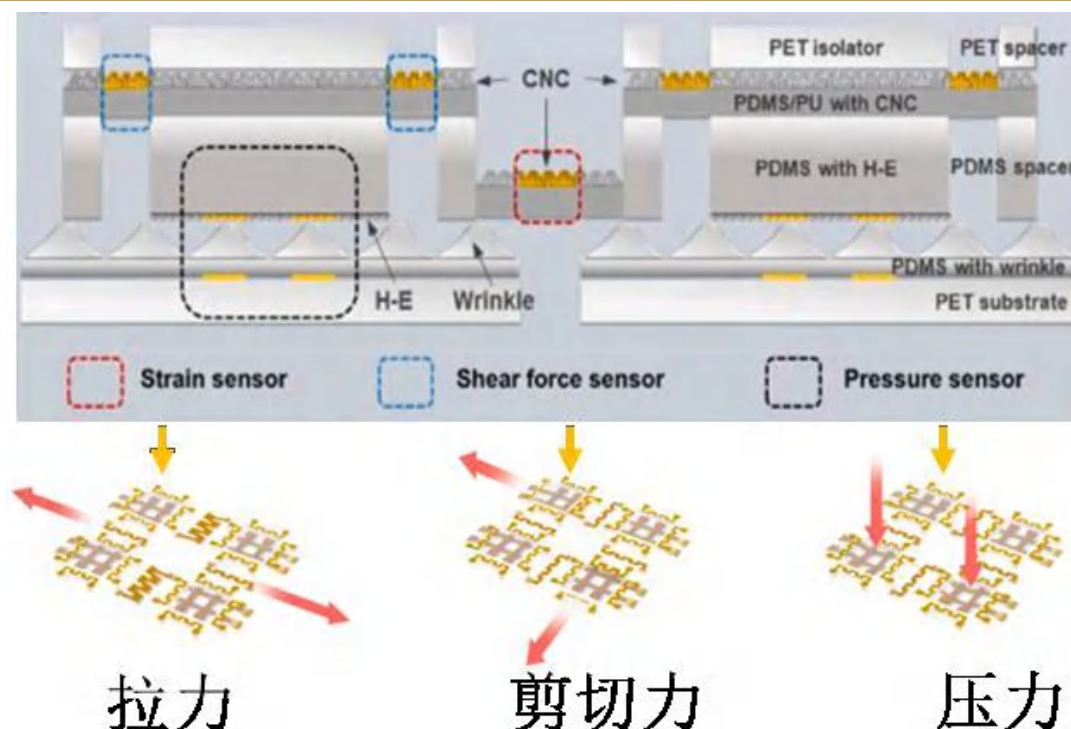


来源：《Force-Torque Sensing in Robotics》，Tesla AI Day，国金证券研究所

触觉：视觉+触觉为目前技术前沿、应用潜力大

电子皮肤是新型的仿生柔性触觉传感系统，通过柔性传感器进行信号感知转换。从表面的接触方向来看，电子皮肤能够感知压力、剪切力、接触力等多个类型的力，能够助力机器人在手部实现更加精细的操作。电子皮肤主要分为基底层、导电层、传感层。

图表30：电子皮肤能感知压力、剪切力、接触力等多种类型力



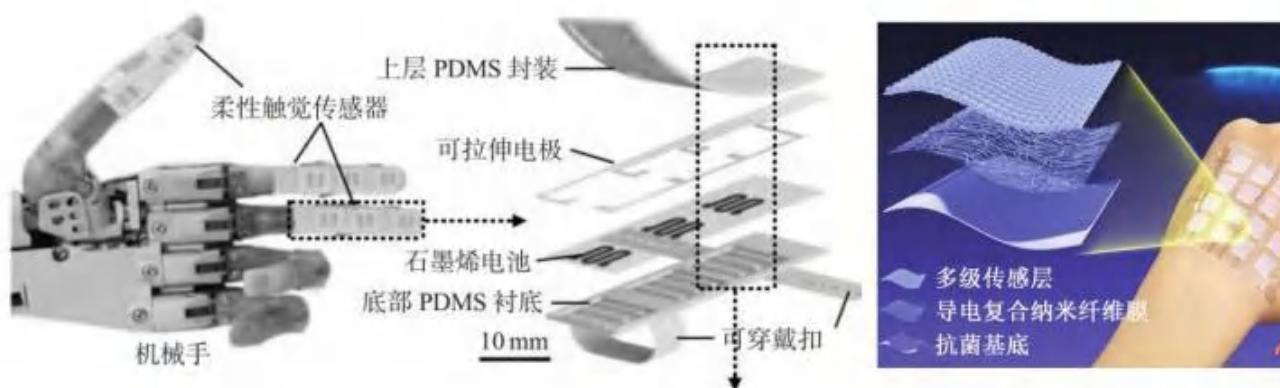
来源：《A bio-inspired three-dimensional integrated e-skin for multiple mechanical stimuli recognition》，《纤维基自供能电子皮肤的构建及其应用性能研究进展》，国金证券研究所

