

人形机器人从概念到量产， 核心零部件机遇梳理

证券分析师：商俭 执业证书编号：S0630525060002，联系方式：shangjian@longone.com.cn

2025年7月16日

投资建议

- **政策叠加资金推动人形机器人加速落地。**2025年政府工作报告中，具身智能首次被写入，被列为未来产业培育的重点方向，成为我国制造业升级的重要抓手。国内外巨头纷纷投资入局，为人形机器人领域注入了大量资金与资源，资金与政策推动加速行业的技术进步与成熟，人形机器人产业迎来了重要的转折点和变革机遇。
- **人形机器人量产启动市场空间倍增。**在工厂仓储和家庭服务两种场景中，使用成本均显著低于人工费用，且提供更高稳定性，经济效益显现。目前，国内外人形机器人产品正呈多点开花态势，多个主要企业陆续披露量产规划。特斯拉制造工厂开始招聘机器人制造相关职位，Optimus量产计划2026年5万台，2029年50-100万台。Figure AI首条BotQ自动化生产线已正式投产，目前年化产能达1.2万台。国内智元、宇树等也已进入小批量生产阶段。综合多方发展态势，预计到2029年全球人形机器人产能数量最少达100万台，市场规模将达1500亿元，市场前景巨大。
- **重视核心零部件发展机遇。**人形机器人作为高度复杂的智能装备，核心机械零部件直接决定了人形机器人的运动精度、负载能力、灵活性以及整体的可靠性，对性能与功能实现起着至关重要的作用。例如关节模组、减速器、灵巧手、传感器等核心零部件占据大部分硬件成本。在人形机器人市场规模倍增的背景下，相关核心机械零部件的市场需求预计将迎来显著增长。
- **建议关注：**国内已获重点人形机器人客户定点和合作的机械零部件企业。关注配备高端加工设备，有长期工艺技术积累，相关技术储备，提前部署量产计划，注重研发创新的上市公司。**谐波减速器：**绿的谐波、国茂股份、瑞迪智驱、中大力德、斯菱股份、科达利。**行星滚柱丝杠：**恒立液压、五洲新春、贝斯特、北特科技、双林股份。**无框力矩电机：**步科股份、雷赛智能、昊志机电、卧龙电驱。**灵巧手：**江苏雷利、兆威机电、雷赛智能。**六维力矩传感器：**柯力传感、凌云股份、华培动力。
- **风险提示：**人形机器人量产进程不及预期；应用落地不及预期风险；国产替代进度不及预期；行业竞争风险。



CONTENTS

一、人形机器人行业兴起

二、谐波减速器：国产量产提速

三、行星滚柱丝杆：国产突破量产

四、无框力矩电机：国产性能超越

五、灵巧手：技术迭代升级

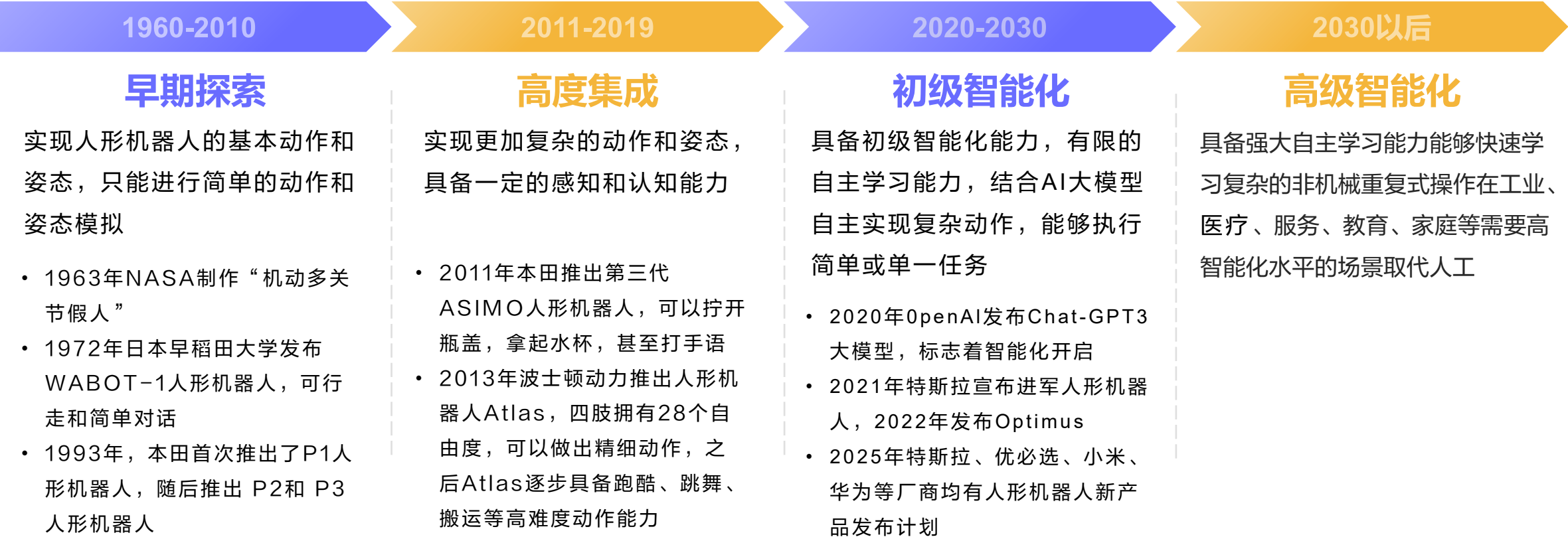
六、六维力矩传感器：成本不断压降

七、风险提示

人形机器人产业化落地持续加速

- 人形机器人正进入产业化落地阶段。自2020年起，生成式AI大模型迈入了飞速发展的快车道，这一进程促使人形机器人的交互性和学习能力获得了质的飞跃，特斯拉、优必选、宇树科技、智元等人形机器人产品多点开花。人形机器人当下正借助AI大模型的赋能，可学习复现复杂动作，执行简单或单一任务在运输、检测、安防等领域逐步应用，产业化的进程加速推进。

图：人形机器人产业处于智能化初级阶段



资料来源：高工机器人产业研究所（GGII），亿欧，东海证券研究所整理

国内外巨头纷纷入局推进人形机器人落地提速

- 国内外巨头的技术竞争与生态构建将加速商业化进程，人形机器人产业已进入“黄金窗口期”。国内外巨头的纷纷入局，不仅为人形机器人领域注入了大量资金与资源，加速了行业的技术进步与成熟，还推动了产业链的标准化和批量化发展，促进了全球产业链的联动，使得人形机器人产业迎来了重要的转折点和变革机遇。

表：国内外巨头入局推动人形机器人产业发展

国内	国外
 HUAWEI 投资：千寻智能、拓斯达 合作：优必选、乐聚机器人、拓斯达、中坚科技 研发：成立极目机器、成立具身智能产业创新中心	 研发：2022年发布人形机器人Optimus
 腾讯 投资：乐聚机器人、优必选、智元机器人、云鲸智能 合作：越疆科技 研发：成立 Robotics X 实验室	 投资：Skild AI、Figure AI、Serve Robotics 合作：1xTechnologies、AgilityRobotics、波士顿动力、宇树科技、银河通用、星动纪元、智元、小鹏
 Alibaba 投资：星动纪元、逐际动力 研发：与星动纪元探索AI 技术、华中数控	 研发：ARMOR人形机器人感知系统
 投资：阿米奥机器人、北京人形机器人创新中心 研发：2022年推出CyberOne	 合作：Agility Robotics 研发：组建Agentic AI团队
 投资：宇树科技、银河通用 研发：深圳市美团机器人研究院	 投资：Apptronik
 投资：智元机器人、帕西尼感知科技 合作：优必选、智元机器人 研发：启动具身智能研究团队	 投资：Figure AI、1X 合作：Figure AI
 投资：智元机器人、星海图 合作：智元机器人、北京人形机器人创新中心、优必选 研发：具身智能大模型“RoboBrain”	 投资：Rainbow Robotics 研发：成立“未来机器人办公室”

资料来源：各公司官网及新闻，东海证券研究所整理

国家政策明确人形机器人发展方向

- **政策明确人形机器人发展方向。**2025年政府工作报告中，具身智能首次被写入，被列为未来产业培育的重点方向，成为我国制造业升级的重要抓手，为科技制造领域竞争新高地。2023年11月工信部发布《人形机器人创新发展指导意见》，目标提出2025年实现批量生产和创新体制的建立，2027年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，指明未来人形机器人产业的发展方向。同时，各地陆续出台产业集群发展政策，产业链上的相关公司发展持续催化。

表：《人形机器人创新发展指导意见》发展目标及地方行动计划

《人形机器人创新发展指导意见》发展目标		地方行动计划	
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	北京	《北京具身智能科技创新与产业培育行动计划（2025-2027年）》
	整机产品达到国际先进水平，并实现批量生产，在特种、制造、民生服务等场景得到示范应用，探索形成有效的治理机制和手段	上海	《上海市促进智能机器人产业高质量 创新发展行动方案（2023-2025年）》
	培育2-3家有全球影响力的生态型企业和一批专精特新中小企业，打造2-3个产业发展集聚区，开拓一批新业务、新模式、新业态	深圳	《深圳市具身智能机器人技术创新与产业发展行动计划（2025-2027年）》
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，综合实力达世界先进水平	浙江	《浙江省人形机器人产业创新发展实施方案（2024—2027年）》
		江苏	《江苏省机器人产业创新发展行动方案》
	产业加速实现规模化发展，应用场景更加丰富，相关产品深度融入实体经济，成为重要的经济增长新引擎	安徽	《安徽省人形机器人产业发展行动计划（2024-2027年）》
		山东	《山东省促进人形机器人产业创新发展实施方案（2024—2027年）》

资料来源：工业和信息化部，各省市政府官网，东海证券研究所整理

人形机器人落地应用场景持续扩散

- 在工业制造领域，人形机器人深度融入自动化生产线，承担复杂装配、物料搬运等精准作业，持续深化应用；在商业服务范畴，凭借其灵活交互特性，加速落地商超导购、酒店服务、餐饮配送等场景；在家庭生活维度，逐步探索陪伴老人、照护儿童、家居清洁等多样化服务功能。政策助力、资金注入和技术迭代全方位推动人形机器人大规模商业化应用与持续创新发展注入澎湃动力，加速人形机器人融入千行百业的进程。

图：人形机器人应用场景持续扩散



资料来源：机器人大讲堂，亿欧，公开资料整理，东海证券研究所整理

人形机器人使用成本极具性价比

- 人形机器人替代人成本优势明显。人形机器人在工厂中，可以高强度、长时间、不间断稳定的劳动。在家庭中机器人能够提供全天候服务，且无需考虑人工疲劳或情绪问题，适合需要稳定服务的家庭环境。人形机器人在工厂仓储和家庭服务两种场景中的使用成本均显著低于人工费用，且能够提供更高的效率和稳定性，展现了极高的性价比，是替代人工的理想选择。

表：人形机器人使用成本测算

	工厂仓储场景	家庭服务场景
人形机器人价格（万元）	20万元	40万元
维护费用（万元/年）	2万元/年	1万元/年
使用年限（年）	3年	5年
每天工作时长（小时/天）	24小时/天	12小时/天
人形机器人使用成本（元/小时）	10元/小时	20.5元/小时
人工费用（元/小时）	30元/小时	45元/小时

资料来源：公开资料整理，东海证券研究所整理

2025年或为人形机器人量产元年，未来市场潜力巨大

- 多家人形机器人公司开始量产，未来全球市场千亿级别以上。根据马斯克披露，特斯拉制造工厂开始招聘机器人制造相关职位，Optimus人形机器人计划于2025年量产5千台，2026年扩产至5万台，在2029年或2030年实现年产百万台机器人具有现实可行性。另外，Figure AI首条BotQ自动化生产线已正式投产，目前年化产能达1.2万台。Figure AI在4年内将把年产能升至10万台。国内智元、宇树等也已进入小批量生产阶段。综合多方发展态势，预计到2029年，全球人形机器人市场规模将达1500亿元，一个充满巨大潜力的市场前景正徐徐展开。

图：特斯拉招聘人形机器人制造工程师

Title	Category	Location
Manufacturing Engineering Technician, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Manufacturing Quality Technician, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Manufacturing Process Technician, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Production Manager, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Process Supervisor, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Associate Production Manager, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Manufacturing Controls Development Engineer, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Production Supervisor, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Process Associate Manager, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Process Engineer, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California
Manufacturing Equipment Engineer, Tesla Bot	Manufacturing	Fremont, California