基底层：基底层是电子皮肤的最内层，通常由柔性材料制成，以模拟人体皮肤的弹性和柔韧性。又称为支撑层，起到支撑作用。

导电层：导电层在电子皮肤中起到传导电信号的作用，通常包含导电材料，如导电石墨或特定的导电聚合物，用于检测并传输由外界刺激引起的电信号变化。导电层的设计和材料选择对于电子皮肤的灵敏度和响应速度至关重要。

传感层：传感层位于电子皮肤的中间层，包含了大部分的传感元件，负责精确识别压力和摩擦力并转化为电信号。传感层可以实现对外界刺激的精细感知，是电子皮肤的核心材料。

图表31：电子皮肤主要分为基底层、导电层、传感层

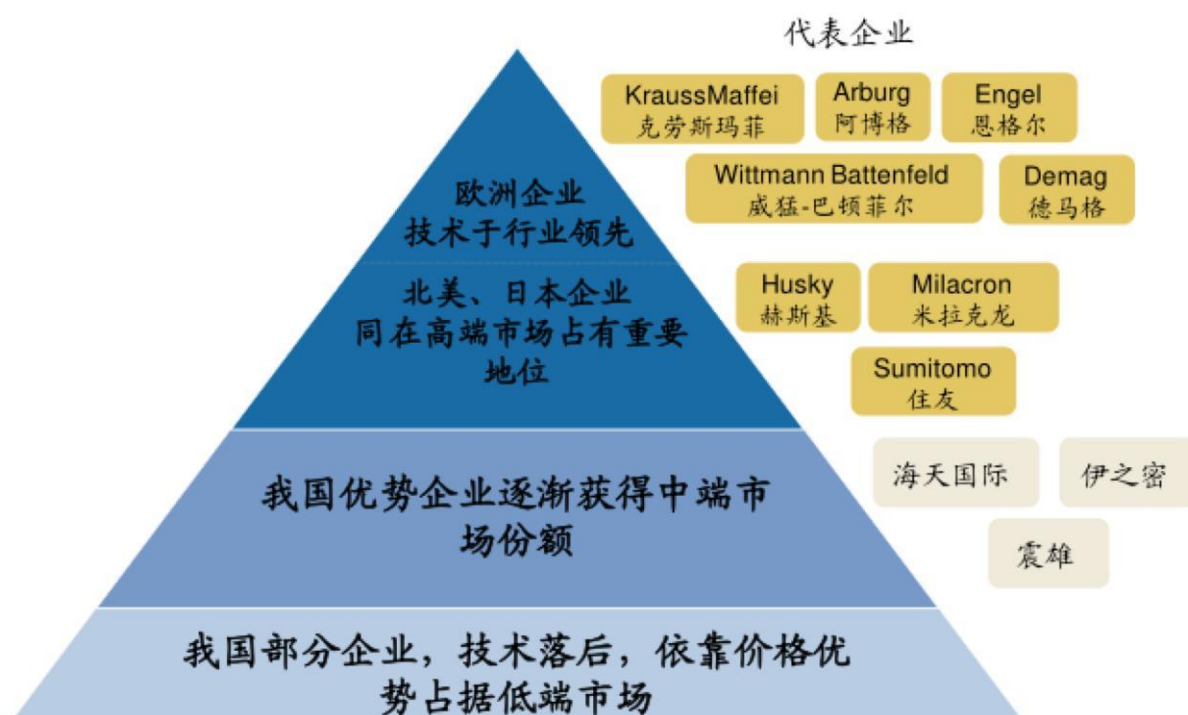


来源：《A bio-inspired three-dimensional integrated e-skin for multiple mechanical stimuli recognition》，《纤维基自供能电子皮肤的构建及其应用性能研究进展》，国金证券研究所

轻量化：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。

图表32：海内外 PEEK 相关代表企业



来源：中研股份招股说明书，国金证券研究所

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。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，符合机器人当下轻量化趋势，有望实现以塑代钢。

图表33：常用普通塑料、工程塑料及特种工程塑料示意图



来源：中研股份招股说明书，国金证券研究所

PEEK 壁垒：工艺难度高+验证周期长，护城河深

PEEK 材料的生产工艺流程中涉及聚合过程、提纯过程、干燥过程。PEEK 树脂的生产属于复杂的化学合成过程，其合成反应是在一个带有搅拌器的反应釜内进行。

常见的工艺路径为亲核取代，即氟酮和对苯二酚在碱金属盐催化下，以二苯砜为

溶剂，在 $280^{\circ}\text{C}\sim 340^{\circ}\text{C}$ 条件下进行缩聚反应，然后通过丙酮和水去除残留的溶剂和盐，经过干燥工艺获得高分子量的 PEEK 树脂。复合增强类树脂根据性能需要，将玻璃纤维、碳纤维、聚四氟乙烯、石墨等加入到挤出机中与粗粉共同进行挤出，得到改性产品。

PEEK 材料的主要壁垒集中于生产工艺、验证周期两方面。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。

(1) 生产工艺：壁垒在于在长时间高温下的聚合反应中，材料不能发生过度的降解和交联。

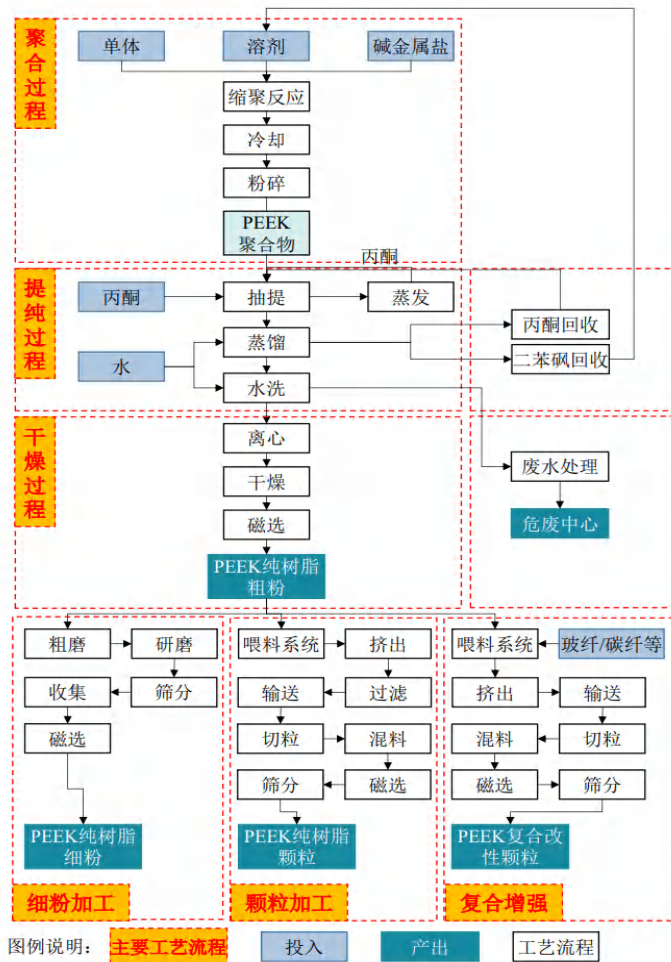
(2) 一致性：每釜之间需要保持相同且精准的控制。

(3) 熔指和黏度：这两个指标呈反向关系，需要保持合适的平衡。

(4) 结晶性：结晶速率越高，结晶度越高，材料的机械性能、耐磨性、耐腐蚀性更好。

验证周期：下游客户认证开发周期需要 3-5 年。

图表34：PEEK 材料的制作流程



来源：中研股份招股说明书，国金证券研究所

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。

图表35：海内外丝杠相关企业

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	瑞典

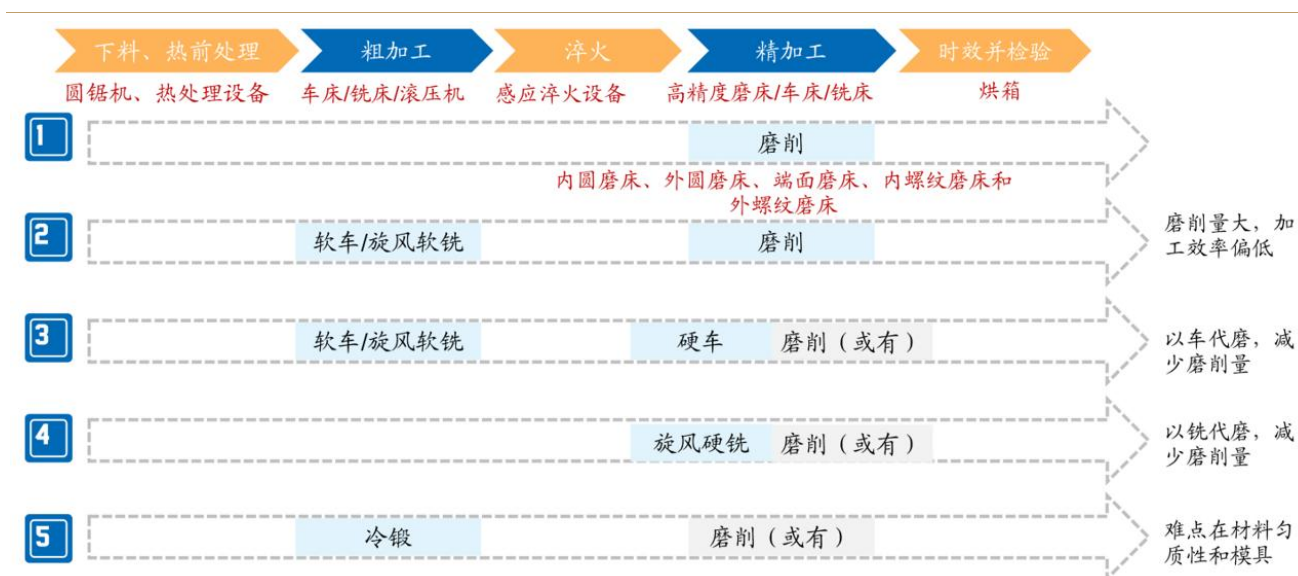
		对普通领域与高精技术场合分别推出了 SR/BR/TR/PR 系列标准式行星滚柱丝杠及 SV/BV/PV 系列循环式滚柱丝杠	
	穆格 Moog	旗下核心产品包括伺服驱动器、滚珠丝杠、反向滚珠丝杠等，其有超过 30 年的行星滚柱丝杠定制历史	美国
	Exlar	致力于反向式行星滚柱丝杠电动缸的研发，并提供电机转子与行星滚柱丝杠机电一体式的智能驱动产品	美国
国内	博特精工	公司主要产品有包含行星滚柱丝杠在内的多种机械传动用轴类产品，广泛用于电解铝行业、数控机床等行业，其研制的 BT-GZXS 行星滚柱丝杠具有长时间承受重载的能力，目前已投入市场使用	中国山东
	思科瑞传动	全球极少数拥有设计、制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
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	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部分应用，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分行星滚柱丝杠	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， ， 国金证券研究所