表：多家企业公布人形机器人量产计划

	特斯拉	智元	Figure AI
2025E	5000台	数千台	1.2万台
2026E	5万台	-	-
2027E	-	-	-
2028E	-	-	-
2029E	50-100万台	-	10万台

表：人形机器人市场空间预测

年份	人形机器人		
	数量	单价	市场空间
2025年	3万台	30万元	90亿元
2026年	15万台	25万元	375亿元
2027年	30万台	20万元	600亿元
2028年	50万台	17.5万元	875亿元
2029年	100万台	15万元	1500亿元

资料来源：TDG，中国新闻网，Figure AI 官网，华尔街见闻，东海证券研究所整理

人形机器人产业迅速崛起，产业链上下游广泛受益

- 产业链上下游迎来发展机遇。上游的零部件供应商，如高精度减速器、高性能电机、先进控制器以及各类传感器制造商，因人形机器人对零部件精度、可靠性和智能化水平的严苛要求，获得增量订单，推动技术升级与产能扩张。下游应用借助人形机器人高效、灵活、稳定的特点，在工业生产、物流配送、医疗康复、商业服务等多领域拓展业务，创新服务模式，降本增效。

图：人形机器人产业链上下游

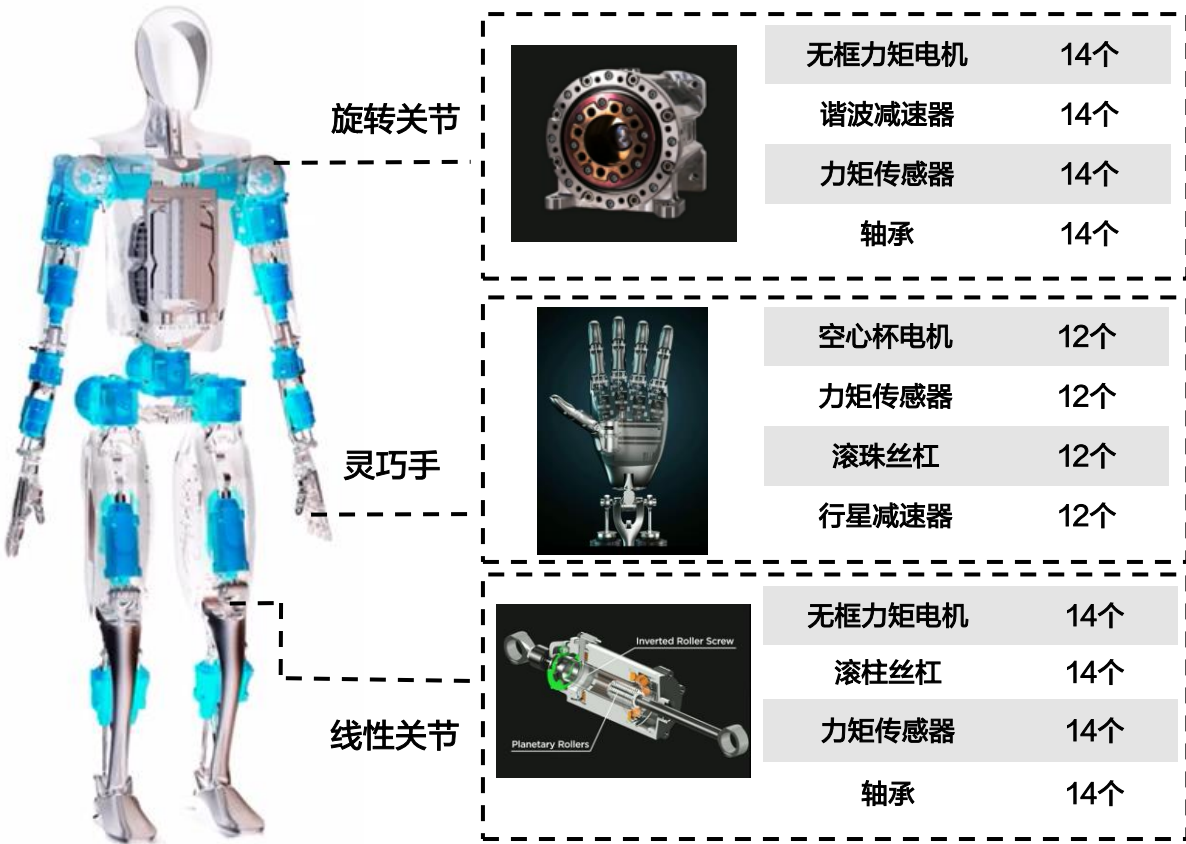


资料来源：各公司官网及新闻，亿欧，东海证券研究所整理

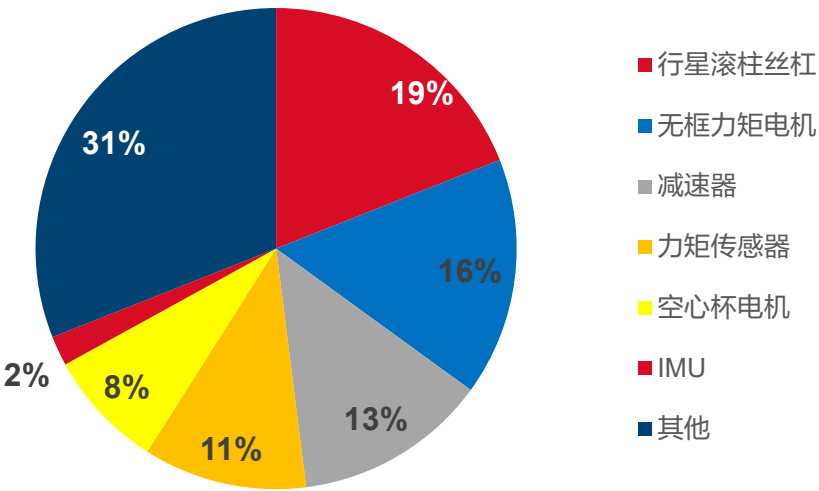
人形机器人产业兴起，重视核心零部件发展机遇

- 人形机器人作为高度复杂的智能装备，核心机械零部件对其性能与功能的实现起着至关重要的作用。例如关节模组、减速器、灵巧手、传感器等零部件，它们直接决定了人形机器人的运动精度、负载能力、灵活性以及整体的可靠性。任何一个关键部件的性能不足都可能影响到人形机器人的整体表现。在全球人形机器人产业快速发展的当下，相关核心机械零部件的市场需求预计将迎来显著增长。

图：特斯拉Optimus机械部件拆解



图：人形机器人各核心零部件价值量占比情况



资料来源：前瞻产业研究院，Tesla AI Day，《2024人形机器人核心硬件市场发展白皮书》觅途咨询，东海证券研究所整理

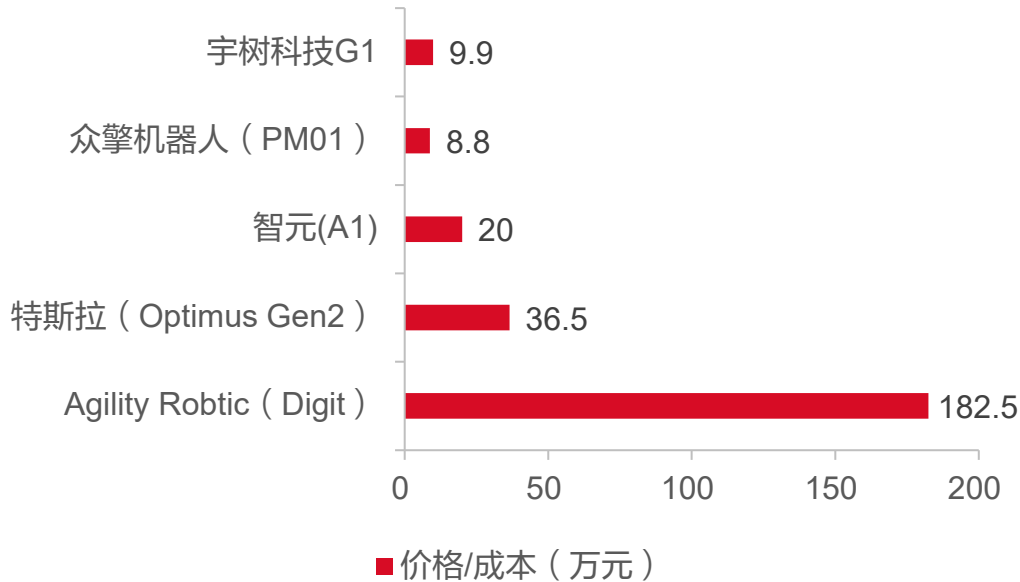
成本优势：国产人形机器人核心零部件极具性价比

- 国产人形机器人核心零部件正展现出显著的极具竞争力的成本优势。经过多年的技术沉淀与产业深耕，我国在关键零部件的研发制造上取得了长足进步，从高精度的减速器到高效能的电机，再到智能灵敏的传感器，均实现了不同程度的自主化生产。主要核心部件与国外相比有60%-70%的成本优势。一方面，国内庞大的制造业基础和完善的产业链，使得零部件生产能够以规模化作业降低单位成本；另一方面，对技术研发的持续投入和创新工艺的应用，减少了不必要的损耗和浪费。这种成本优势为国产人形机器人在国内外市场大规模推广提供了支撑。

表：国产人形机器人核心零部件成本极具性价比

零部件	国产		国际	
	单价	主要厂商	单价	主要厂商
谐波减速器	1318元	绿的谐波	2367元	哈默纳科
行星滚柱丝杠	1500元	南京工艺	2000-3000元	GSA
无框力矩电机	3500元	精自达	7800元	科尔摩根
六维力传感器	2.7万元	坤维科技	4-10万元	ATI

图：国内与国外人形机器人价格对比显优势



资料来源：公开资料整理，东海证券研究所整理

国产高精密机床设备不断突破，奠定国内人形机器人零部件量产基础

- 人形机器人的机械零部件发展高度依赖高精密机床设备，其核心零部件的精密加工要求微米级精度、复杂曲面处理、材料特殊性等。目前，国产高精度机床产业通过技术攻关、产业链协同和政策赋能，已逐步实现国产替代。CIMT2025机床展中，国产的五轴数控机床、车铣复合机床、磨床等均有突破，为国产人形机器人的量产奠定坚实基础。

表：国内高精密机床设备持续突破为人形机器人国内量产奠定基础

机床类别	核心指标突破	国内厂商	应用情况
五轴联动数控机床	五轴机床加工精度突破 $\pm 0.002\text{mm}$	北京精雕	满足人形机器人关节部件、减速器齿轮等超精密加工需求
	“华中10型”系统集成AI大模型，实现加工参数自优化，复杂零件编程时间从30分钟缩短至3分钟，轮廓精度提升75%	华中数控	为人形机器人复杂结构件提供高效解决方案华中数控
	直驱AC摆头、直线电机等关键部件，寿命较进口产品提升30%，成本降低50%	格力	核心部件国产化
六轴联动磨齿机	实现0.5微米级加工精度	广州数控	可提升其齿轮加工效率和一致性
精密内/外螺纹磨床	加工精度满足P0级行星滚柱丝杠需求	华辰装备	与福立旺签署100台订单，用于机器人关节制造
车铣复合机床	定位精度 $\pm 0.003\text{mm}$ ，重复定位精度 $\pm 0.001\text{mm}$ ，曲面粗糙度稳定在 $\text{Ra}0.4\mu\text{m}$ 以内，价格仅为进口设备60%	山东大汉智能	已应用于航空发动机叶片、卫星支架等复杂曲面加工