丝杠设备：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

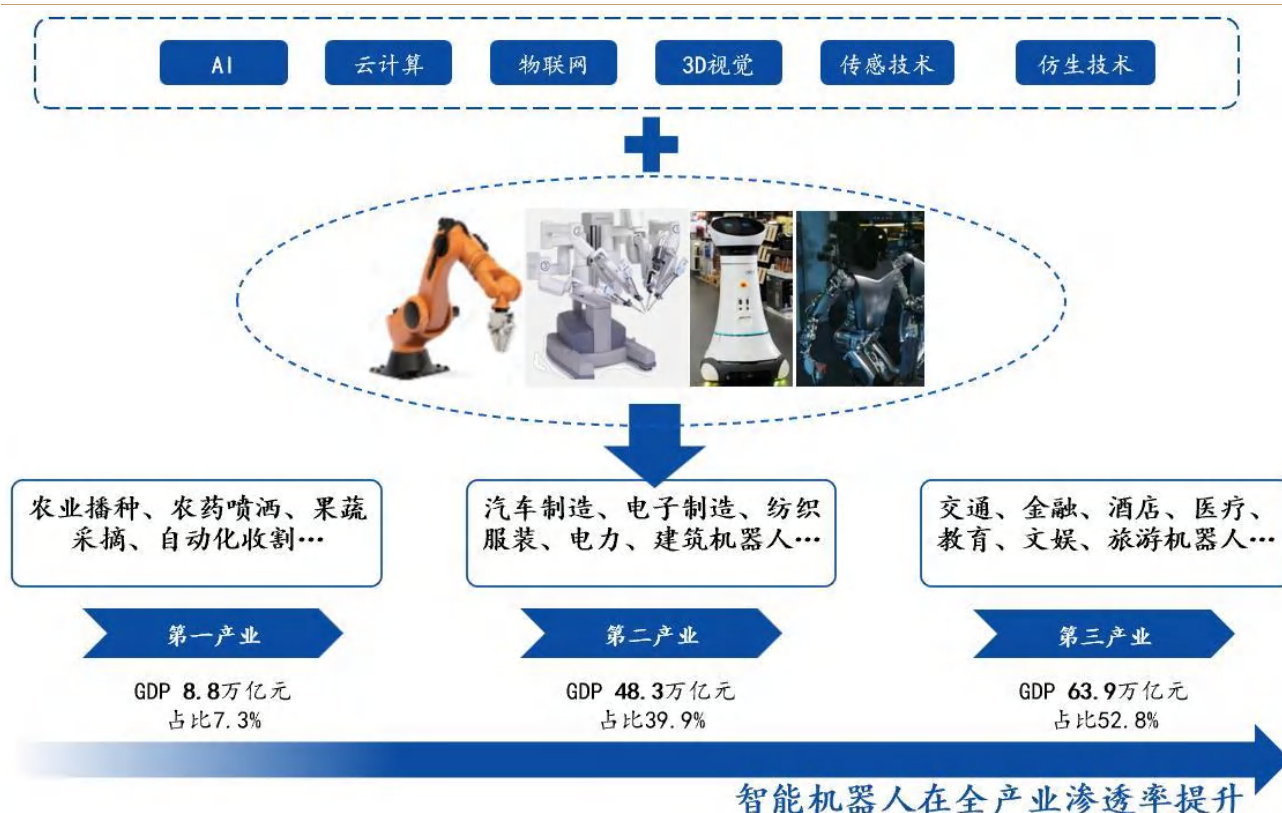


来源：公司公告，国金证券研究所

机器人本体垂类：应用场景广阔

2023年1月19日，我国工信部等十七部门印发《“机器人+”应用行动实施方案》。到2025年，制造业机器人密度较2020年实现翻倍，服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升。