资料来源：公开资料整理，CIMT机床展信息，东海证券研究所整理



CONTENTS

一、人形机器人行业兴起

二、谐波减速器：国产量产提速

三、行星滚柱丝杆：国产突破量产

四、无框力矩电机：国产性能超越

五、灵巧手：技术迭代升级

六、六维力矩传感器：成本不断压降

七、风险提示

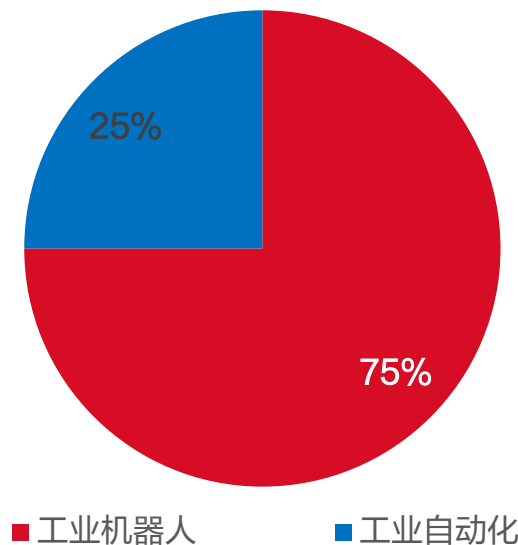
谐波减速器目前的最大应用领域为工业机器人

- 谐波齿轮减速器是一种靠波发生器使柔轮产生可控的弹性变形波，与刚轮的相互作用，实现运动和动力传递的传动装置。由于谐波减速器体积小、重量轻、传动比大的特点，使其能够在精密传动领域广泛适用，广泛涉及工业机器人、服务机器人、数控机床、光伏设备、医疗器械等多个领域，应用行业有不断拓宽趋势。
- 工业机器人为谐波减速器最大下游。从我国谐波减速器下游应用领域来看，当前工业机器人为第一大应用领域，2023年占比高达75%。其他领域，机床、半导体、医疗器械等占比合计为25%。2024年国内工业机器人谐波减速器消费量达到79.55万台。

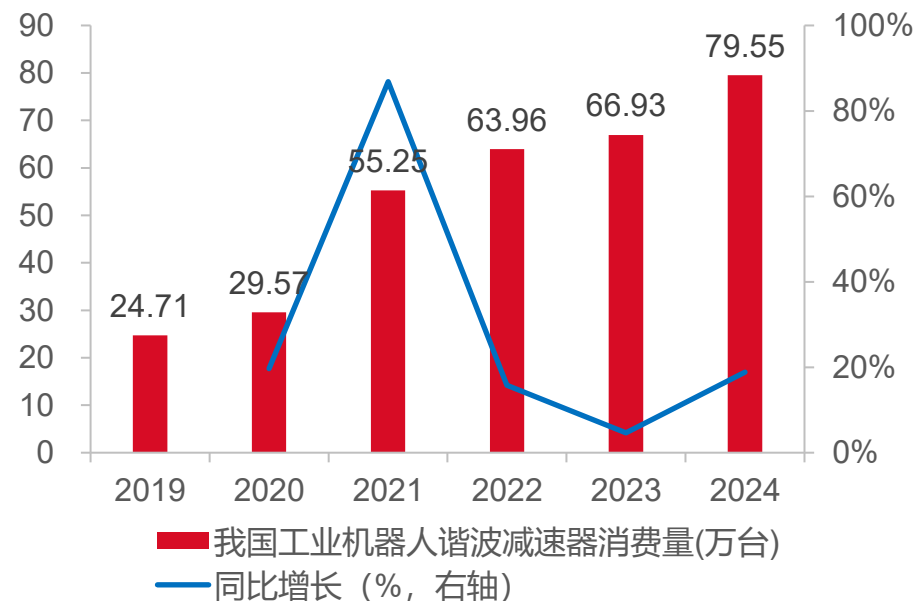
图：谐波减速器结构示意图



图：2023年国内谐波减速器下游应用结构



图：国内工业机器人谐波减速器消费量



资料来源：绿的谐波招股说明书，《2024人形机器人核心硬件市场发展白皮书》觅途咨询，GGII，东海证券研究所整理

国内外人形机器人多点开花，谐波减速器市场需求大增

- 国内外人形机器人产品正呈多点开花态势，从主要厂家的旋转关节减速器方案来看，谐波减速器、行星减速器为主流方案。谐波减速器则主要应用于其肩、肘、腕等关节，精密行星减速器主要应用于人形机器人的手、膝、踝关节等部位。
- 谐波减速器全球市场需求激增。根据特斯拉和其他公司量产规划，我们预计2026-2029年全球产量达15万台、30万台、50万台、100万台。如果平均每台装14台，**2029年人形机器人谐波减速器需求将达1400万台，全球市场增量将达84亿元。**

表：主要人形机器人企业产品关节方案对比

	特斯拉 Optimus	Figure AI	宇树科技 Unitree G1	智元 远征A2
图示				
谐波减速器	14台	全身		上肢关节
行星减速器			全身	下肢关节

表：谐波减速器市场空间预测

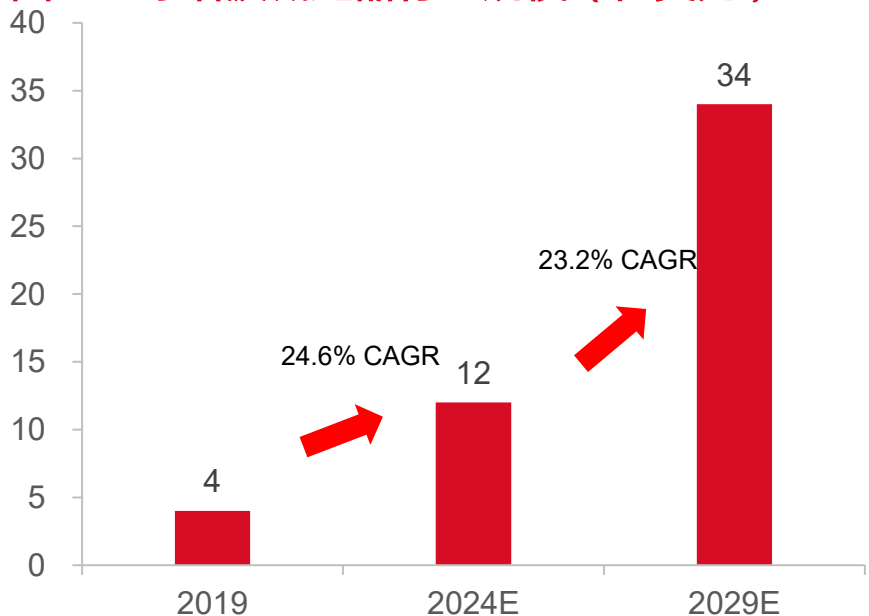
类别		2025年	2026年	2027年	2028年	2029年
人形 机器人	数量	3万台	15万台	30万台	50万台	100万台
	每台装备	14台	14台	14台	14台	14台
谐波 减速机	需求	42万台	210万台	420万台	700万台	1400万台
	单价	1000元	750元	700元	650元	600元
	市场空间	4.2亿元	15.7亿元	29.4亿元	45.5亿元	84亿元

资料来源：各公司官网，Telsa AI Day，Leaderobot，AI-Magic，科技猎，绿的谐波招股说明书，东海证券研究所整理

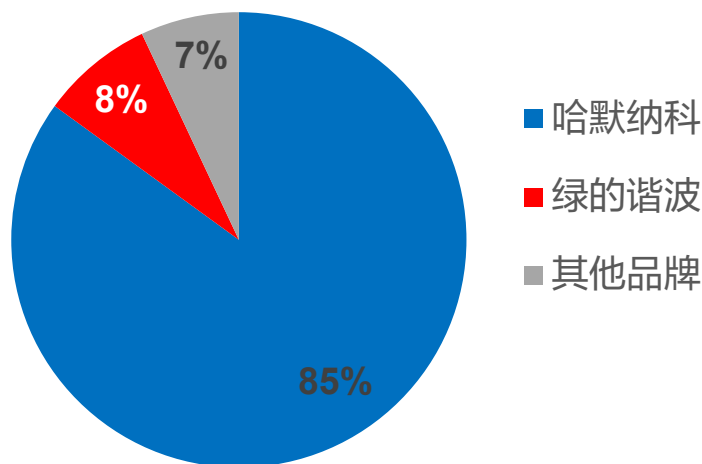
谐波减速器全球市场规模增长迅速，哈默纳科占全球市场较大份额

- 全球谐波减速器市场规模快速增长。根据HDIN Research数据，2024年的谐波减速器市场规模达12亿美元，约人民币86亿元。同时，预测表明受益下游人形机器人需求爆发，谐波减速器市场将继续保持上升趋势预计到2029年将达到34亿美元。
- 哈默纳科占全球市场大部分份额，国内企业正在崛起。2023年哈默纳科占据全球市场约85%的份额，具有行业领头地位。另外，绿的谐波占据全球8%市场份额。虽然全球市场海外龙头主导地位仍将持续，但国内企业逐渐展现强劲的竞争力和进口替代趋势。从国内市场来看，哈默纳科2023年占有率40%，相比全球份额较小。绿的谐波占有率已达18%，占有率正持续扩大。

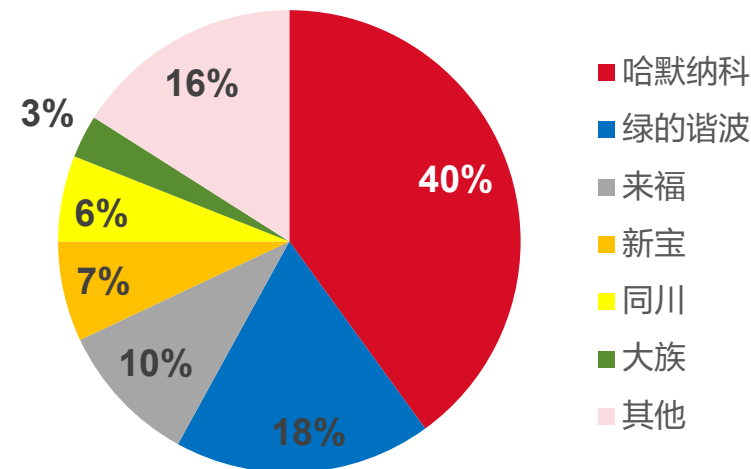
图：全球谐波减速器行业规模（亿美元）



图：2023年全球谐波减速器市场格局



图：2023年国内谐波减速器市场格局



资料来源：HDIN Research, 《2024人形机器人核心硬件市场发展白皮书》觅途咨询, 东海证券研究所整理

海外谐波减速器龙头哈默纳科扩产幅度较小

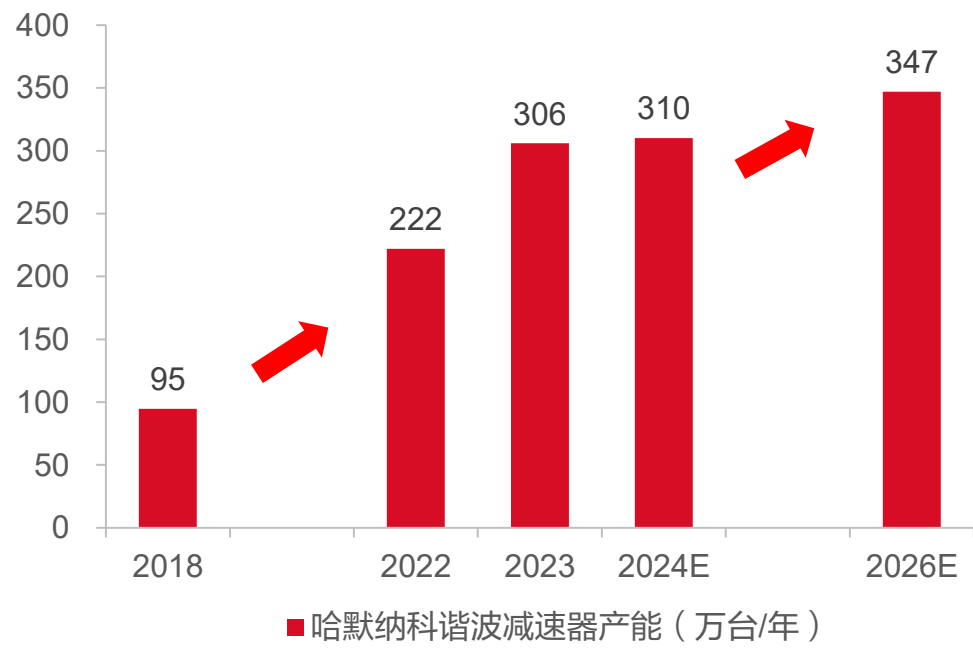
- 哈默纳科谐波减速器扩产幅度较小，不能覆盖人形机器人量产需求。根据哈默纳科财报，截止2024年3月，哈默纳科谐波减速器产能为**306万台/年**。公司为应对下游人形机器人和工业机器人需求规划扩产，预计2026年哈默纳科产能将达**347万台/年**，整体扩产偏谨慎幅度较小，未能覆盖全球人形机器人量产增长需求。