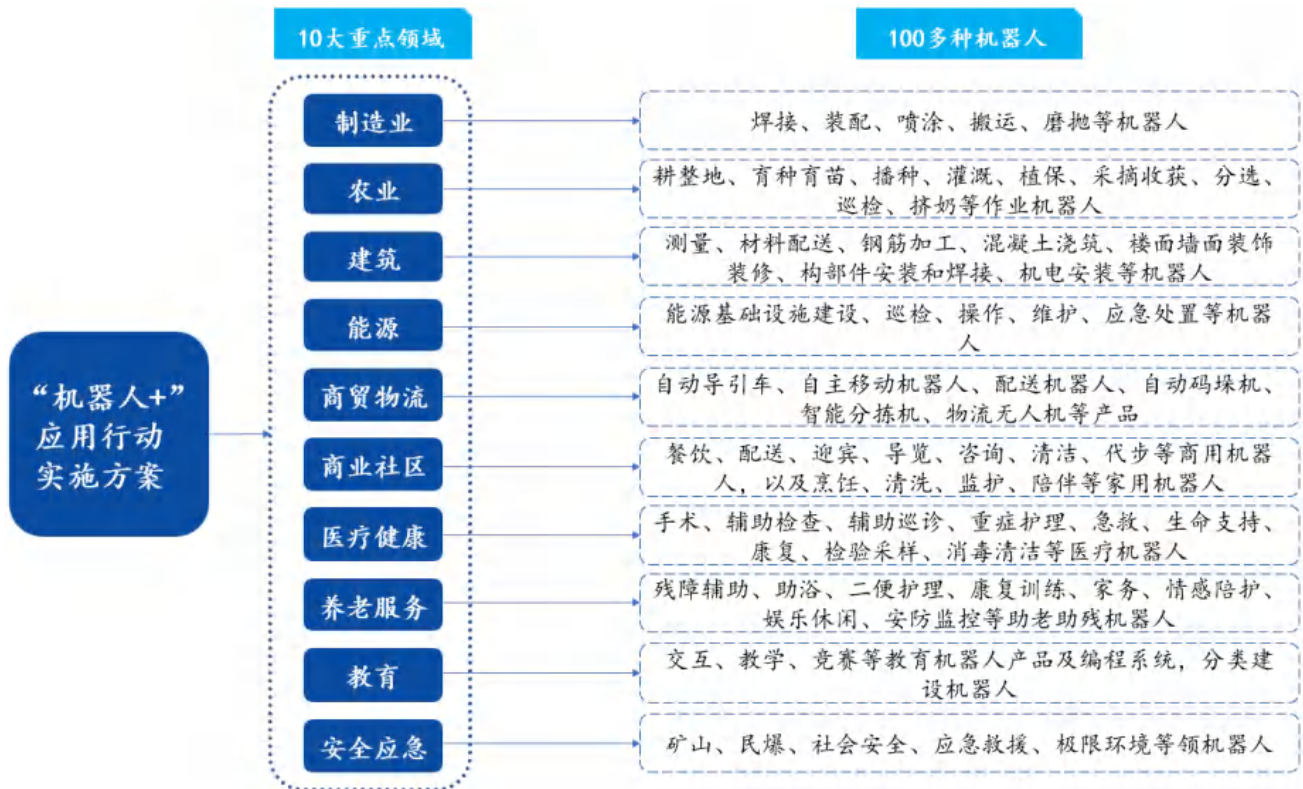
图表37：智能机器人在全产业、全场景领域渗透率将不断提升



来源：工业和信息化部等十七部门，国金证券研究所

方案指出，将聚焦十大应用重点领域：（1）经济发展领域，包括制造业、农业、建筑、能源、商贸物流。（2）社会民生领域，包括医疗健康、养老服务、教育、商业社区服务、安全应急和极限环境应用，加快推进机器人应用拓展，为经济社会发展注入强劲动能。

图表38：人形机器人下游十大重点应用场景



来源：工业和信息化部等十七部门，国金证券研究所

机器人本体垂类：增效、降本、安全保障是核心方向

当前，机器人技术正以前所未有的深度和广度融入各行各业，从传统制造到现代服务，深刻变革着生产与作业方式。不同应用场景对机器人的功能、形态及智能水平提出了差异化要求，催生出丰富多样的专用机器人解决方案，以实现增效、降本与安全保障的核心目标。

图表39：人形机器人具体应用场景

应用场景	代表企业	应用描述
环卫	劲旅环境	与北京航空航天大学合肥创新研究院共同成立了“电动环卫智能装备联合实验室”，开发及制造无人化线控扫路机。现无人驾驶扫路机已实现在合肥市新站区小规模商业化运营。
服装	杰克股份	杰克发布了全球首个能掌握人类经验的AI服装设备新品类缝纫机技术。其董事长阮积祥说：未来30年，杰克科技将积极探索AI无人化成套智联，助力服装生产达成基本无人化的目标。
军工/核电	景业智能	特种机器人应用于核工业放射性环境检维修、军工战地、排爆