表：哈默纳科谐波减速器产能及未来规划（万台/月）

地区	工厂名称	2018.3	2022.3	2022.9	2023.3	产能规划	达产日期
美国	Beverly Plant	0.3	0.8	0.8	0.8	增加产能13%	2024.12
德国	Limburg Plant	1	2.7	2.7	2.7	增加产能9%	2024.12
日本	Ariake Plant	0	0	4	4	增加产能14%	2026.3
	Hotoka Plant	5.6	9	9	9		

资料来源：哈默纳科官网公告（2024.3），东海证券研究所

图：哈默纳科谐波减速器产能（万台/年）



注：缺失年份未有公开数据披露

建议关注：国内谐波减速器企业积极扩产，未来或取得更大市场份额

- 国内谐波减速器厂商积极应对谐波减速器市场需求增长。绿的谐波、丰立智能、瑞迪智驱、丰光精密和科达利等公司通过研发投入、技术创新、先进的加工设备、工艺优化、产品升级和明确扩产计划，展现强劲的市场竞争力和进口替代趋势。随着人形机器人量产加速，国内厂商有望凭借快速扩产优势，在全球市场中占据更大的份额。

表：国内公司披露的谐波产能及未来规划

公司名称	当前产能	投产规划项目	达产时间	未来总产能
绿的谐波	50万台	精密传动装置智能制造项目100万台	2027年	159万台
来福谐波	20万台	-	-	50万台
科达利	-	投资设立深圳市科盟创新机器人科技有限公司	-	30万台
丰光精密	小批量	年产30万套谐波减速器生产项目	2027年	30万台
丰立智能	3.5万台	规划四条产线共14万套	-	14万台
同川科技	10万台	-	-	10+万台
国茂股份	3万台	-	-	3万台
瑞迪智驱	2+万台	谐波减速机建设项目	2026年	2+万台
斯菱股份	-	机器人零部件智能化技术改造项目	2026年	-

资料来源：各公司公告，同花顺，嵊州发布公众号, 电子工程世界，科盟公众号，每经网，东海证券研究所整理（“-”代表未在公开渠道披露）



CONTENTS

一、人形机器人行业兴起

二、谐波减速器：国产量产提速

三、行星滚柱丝杆：国产突破量产

四、无框力矩电机：国产性能超越

五、灵巧手：技术迭代升级

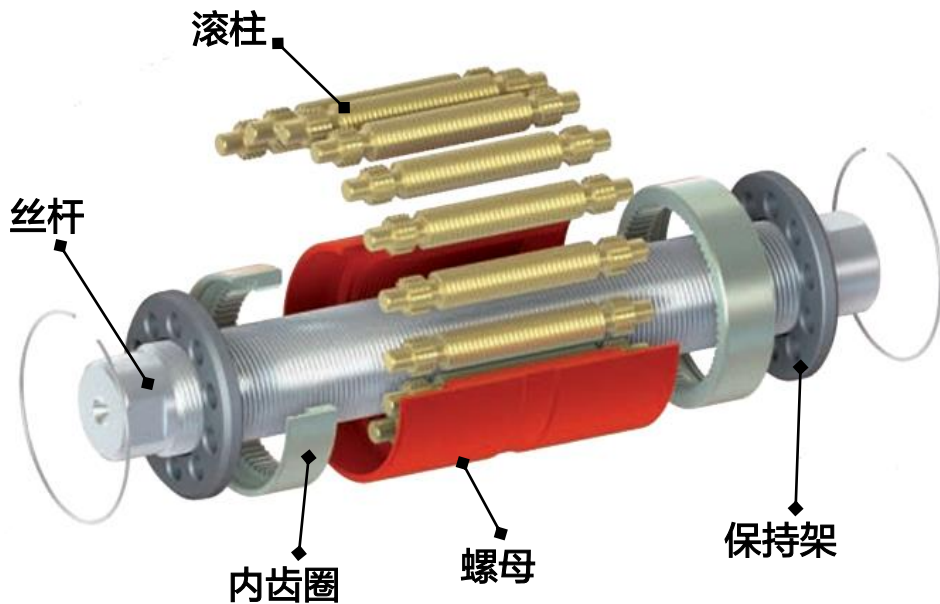
六、六维力矩传感器：成本不断压降

七、风险提示

行星滚柱丝杠应用持续拓展，目前全球市场空间仍较小

- 行星滚柱丝杠因其体积小、精度高、输出大，以及耐用稳定的性能等特点正被越来越广泛的应用在工业领域。在汽车工业、工程机械、机床设备、机器人、医疗器械、石油天然气等行业，行星滚柱丝杠技术正逐步替代现有技术体系成为主流技术方向。根据DATAINTELO的数据，2022年全球行星滚柱丝杠市场规模为12.7亿美元，全球市场规模仍较小。

图：标准行星滚柱丝杠结构组成



图：行星滚柱丝杠应用领域拓展广泛

工程机械行业

行星滚柱丝杠-直线型电驱动关节:用于人形服务机器人手臂、腿部线性运动,采用行星滚柱丝杠+力传感器,响应速度快、导程小、高精度、高负载、寿命长等特点。

人形机器人、无人机行业

行星滚柱丝杠-直线型电驱动关节:用于人形服务机器人手臂、腿部线性运动,采用行星滚柱丝杠+力传感器,响应速度快、导程小、高精度、高负载、寿命长等特点。

机床设备行业

替代滚珠丝杠:导程小、高精度、高负载、寿命长等特点

医疗器械、光学仪器行业

替代滚珠丝杠:导程小、高精度、稳定性好、寿命长等特点

汽车及新能源、智能汽车行业

具有稳定的运动特性,能够在高负载、高速度和高循环次数下,保持良好的运动精度和稳定性。

静液式离合器执行机构:替代液压驱动,响应速度快,更容易实现电控化。

机械电子(EMB)制动系统:取消了液压系统,响应速度快。通过电机来驱动行星滚柱丝杠直线运动,作用于刹车片进行制动。

智能驾驶底盘:前后轮转向直线驱动执行机构、线控悬架系统-替代滚珠丝杠,高精度、高负载、寿命长,更容易实现电控化。

石油天然气行业

行星滚柱丝杠电动缸:用于石油输送增压泵,承载力大,寿命长等特点。

行星滚柱丝杠电动缸:可以替代部分磕头机,更清洁环保。

行星滚柱丝杠量产三大壁垒：原材料、工艺流程与加工设备

- 丝杠对原材料的要求十分严苛。丝杠在反复运动过程中会受到连续振动、冲击和摩擦，因此对于材料的强度、刚性、耐磨性、耐腐蚀性、抗疲劳性、承载力等一定要求，普通的金属材料无法满足需求，通常需要特种金属材料来进行制备。
- 高精度丝杠加工工艺复杂周期长。磨削丝杠产品一致性较高，有统一的标准，经过多道工序包括热处理、车削和磨削等多道工序，生产周期较长在30天以上，适合用于高精度设备的定位部件。
- 行星滚柱丝杠所需多种高端加工设备。行星滚柱丝杠工艺过程中所需高精度螺纹磨床、车削中心、精密磨床、旋风铣床、数控机床、热处理设备、尖端检测仪器等多样高端复杂设备。高精度磨床、检测设备以德国、日本品牌为主。

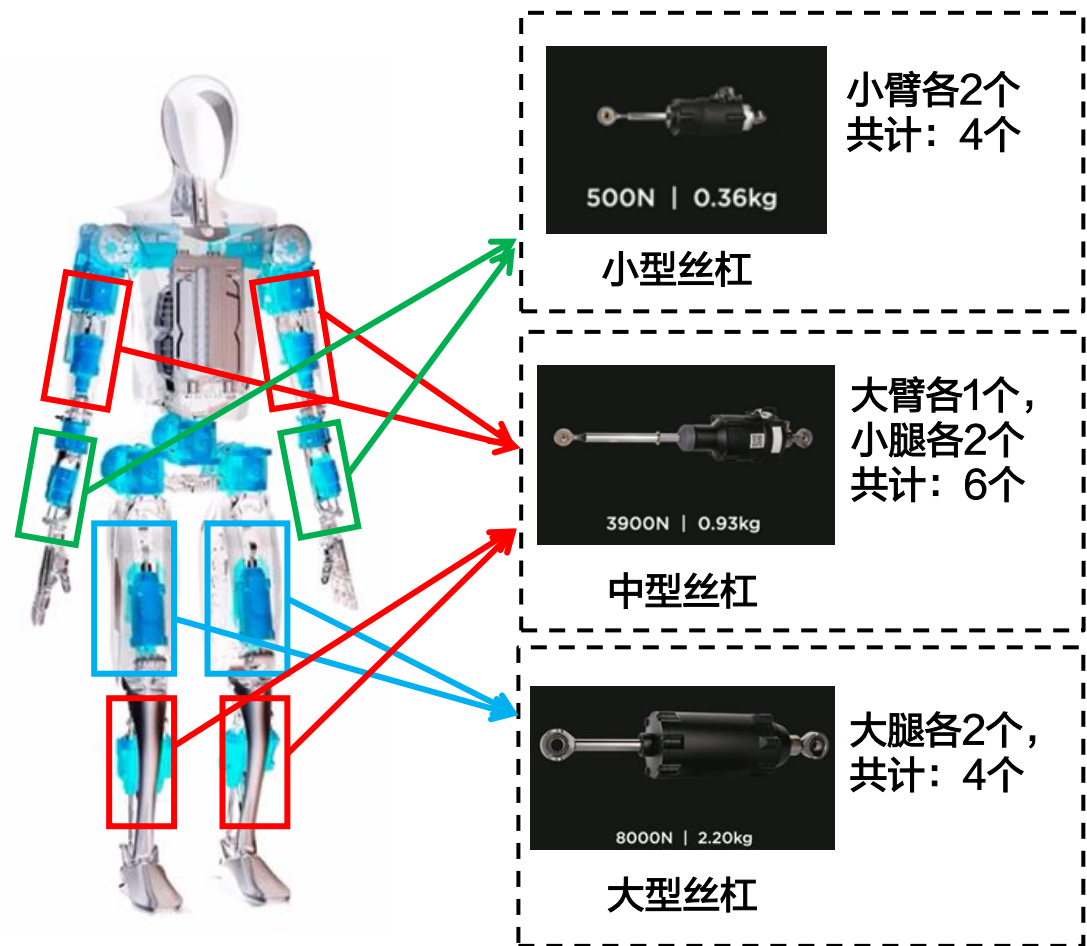
表：丝杠机械加工工艺过程所需高端加工设备

	粗加工阶段	螺纹粗加工	半精加工	螺纹精加工
设备	数控车床	旋风铣床	精密磨床、车削中心	高精度螺纹磨床
作用	以去除余量为主，精度要求较低	初步形成螺纹轮廓，效率高但精度有限	精车丝杠轴基准面，保证后续加工的同轴度	通过多道研磨工序（粗磨→半精磨→精磨）完成螺纹的最终成型
图示				

资料来源：华辰装备公告，科德数控公告，机床网，常州朗爵官网，东海证券研究所整理

受益人形机器人产业兴起，滚柱丝杠市场空间抬升

图：特斯拉Optimus关节使用行星滚柱丝杠



- 行星滚柱丝杠可使其关节在承受较大负载时仍能保持稳定运动。Optimus机器人的机械部件方案中，线性关节14个，其由14台行星滚柱丝杠组成。根据人形机器人主要厂商量产进程推测，预计2029年全球行星滚柱丝杠市场增量空间将达112亿元，行星滚柱丝杠市场空间弹性巨大。

表：2025-2029年人形机器人行星滚柱丝杠市场增量

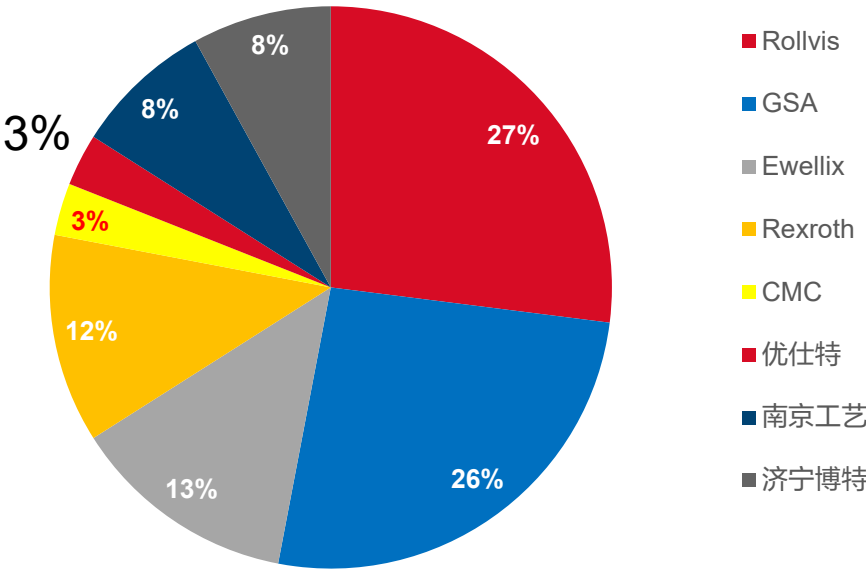
类别		2025年	2026年	2027年	2028年	2029年
人形机器人	数量	3万台	15万台	30万台	50万台	100万台
	每台装备	14个	14个	14个	14个	14个
行星滚柱丝杠	单价	2000元	1500元	1200元	1000元	800元
	市场空间	8.4亿元	31亿元	50亿元	70亿元	112亿元

资料来源：前瞻产业研究院，华经产业研究院，Tesla bot，传动网，东海证券研究所测算

行星滚柱丝杠市场主要以欧洲公司为主导

- 欧洲厂商主导市场，国产替代预期显现。2022年我国滚柱丝杠市场份额排名前四的欧洲厂家分别是Rollvis（瑞士）、GSA（瑞士）、Ewellix（瑞典）、Rexroth（德国），市占率分别为27%、26%、13%、12%，共计占比78%；国内南京工艺市占率为8%。行星滚柱丝杠国产化程度较低、制造量产难度大，主要高端厂商集中在欧洲。未来人形机器人量产带动丝杠需求提升，欧美厂商扩产速度不及国内，国产化将迎来重大机遇。

图：2022年滚柱丝杠企业在中国的市场份额



资料来源：观研报告网，东海证券研究所

表：海外丝杠公司主要竞争情况（2021年）

公司	介绍	应用领用	中国营收	制造工艺	尺寸
Rollvis 瑞威士	公司成立于 1970 年，总部位于瑞士日内瓦，是专业设计和生产滚柱丝杠的厂家，产品推广商标为“Rollvis Swiss”	军工和工业	3000万元左右	研磨	齐全
GSA	公司成立于1982年，总部位于瑞士伯尔尼，是专业设计和生产滚柱丝杠的厂家，产品推广商标为“GSA Swiss”	军工和工业	3000 万元左右	研磨	齐全
Rexroth 力士乐	公司和品牌隶属于博世力士乐集团，是一家主要生产液压系统、减速机、电控技术以及机电一体化产品的大型工业品公司	工业	1000 万元左右	轧制	较齐全

资料来源：《E公司滚柱丝杠产品营销策略研究》王有雪，东海证券研究所

建议关注：国产行星滚柱丝杠厂商加速突破

表：国产人形机器人零部件行星滚柱丝杠公司研发进程

公司	丝杠产品研发进程	未来产能
双林股份	已经成功开发出人形机器人用上肢和下肢直线运动关节模组中反向式行星滚柱丝杠产品，并已经于2024年底建立了年产12000套行星滚柱丝杠产品的试制产线。公司拟募集15亿元，投入滚柱丝杠及关节模组产业化项目和磨床项目，达产后可实现年产100万套反向式行星滚柱丝杠和50万套线性关节模组产品	100万套反向式行星滚柱丝杠、50万套线性关节模组
五洲新春	公司发展以高端行星滚柱丝杠产品为切入点的各类丝杠产品，为直线执行器、旋转执行器和灵巧手提供部件或者成套产品。目前，公司暂作为二级供应商主要给杭州公司提供丝杠产品。同时，公布向不特定对象发行可转换公司债券预案，计划募资不超过10.55亿元用于机器人关键零部件及系统技术改造项目	98万套行星滚柱丝杠、210万套微型滚珠丝杠
新剑传动（未上市）	在青山湖分两期建设总投入26亿元，其中一期投入10亿元，形成年产100万台人形机器人行星滚柱丝杠智能物联制造产线，建设工程技术应用AI自学习串联数据达到产品质量可靠性	100万台人形机器人行星滚柱丝杠
恒立液压	公司使用募集资金14亿元，投资线性驱动器项目，在2年的筹备期内完成了包括精密滚珠丝杠、行星滚柱丝杠、直线导轨等数十款产品的研发。2024年9月产线设备具备完整加工能力，与国内客户开展广泛对接送样，目前该项目已进入批量生产阶段	-
北特科技	投资18.5亿元建设行星滚柱丝杠研发生产基地项目，可将公司布局的机器人相关技术和产品落地并实现商业化、规模化生产，为公司未来发展奠定坚实基础	-
贝斯特	全资子公司宇华精机生产的高精度滚动丝杠副和直线导轨副产品已经应用于国内知名机床厂商的部分型号机床上，得到了市场的高度认可；同时，自主研发了人形机器人的线性执行器核心部行星滚柱丝杠副，亮相第19届中国国际机床展	-

资料来源：各公司公告，各公司投资者关系管理信息，中国机器人网，东海证券研究所整理（“-”代表未在公开渠道披露）



CONTENTS

一、人形机器人行业兴起

二、谐波减速器：国产量产提速

三、行星滚柱丝杆：国产突破量产

四、无框力矩电机：国产性能超越

五、灵巧手：技术迭代升级

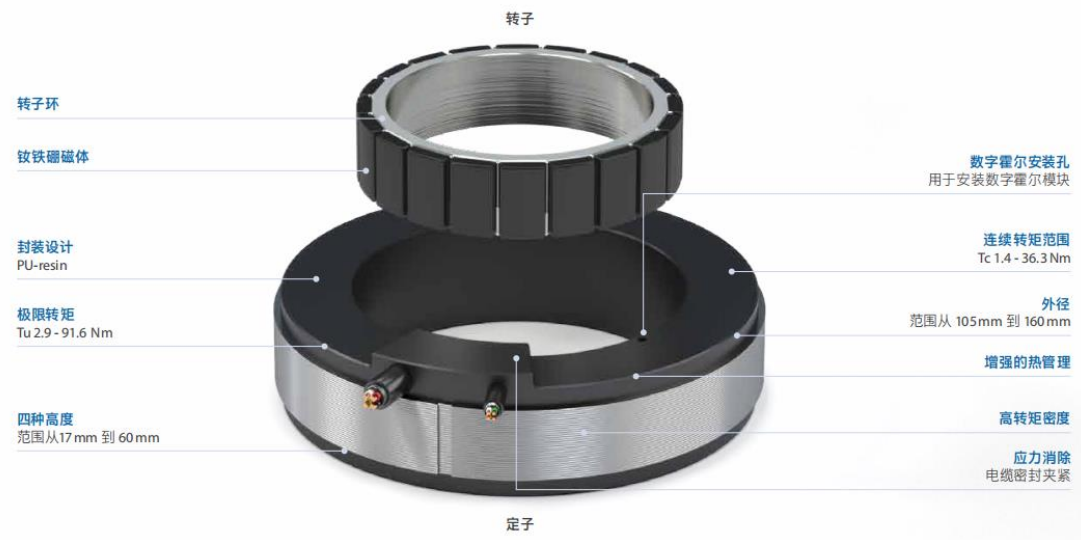
六、六维力矩传感器：成本不断压降

七、风险提示

无框力矩电机可实现系统集成度的跃升

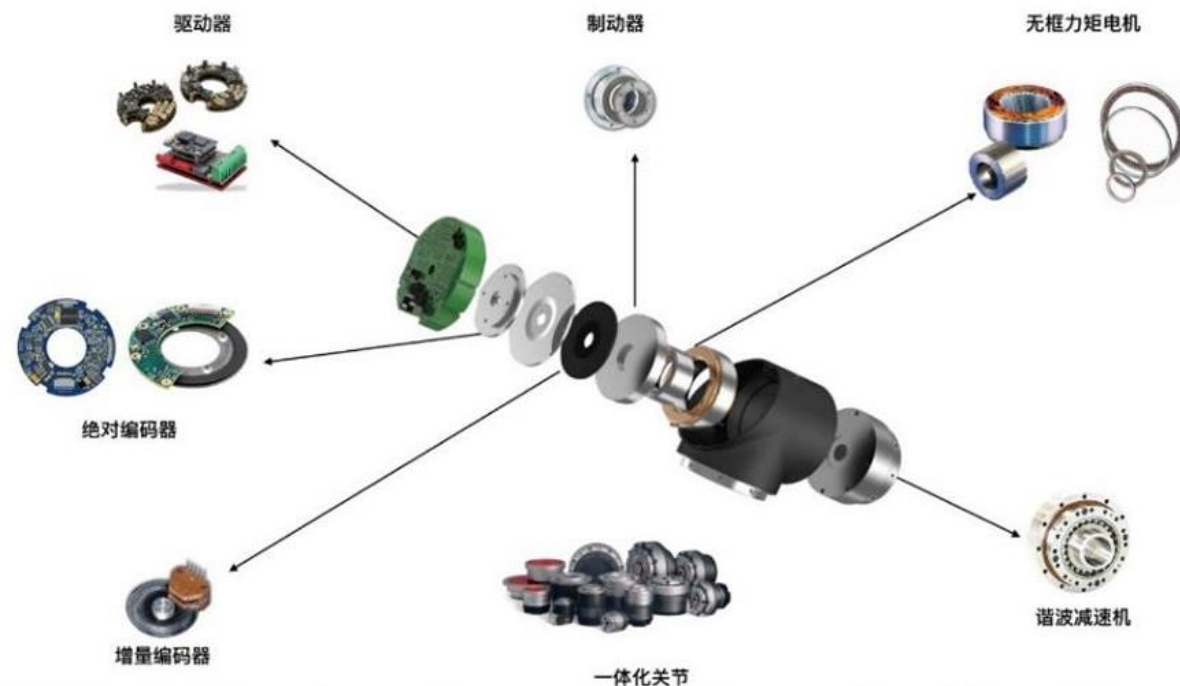
●无框力矩电机摒弃了传统伺服电机的机壳结构，仅由定子和转子两大核心部件构成。相较于有框电机，其显著优势在于结构的高度模块化与安装的便捷性，契合当前驱动系统高度集成化的发展趋势。集成设计过程中无需再耗费精力于复杂的电机接口，仅需在系统布局中预留极小的安装空间，由此显著压缩驱动系统内动力输出单元的物理空间占用，最终实现系统集成度的跃升。

图：无框力矩电机结构组成



资料来源：TECNOTION 产品手册，东海证券研究所

图：一体化关节中使用无框力矩电机



资料来源：《一体化关节模组驱控系统关键技术研究》焦露，东海证券研究所

无框力矩电机与人形机器人关节高度契合

•无框力矩电机因其特性与人形机器人关节的需求高度契合，已成为该领域的主流驱动方案。主要体现在：1）快速响应，指令信号至目标状态的转换时间达毫秒级，显著提升关节启停灵敏度，完美适配仿人运动所需的高频动作切换场景。2）高能量密度，通过磁路拓扑优化和铁芯结构精简，在同等体积下实现扭矩密度突破，满足关节空间受限下的高功率输出需求。3）空间适应性，支持深度嵌入式集成，可灵活适配从指关节到髋关节的全尺度定制化装配。

图：各公司人形机器人关节驱动方案

公司	型号	关节电机方案	旋转或直线关节	有无力矩传感器
特斯拉	Optimus	无框力矩电机	旋转+线性	有
优必选	Walker X	高密度无框力矩电机	\	有
智元	远征A1	\	旋转	\
宇树	Unitree H1	无框电机	旋转	选配
小米	CyberOne	无框力矩电机	\	无
小鹏	PX5	\	旋转+线性	\
波士顿动力	Atlas	\	旋转+线性	\
傅里叶	Fourier GR-1	无	旋转	\
1X Technology	EVE	高扭矩重量比的直驱电机	\	\