		救援等。已发布“胡狼二号”等电随动机器人、重载液压机器人、绳驱主从机器人。
物流	杭叉集团	旗下杭叉国自智能展示智能物流仓储解决方案，2t 堆垛前移式 AGV、0.8t 平衡重式 AGV、A10 潜伏举升式机器人。
	安徽合力	开发工业机器人搭载 AGV 技术，提升物料搬运与生产线作业效率。
	德马科技	入股斯克斯机器人，加速工业机器人在汽车制造、物流仓储等领域的应用。
	中力股份	全系“搬马机器人”覆盖多种搬运需求，多机协同实现智慧搬运。
	诺力股份	与浙江大学机器人研究院联合研发具身机器人，用于化工等高危场景替代人工取样。
康养	亿嘉和	人形机器人在电力高压场景试用，并在康养赛道进行推广；商用清洁机器人已实现全球交付。
包装	永创智能	永创智能的人形机器人预计将聚焦于包装产线和物流分拣等“第一英里”场景。

来源：各公司官网，各公司公告，景业智能公众号，杭州叉车华南总部公众号，国金证券研究所

四、从投资视角看产业

产业迭代快：供应链窗口期远比电动车短，战略决断要早

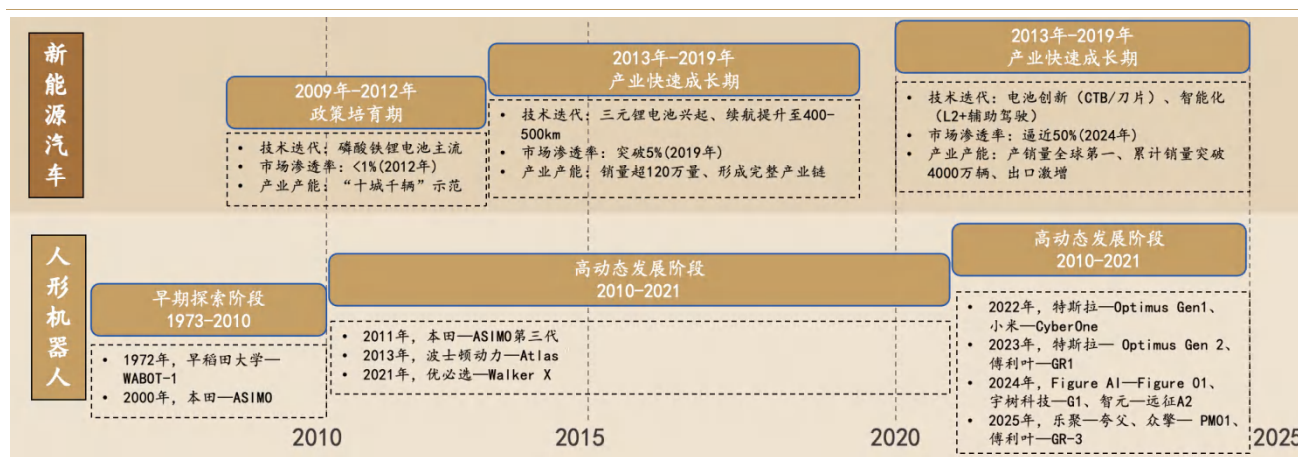
- 研发迭代周期远快于电车：电车研发周期之前是 3-5 年，目前是 12-18 个月。

人形本体硬件简单，迭代周期 2 个月以内，主要是模型的迭代。

- 产业和资本均没有分歧：家电、机械、汽车、电子等各行业的头部公司都在入局，而电动车发展史看，当时产业是有分歧的。

总结以上，机器人赛道的切入窗口期较短，战略决断要快要早。

图表40：机器人供应链窗口期远比电动车短



来源：工业和信息化部等十七部门，国金证券研究所

本体：技术、品牌、销售和产品定义是核心竞争力

- 上肢协作能力（大模型能力）是本体公司技术上的核心评判指标。
- 产品定义、品牌和销售是本体公司最核心商业能力，这点类似于电动车。
- 总结以上，华为、小米、特斯拉等仍然可能是未来最头部客户，新兴的如智元、宇树、Figure、字节等具备挑战头部的机会。诸多初创公司逆袭的难度较大，与家电系龙头绑定有可能会弥补核心竞争力的短板，如格力、美的、海尔等，可以弥补品牌、销售的不足。