资料来源：工链汇，东海证券研究所

Optimus 关节方案采用无框力矩电机方案

●特斯拉Optimus人形机器人方案中，其28个关节执行器系统均以高功率密度无框力矩电机为核心驱动单元。其中，14个旋转关节由无框力矩电机 + 谐波减速器组成，模拟人体旋转自由度。另外，14个直线结构关节由无框力矩电机 + 行星滚柱丝杠组成，模拟人体线性伸缩肌群，如肱二头肌。旋转关节提供多向活动能力，直线执行器生成仿肌腱牵引力，为动态平衡与精细操作奠定硬件基础。根据人形机器人主要厂商量产进程和每台装配数量推测，预计2029年全球无框力矩电机市场增量空间将达140亿元。

表：无框力矩电机在特斯拉Optimus机器人使用数量

执行器分类	部位	无框力矩电机数量
旋转执行器	肩部	6个（3*2）
	肘部	2个（1*2）
	腰髋部	6个（2*3）
线性执行器	大臂	2个（1*2）
	小臂	4个（2*2）
	大腿	4个（2*2）
	小腿	4个（2*2）
总计		28个

表：2025-2028年人形机器人无框力矩电机市场增量

		类别	2025年	2026年	2027年	2028年
人形机器人	数量		3万台	15万台	50万台	100万台
	每台装备		28个	28个	28个	28个
无框力矩电机	需求		84万个	420万个	1400万个	2800万个
	单价		1000元	750元	650元	600元
	市场空间		8.4亿元	31.5亿元	91亿元	140亿元

资料来源：工链汇，东海证券研究所整理

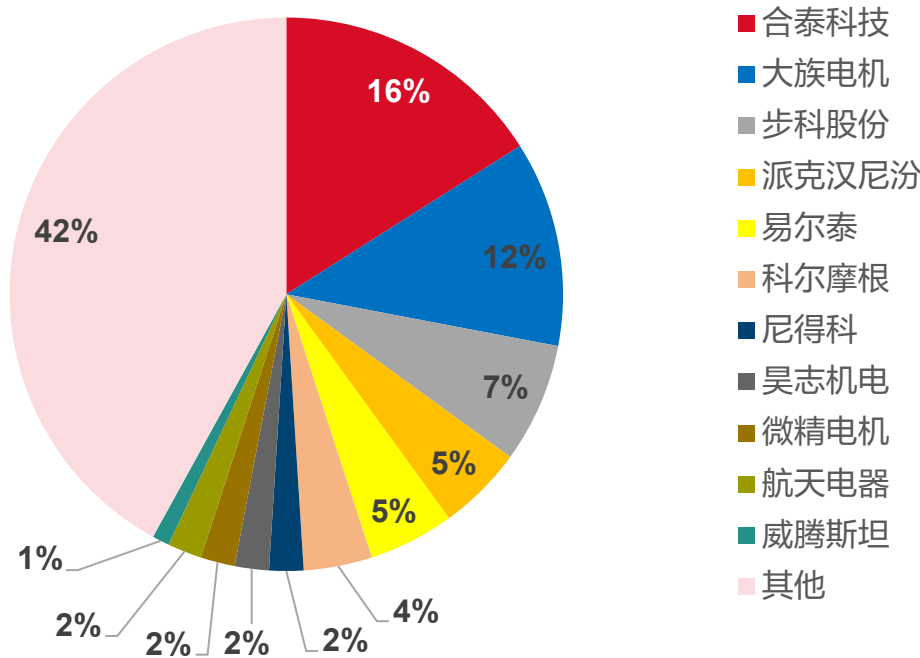
无框力矩电机市场竞争情况

●国内步科股份、雷赛智能、昊志机电等无框力矩电机厂商发展迅速。在核心部件性能指标上，雷赛和步科产品与海外龙头科尔摩根相比，各主要核心性能指标在相近尺寸的情况下表现已接近。国产无框力矩电机正通过在协作机器人领域实现规模化应用实践，逐步拓展至人形机器人领域，叠加国内政策扶持和扩产提速，国产无框力矩电机替代进程将持续。

表：国内外无框力矩电机性能对比

	科尔摩根	雷赛智能	步科股份
系列	TBM2G	FM1	FMC
转矩 Nm	0.27-6.03	0.03-9.32	0.24-6.37
定子直径 mm	50-115	25-115	57.8-127
额定功率 Kw	0.205-1.430	0.034-1.086	0.075-1.600
额定转速 rpm	2600-8000	650-10500	2000-3000
负载 kg	-	3-25	3-25

图：2023年国内无框力矩电机企业市场份额



资料来源：各公司产品手册，《2024人形机器人核心硬件市场发展白皮书》，东海证券研究所整理

科尔摩根无框力矩电机创始者

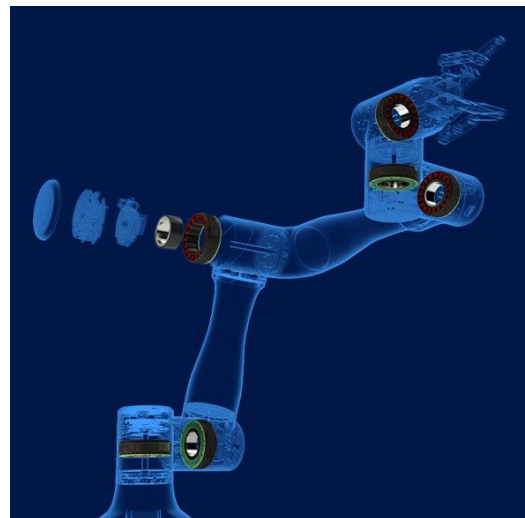
●科尔摩根于1916年美国成立，于1960年与Inland电机公司合并开始涉足电机领域。Inland创始人雨果·翁鲁，1949年设计出“无框力矩电机”。科尔摩根专注于运动控制系统领域的研发、生产和销售，提供包括无框力矩电机、伺服电机、驱动器、运动控制器以及相关软件等完整运动控制解决方案。公司无框力矩电机产品品类齐全，如TBM系列等，可满足不同应用场景的需求，广泛应用于机器人关节、半导体制造设备、医疗设备、航空航天等高端装备制造领域，为高精度、高可靠性的运动控制解决方案。

图：科尔摩根公司主要业务
自动化和运动控制



资料来源：科尔摩根产品手册，东海证券研究所

图：科尔摩根外科手术机器人无框力矩电机



资料来源：科尔摩根官网，东海证券研究所

建议关注：国产无框力矩电机性能突破应用落地

表：国内主要无框力矩电机公司

公司	研发情况
步科股份	公司2024年无框力矩电机销量约2.4万台，同比增长69.55%。公司无框力矩电机已经在客户端实现批量出货并被全球协作机器人龙头客户认可。2025年一季度，无框力矩电机主要收入来源是协作机器人，随着下游人形机器人放量预期的实现，预计会对今年无框力矩电机的出货量有积极影响
江苏雷利	公司基于自身在微电机、精密传动机构、智能化运动控制组件等领域的积累，积极开发人形机器人、四足机器人、特种机器人的核心零部件产品。在人形机器人领域，公司自主研发空心杯电机、精密齿轮箱、T型丝杆、滚珠丝杠、行星滚柱丝杠、无框力矩电机等产品。其中，四足机器人用关节电机及齿轮箱组件已经在部分客户小批量产
雷赛智能	公司于2023年底成功研发出高密度无框力矩电机、伺服驱动器、中空编码器、空心杯电机及配套的微型伺服系统等核心产品。2024年公司成立子公司上海雷赛机器人科技，聚焦“超高密度”无框电机、关节模组解决方案。同时，积极布局相关产能建设，持续为客户创造价值，加速人形机器人产业的商业化应用，进而打造公司业务第二增长曲线
卧龙电驱	公司布局开发了高爆发关节模组、伺服驱动器、无框力矩电机等人形机器人关键组部件，以极致性价比助力仿生机器人的产业化推广应用。公司的仿生机器人高爆发旋转关节模组，产品定位为“高功率密度、高转矩密度、定制化”，旨在满足人形机器人和中大型机器狗对高转矩、高功率关节模组的需求
昊志机电	公司开发的无框力矩电机，具有转矩波动≤1%，更利于机器人力矩控制，3.5 倍过载能力，使得机器人负载能力大大加强，主要应用于协作机器人。目前在机器人领域的产品涵盖谐波减速器、无框力矩电机、驱动器、控制系统、六维力传感器、刹车机构、编码器、电磁快换模块、关节模组、末端执行机构以及RV减速器等机器人领域核心部件，零部件产业覆盖全面

资料来源：各家公司官网，公司公告，东海证券研究所整理



CONTENTS

一、人形机器人行业兴起

二、谐波减速器：国产量产提速

三、行星滚柱丝杆：国产突破量产

四、无框力矩电机：国产性能超越

五、灵巧手：技术迭代升级

六、六维力矩传感器：成本不断压降

七、风险提示

人形机器人落地离不开末端灵巧手

- 灵巧手堪称人形机器人的“指尖大脑”。灵巧手以人手解剖学为蓝本，复现抓、握、捏、旋、拧等二十余种精细动作，覆盖从工业装配到家庭服务的多元场景，成为衡量机器人成熟度与商业落地价值的核心标尺。正因如此，灵巧手在整机技术链中占据制高点，也在人形机器人成本中占比较大。
- 灵巧手由驱动、传动和感知三大系统构成。驱动系统由电机组成，提供主要动力，电机安放位置主要在指尖、掌骨或前臂，形成“体内驱动、体外驱动、混合驱动”三大技术路线。传动系统可将动力传递到手指，主要由丝杠、齿轮、腱绳和连杆等多种方案组合而成。感知系统由多模态传感器阵列实时捕获关节角、指尖力、阵列式触觉及温度信息，完成“触-力-位”闭环。

图：人形机器人的落地应用离不开灵巧手



家庭服务



汽车制造



物流分拣

图：Shadow灵巧手



灵巧手技术路线：轻量化、更灵活和多模态感知

- 灵活性提升是灵巧手适应未来复杂作业的必然要求。主要体现在两个方面：其一，显著增加自由度数量，例如Optimus灵巧手的自由度已从11个提升到22个；其二，优化关键部件布局，通过将电机等自重较大的核心组件向手掌或小臂迁移，有效减轻灵巧手本体重量，同时优化内部空间配置，从而为集成更多传感器等必要部件创造充裕空间。
- 多模态感知能力的突破性升级。灵巧智能的DexHand、Shadow Robot的SkillHand和智元的SkillHand等，通过融合位置、触觉、力觉和视觉实现多模态感知融合。使得灵巧手能够更精准地识别并操控柔软、形状不规则的物体，大幅提升适应性与可靠性。

表：Tesla Optimus 灵巧手方案迭代历程

	第一代	第二代	第三代
发布时间	2022.9	2023.12	2024.10
自由度	11	11	22
驱动方式	6个空心杯电机驱动	混合驱动 (无刷电机+空心杯)	17个线性执行器 (电机+丝杠)
传动系统	蜗轮蜗杆+腱绳	腱绳长度增长10倍	线性执行器+腱绳
感知系统	指节间霍尔效应传感器	新增全手指触觉传感器	触觉传感器全域覆盖
结构设计	6个执行器模块纵向 分布于手掌内，具备 防反驱特性	增加触觉传感器，并改 进电机扭矩控制技术	驱动器从手掌移至 手腕，手部空间 更大，灵活性更高

资料来源：亿欧网，各公司官网，东海证券研究所整理

表：国内主要灵巧手产品参数

公司	产品名	自由度	传动技术	传感系统
宇树科技	Dex5	20	齿轮	94个触觉
灵心巧手	L30	25	腱绳	触觉+视觉
兆威机电	DM20	20	直驱	柔性电子皮肤
灵巧智能	DexHand	22	腱绳	位置+触觉+力觉
智元机器人	SkillHand	19	/	触觉+视觉
Shadow Robot	Dexterous Hand	24	/	位置+触觉+力觉

灵巧手上游涵盖众多行业，方案多样变化空间大

- 灵巧手上游涵盖众多行业。灵巧手的研发与制造高度依赖多个尖端产业领域协同支撑，主要涉及高精度传感器、先进轻量化材料、精密减速器、微型丝杠、微型电机等领域。正是由于对上述高精尖技术及工艺的集成需求，旨在实现高精度运动、超强灵活性及卓越环境感知能力的高度集成化灵巧手，其研发与制造成本极为高昂，单只价格通常高达人民币4-5万元。
- 灵巧手未来增量空间巨大。根据2029年全球人形机器人量产100万台测算，对应灵巧手200万只。未来大批量生产，有望有效压降灵巧手成本至1.5万元/只，预计2029年灵巧手市场规模将达300亿元。

图：灵巧手上游涉及零部件行业众多



表：2025-2028年人形机器人灵巧手市场规模

类别		2025年	2026年	2027年	2028年	2029年
人形机器人	数量	3万台	15万台	30万台	50万台	100万台
	每台装备	2只	2只	2只	2只	2只
灵巧手	需求	6万只	30万只	60万只	100万只	200万只
	单价	4万元	3万元	2.5万元	2万元	1.5万元
	市场空间	24亿元	90亿元	150亿元	200亿元	300亿元

资料来源：洞见研报，爱采购，东海证券研究所整理

建议关注：技术迭代迅速、成本控制优秀、已有落地应用的灵巧手企业

表：国内主要灵巧手本体公司

公司	研发情况
兆威机电	2025年7月5日公司新一代的灵巧手包括LM06、DM17和DM20三款新品，实现了从单点突破到系统升级的跨越。同时，新一代灵巧手采用高度集成一体化设计，以DM17为例，将17个微型电机、位置和力传感器、控制模块等全部集成于整手产品中，打破空间与性能的双重限制，可投入到工业自动化、物流、人形机器人和医疗等丰富的应用场景
雷赛智能	2025年6月27日公司正式发布DH2015高端型，拥有20个自由度，其中15个为主动自由度，触觉传感器508点阵，整手最大负载15kg，动作手势数量26种，重量650g，适用于高灵巧要求的高端商业和家用场景。DH2015采用轻量化结构设计及最新材料技术重量可轻至670克。gs DH2015将于2025年第3季度启动试产试销和小批量生产，并逐步扩大产能
江苏雷利	2025年5月16日公司依托中国科学技术大学多年科研成果，连杆式灵巧手整手18个自由度，握持力大于50N；绳驱式灵巧手整手22个自由度，握持力大于30N，均可实现键盘打字、弹琴、双/三指拾取、握持等。同时，融合自研运动控制算法及高效数据采集能力，支持触觉、力觉、位置等多种传感器组合；公司自主生产低成本、高性能的核心零部件，价格仅为国产同性能产品的50%
捷昌驱动	公司与浙江灵巧智能科技有限公司共同出资设立浙江灵捷机器人零部件有限公司，该公司主要从事机器人灵巧手、关节模组及驱动器等核心零部件的研发生产制造销售等相关业务，包括关节模组、空心杯电机、微传动部件及电机驱动器等关键零部件，目前已与国内外下游的主机厂积极合作开发相关产品
伟创电气	公司与科达利、银轮股份、开普勒机器人、深圳市伟立成长共同投资设立了苏州依智灵巧驱动科技有限公司，专注于具身智能机器人核心零部件灵巧手的研发与生产，伟创电气出资 2000 万元，占比 40%

资料来源：证券时报网，各公司官网，上海证券报，东海证券研究所整理



CONTENTS

一、人形机器人行业兴起

二、谐波减速器：国产量产提速

三、行星滚柱丝杆：国产突破量产

四、无框力矩电机：国产性能超越

五、灵巧手：技术迭代升级

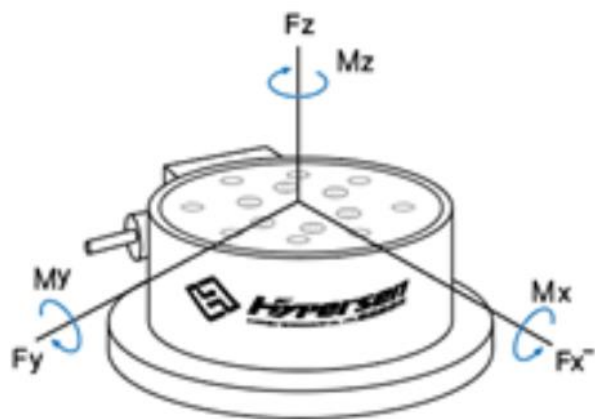
六、六维力矩传感器：成本不断压降

七、风险提示

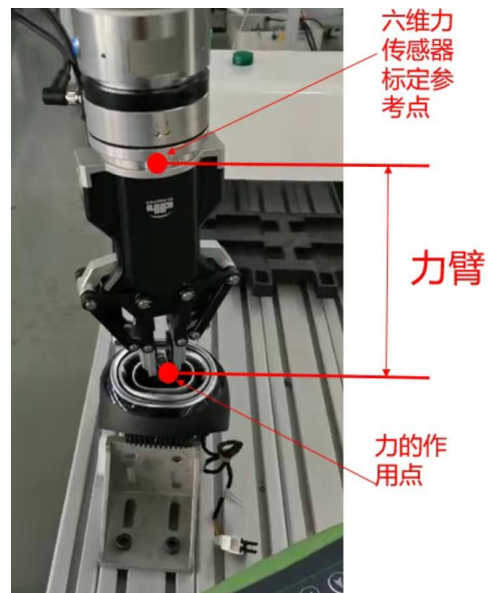
六维力矩传感器主要用于机器人末端控制

- 力传感器根据其测量能力可划分为一维至六维等不同类型。其中，六维力传感器是能力最为全面的，它能够同步、独立地测量作用于参考坐标系三个正交坐标轴方向上的力分量（ F_x , F_y , F_z ），以及绕这三个坐标轴作用的力矩分量（ M_x , M_y , M_z ）。由于需要实现六个自由度力的精确解耦与测量，六维力传感器的设计、制造和标定技术难度远高于一维力传感器，复杂度呈现指数级增长。
- 六维力矩传感器通过提供完整的空间力学反馈，显著提升了机器人的定位精度、平衡控制、力量控制、紧急制动、交互安全与主动抑制振动能力。在机器人领域应用占比高达72%，主要在机器人末端关节控制中使用。

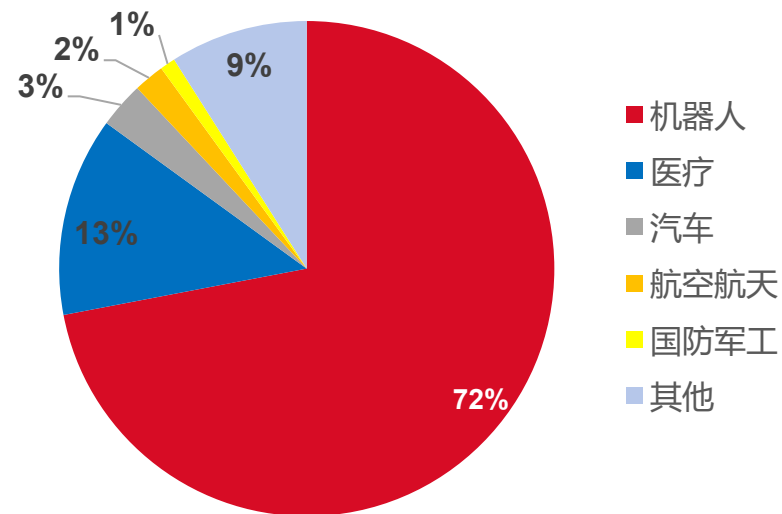
图：六维力传感器原理



图：六维力传感器在机器人末端使用



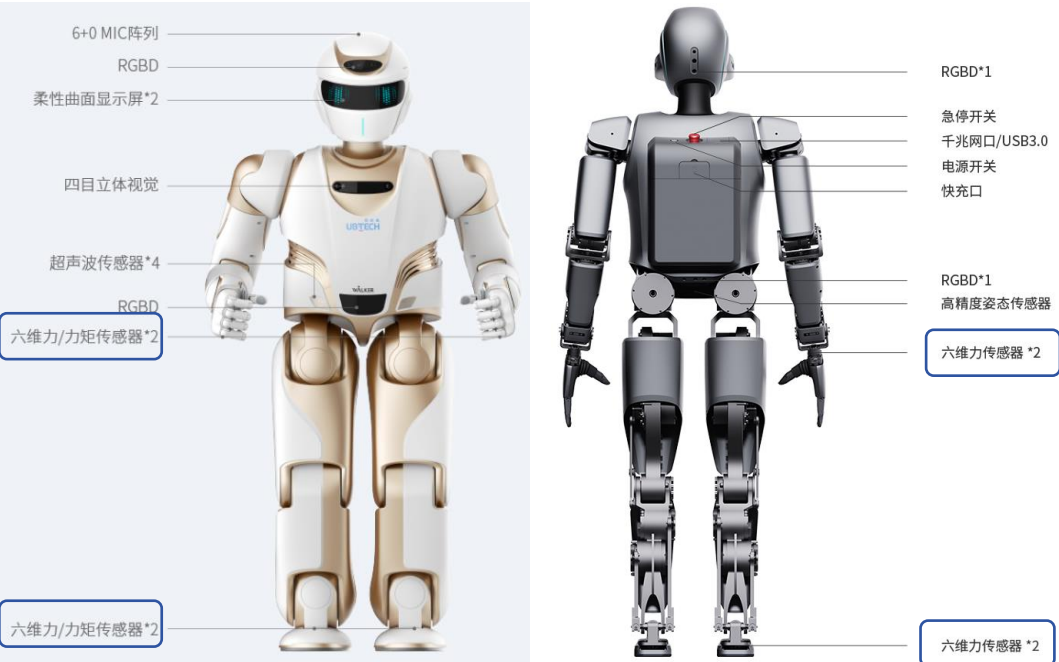
图：2023年六维力传感器最大应用领域为机器人



人形机器人将为六维力传感器贡献主要增量

●在人形机器人系统中，六维力传感器通常作为核心力感知元件集成于末端执行器关节（如手腕）及下肢承重关节（如脚踝）等力学敏感节点，可提升手部操作的精细力控与柔顺程度，保持足部行走的动态平衡与适应性，实现在复杂交互场景中的精准柔顺控制。根据QYResearch，2024年全球六维力传感器销量仅为6万套。从采购价看，价格高达1万左右。随着机器人出货量提升，六维力传感器成本有望逐步下探。根据主要机器人厂商量产预测，2029年人形机器人领域六维力传感器市场规模将达120亿元。

图：优必选WalkerS人形机器人产品使用六维力传感器



表：2025-2028年人形机器人六维力传感器市场规模

类别		2025年	2026年	2027年	2028年	2029年
人形机器人	数量	3万台	15万台	30万台	50万台	100万台
	每台装备	4个	4个	4个	4个	4个
六维力传感器	需求	12万个	60万个	120万个	200万个	400万个
	单价	10000元	7500元	5000元	4000元	3000元
	市场空间	12亿元	45亿元	60亿元	80亿元	120亿元

资料来源：优必选, QYResearch, 爱采购, 东海证券研究所整理

六维力矩传感器研发生产壁垒高

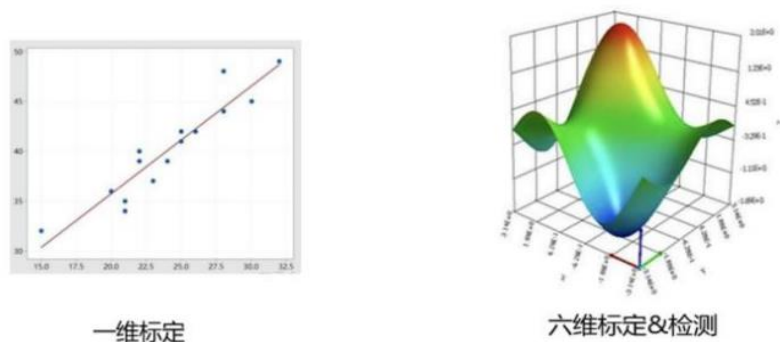
●六维力传感器技术壁垒体现在解耦、标定检测、加工工艺、设计等多个方面：

●**解耦技术**：六维力传感器必须将六个方向的力/力矩信号相互分离，分为“物理”与“算法”两条路线。物理解耦依赖传感器自身的机械结构，但对加工精度、材料均质性和装配公差要求极高，往往要在微米级甚至亚微米级控制变形，导致良率低、成本高。算法通过数学模型补偿残余耦合，常见方法包括线性/非线性矩阵补偿、神经网络、卡尔曼滤波等，厂商需要长期积累并持续迭代模型。