图表41：产品定义、品牌和销售是本体公司最核心的商业能力

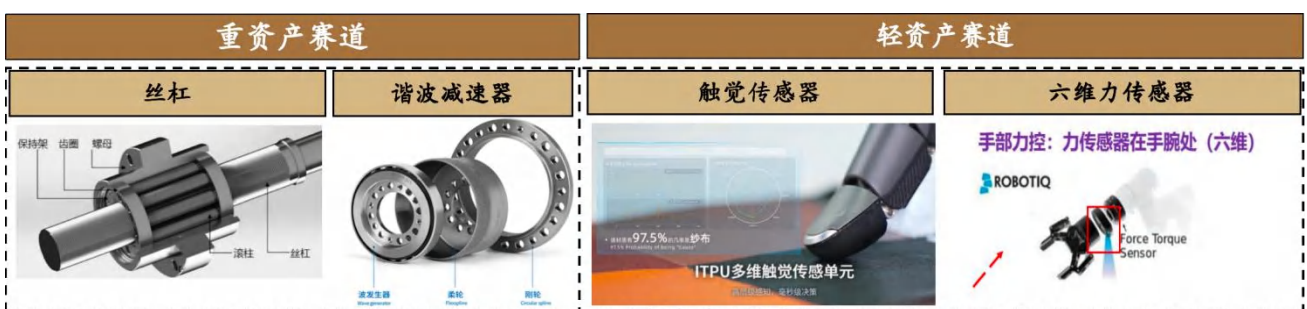


来源：国金证券研究所

供应链：行业未起量先卷价格，技术路线未定，重资产赛道要谨慎

- 近几年来，丝杠、触觉传感器、六维力传感器价格呈下降趋势，随着生产效率提升，未来会进一步降价。
- 目前丝杠、触觉和六维力传感器等技术路线并未锁定，有技术迭代风险。
- 机器人重资产赛道包括丝杠、谐波等，轻资产赛道主要是触觉、六维力、总成等，起步期建议回避重资产赛道。

图表42：人形机器人起步重资产赛道投资需谨慎



来源：国金证券研究所

供应链：如何选赛道？——陪跑，客户粘性最确定，回避重资产赛道

汽车 Tier1 最核心的竞争优势是配套研发能力和客户服务体系，最大的劣势是核心部件能力需要补齐。三花、拓普，目前在 T 链的最大问题是核心部件能力不具备，才有新剑传动的发展空间。

图表43：汽车 Tier1 核心零部件布局

☑有布局

☑核心布局

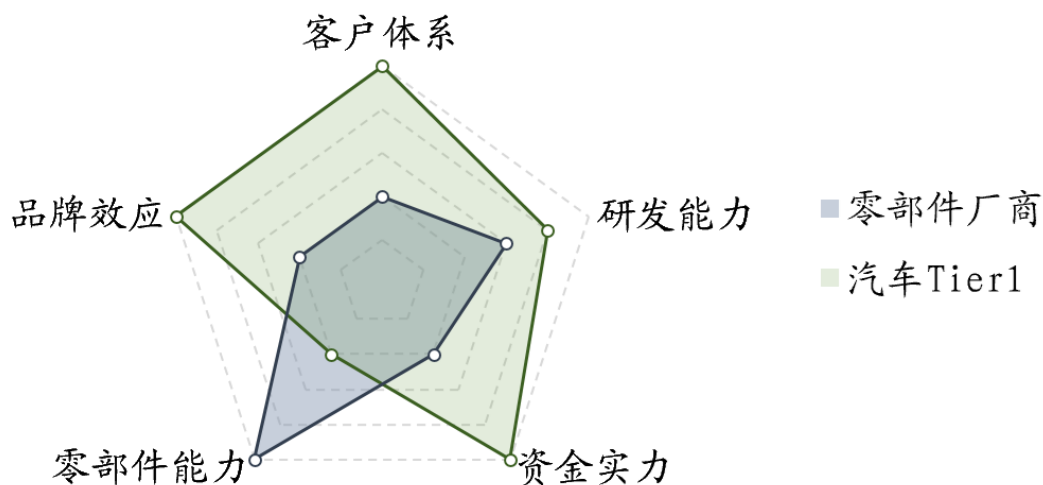
领域		汽车tier1		零部件厂商
		三花智控	拓普集团	新剑传动
核心零部件	行星滚柱丝杠	—	—	☑
	谐波减速器	☑	—	☑
	无框电机	—	☑	—
	空心杯电机	☑	☑	—
总成	机电执行器	☑	☑	☑