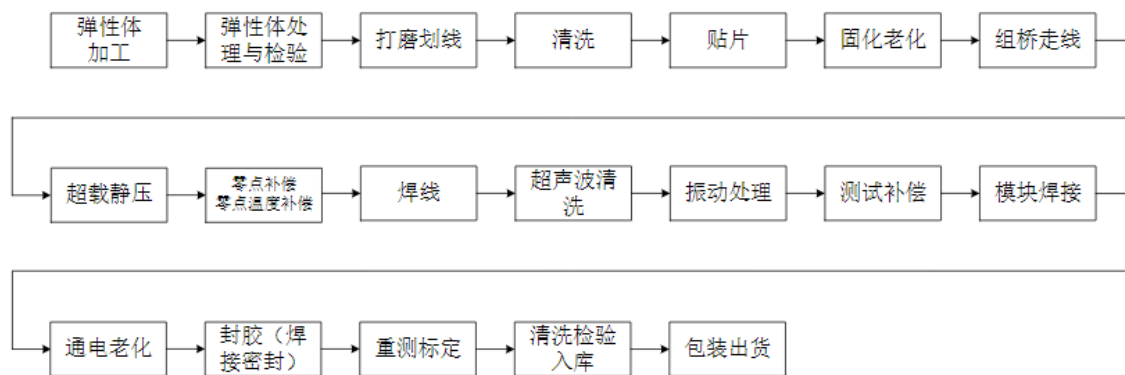
●**标定与检测**：六维力传感器必须在六个自由度同时加载已知载荷，建立“力-电”映射关系并验证性能。标定过程需覆盖全量程、全温区、全频响范围，数据采集点多，人工干预环节多，时间与人力成本高。设备目前尚无商用标准品，需厂商自研。

●**工艺方面**：金属应变片至今仍以人工贴片为主，难以实现批量自动化，贴片角度、胶层厚度、固化曲线稍有偏差即导致灵敏度离散。工艺加工流程长，从弹性体精密加工、热处理、应力释放，到金属应变片手工贴片、引线键合、防护封装，都影响最终灵敏度。

图：标定和检测工作量大



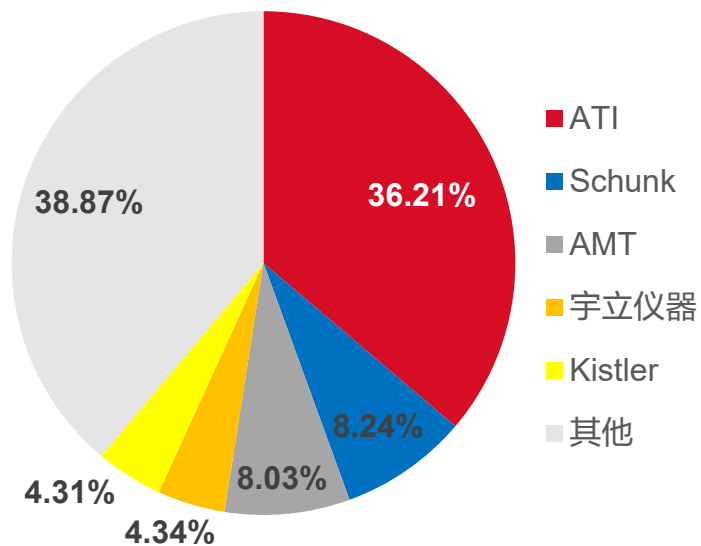
图：应变式力传感器加工工艺流程



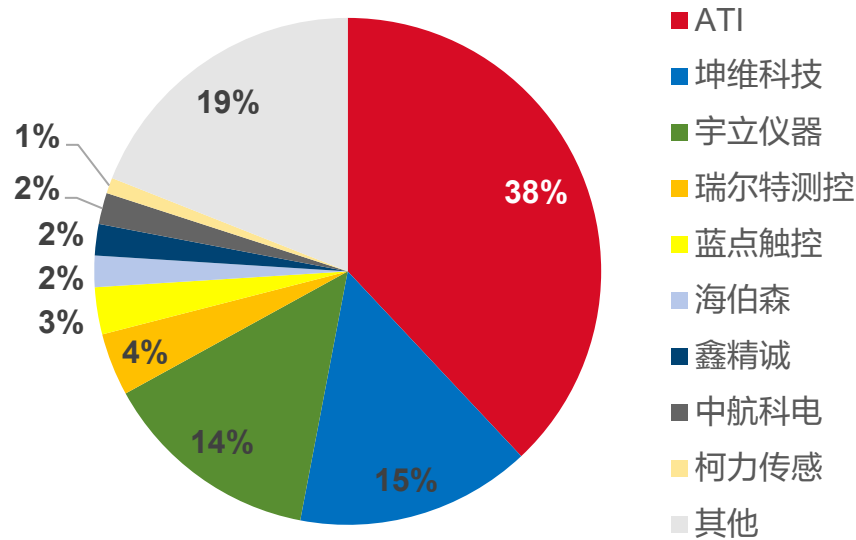
全球三大厂商占主要份额，国内企业已开始国产替代

●六维力传感器外资品牌先发优势明显，国内产品有替代趋势。外资品牌凭借先发优势长期占据主导地位，主要由欧美的制造商所主导，包括ATI（美国）、Schunk（德国）、AMT（美国）、宇立仪器（中国）以及Kistler（瑞士）等，前三合计占据52.48%市场份额。近年，本土厂商在该领域已展现出显著的发展势头，代表性企业如坤维科技、宇立仪器、柯力传感、鑫精诚等正持续扩大其市场份额占比。由于核心技术壁垒与复杂工艺的限制，目前真正具备稳定量产能力并满足市场需求的厂商数量仍然有限，市场存在机遇。

图：2023年全球生产商市场份额



图：2023年国内六维力传感器市场竞争格局



资料来源：QYResearch, 《2024人形机器人核心硬件市场发展白皮书》，东海证券研究所整理

建议关注：已有产品突破且有成本下降预期的传感器企业

表：国内六维力矩传感器公司主要情况

公司	研发情况
柯力传感	公司六维力/力矩传感器已完成人形机器人手腕、脚腕，工业臂、协作臂末端的产品系列开发，掌握了结构解耦、算法解耦、高速采样通讯等技术要点，并已给50多家国内人形机器人、协作机器人、工业机器人客户送样，部分客户已进入批量订单阶段
昊志机电	公司攻克了智能机器人用六维力传感器等一系列核心功能部件技术。公司开发的六维力矩传感器拥有世界级的力控精度 $\leq 0.1\text{Nm}$ ，温度自补偿蠕变小，采样率高，多协议兼容及工业级可靠性等特点，具有市场竞争力。在按摩机器人领域率先实现国产替代与批量销售，技术储备深厚。
华培动力	公司将利用多年深耕汽车传感器业务的优势，切入机器人传感器赛道。公司正利用已有的车规级Mems压力芯片和硅应变计的自主设计及封装测试的能力，寻求从玻璃微熔MSG高压压力传感器向六维力矩传感器延展的研发突破。通过并购+自主研发等方式布局MEMS压力传感器、六维力矩传感器等多款传感器，部分产品将逐步送样各人形机器人企业
凌云股份	公司作为牵头单位，联合相关单位成立传感器项目工作组，组织制定项目计划，推进项目开发。现已生产出相关样件
坤维科技（未上市）	坤维科技的六维力传感器直径从 36mm 到 200mm，量程范围 30N~20KN，可基本覆盖协作机器人应用场景和小负载六轴工业机器人及人形机器人的应用场景，已为近 300 家知名企业及院校提供解决方案
宇立仪器（未上市）	公司作为市场份额最高的国产六维力传感器厂商，凭借其在汽车领域的深厚积累，将产品应用拓展至机器人和自动化行业。针对人形机器人领域的特殊需求，宇立仪器推出了M33XX系列工业级六维力传感器，该传感器具备10倍过载保护能力，即使在极端工况下也能确保稳定运行。同时，公司超薄型的六维力传感器，最大可实现3倍过载，为人形机器人的轻量化设计提供了有力支持。公司是优必选的合作伙

资料来源：各公司公告，同花顺，各公司官网，高工机器人，东海证券研究所整理



CONTENTS

一、人形机器人行业兴起

二、谐波减速器：国产量产提速

三、行星滚柱丝杆：国产突破量产

四、无框力矩电机：国产性能超越

五、灵巧手：技术迭代升级

六、六维力矩传感器：成本不断压降

七、风险提示

风险提示

- **人形机器人量产进程不及预期。**未来核心零部件市场增量主要来自人形机器人行业的爆发，如果人形机器人产业量产提速不及预期，将对行业内公司盈利能力造成影响。
- **应用落地不及预期风险。**人形机器人应用场景尚未完全明确，市场需求规模和增长速度存在不确定性，若市场接受度低于预期，核心零部件的销售将受到严重冲击。
- **国产替代进度不及预期。**国内厂商研制布局相关领域较晚，相关部件生产与研制壁垒较高，需要高端制造设备和较大研发投入，若国产替代研制进度和技术水平不达标，对企业盈利能力造成影响。
- **行业竞争风险。**企业在市场竞争中可能面临的各种不确定性因素，包括产品同质化、价格竞争、渠道竞争、品牌竞争、技术挑战和市场份额的波动等，这些风险可能导致企业无法实现预期利益目标，甚至遭受经济损失。

评级说明

	评级	说明
市场指数评级	看多	未来6个月内沪深300指数上升幅度达到或超过20%
	看平	未来6个月内沪深300指数波动幅度在-20%—20%之间
	看空	未来6个月内沪深300指数下跌幅度达到或超过20%
行业指数评级	超配	未来6个月内行业指数相对强于沪深300指数达到或超过10%
	标配	未来6个月内行业指数相对沪深300指数在-10%—10%之间
	低配	未来6个月内行业指数相对弱于沪深300指数达到或超过10%
公司股票评级	买入	未来6个月内股价相对强于沪深300指数达到或超过15%
	增持	未来6个月内股价相对强于沪深300指数在5%—15%之间
	中性	未来6个月内股价相对沪深300指数在-5%—5%之间
	减持	未来6个月内股价相对弱于沪深300指数5%—15%之间
	卖出	未来6个月内股价相对弱于沪深300指数达到或超过15%

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，具备专业胜任能力，保证以专业严谨的研究方法和分析逻辑，采用合法合规的数据信息，审慎提出研究结论，独立、客观地出具本报告。

本报告中准确反映了署名分析师的个人研究观点和结论，不受任何第三方的授意或影响，其薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

署名分析师本人及直系亲属与本报告中涉及的内容不存在任何利益关系。

免责声明

本报告基于本公司研究所及研究人员认为合法合规的公开资料或实地调研的资料，但对这些信息的真实性、准确性和完整性不做任何保证。本报告仅反映研究人员个人出具本报告当时的分析和判断，并不代表东海证券股份有限公司，或任何其附属或联营公司的立场，本公司可能发表其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告可能因时间等因素的变化而变化从而导致与事实不完全一致，敬请关注本公司就同一主题所出具的相关后续研究报告及评论文章。在法律允许的情况下，本公司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。

本报告仅供“东海证券股份有限公司”客户、员工及经本公司许可的机构与个人阅读和参考。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何机构和个人的投资建议，任何形式的保证证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司客户如有任何疑问应当咨询独立财务顾问并独自进行投资判断。

本报告版权归“东海证券股份有限公司”所有，未经本公司书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的翻版、复制、刊登、发表或者引用。

资质声明

东海证券股份有限公司是经中国证监会核准的合法证券经营机构，已经具备证券投资咨询业务资格。我们欢迎社会监督并提醒广大投资者，参与证券相关活动应当审慎选择具有相当资质的证券经营机构，注意防范非法证券活动。

东海证券研究所（上海）

地址：上海市浦东新区东方路1928号 东海证券大厦

网址：[Http://www.longone.com.cn](http://www.longone.com.cn)

座机：（8621）20333275

手机：18221959689

传真：（8621）50585608

邮编：200125

东海证券研究所（北京）

地址：北京市西三环北路87号国际财经中心D座15F

网址：[Http://www.longone.com.cn](http://www.longone.com.cn)

座机：（8610）59707105

手机：18221959689

传真：（8610）59707100

邮编：100089

Thanks
For Watching

感谢聆听

务实 创新
规范 协同



东海证券



东海研究