- ✓ 汽车tier1三花、拓普核心零部件生产能力不足，重点布局总成
- ✓ 零部件厂商核心零部件能力强，弥补tier1不足

来源：公司公告，国金证券研究所

对于大型 Tier1 来说，销售和研发配套能力较强，可以从总成切入，再逐步补齐核心部件，是最优的产业切入方式。

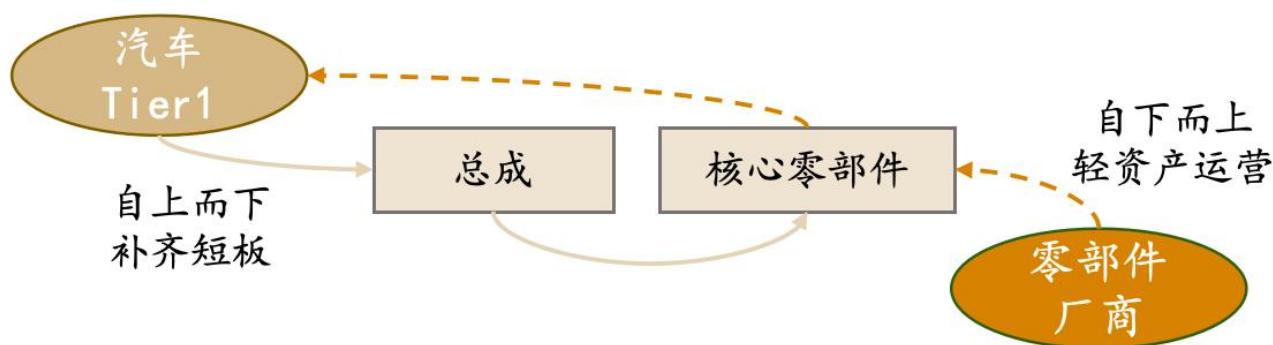
图表44：客户服务体系是汽车 Tier1 核心竞争优势之一



来源：公司公告，国金证券研究所

对于垂直细分领域的零部件企业来说,切入大型Tier1 以及头部本土公司供应链,陪跑是最优选择。

图表45：配套研发能力是汽车 Tier1 核心竞争优势之一



来源：公司公告，国金证券研究所

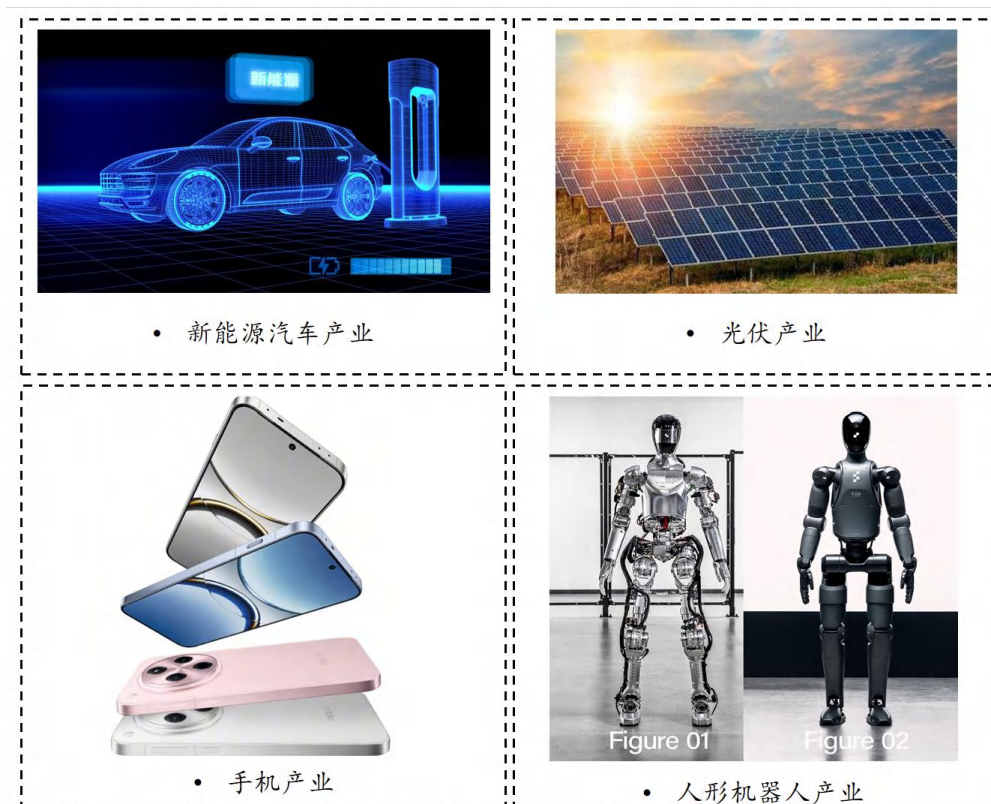
供应链：卷的方式方法在升级——产业&资本深度融合，实业也要有天使轮的产业思路

跟新能源车、手机、光伏等产业相比，人形产业和资本协同的深度远远更高，利用好资本市场的资源和工具非常重要。

A 股现阶段为啥董秘做机器人公司副总经理的多？——嫁接资本市场资源，赋能产能。

不要看订单可见度，要看长期客户值不值得陪伴，卷的更早！

图表46：人形产业更需要嫁接资本市场资源，赋能产能



来源：阿基米德半导体，金证研，BusinessMirror，The Robot Report，国金证券研究所

风险提示

技术迭代不及预期的风险：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。

机器人应用场景落地不及预期的风险：人形机器人发展过程中不仅面临智能能力提升与硬件降本的阻碍，同时依赖于下游场景需求。目前机器人产品主要面向工业、科研、娱乐等场景，如果后续不能顺利打通更多应用场景，或面临供过于求的情况，将对机器人行业发展产生不利影响。

行业竞争加剧的风险：行业前景向好的背景下，国内涌现大量人形机器人初创公司，各细分赛道参与者也将持续增加导致参与者处于的竞争格局恶化。如果部分企业无法持续推进技术迭代与商业进程，并推出差异化产品，或会在激烈的行业竞争中处于劣势。

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。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、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》，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。