

北交所专题报告

2025 年 09 月 10 日

证券分析师

赵昊

SAC: S1350524110004

zhaohao@huayuanstock.com

万泉

SAC: S1350524100001

wanxiao@huayuanstock.com

联系人

软硬件协同升级提升场景落地预期，北交所机器人产业重点标的梳理

——北交所高端制造产业研究系列（二）

投资要点：

- **产业链：软件端亟需整合 AI 与 ML 技术，硬件端关注关节执行器等突破进展。**人形机器人上游核心部件包括传动（行星滚柱丝杠、减速器）、驱动（无框电机、空心杯电机）、感知（力传感器、视觉传感器）等多个模块，其中传动模块价值量较高，行星滚柱丝杠有望占据人形机器人最大成本份额（预计到 2030 年占比 19%），力传感器预计亦将占比超 10%。产业政策加速落地驱动下，中国人形机器人市场增长潜力同样较大，2024 年市场规模约为 27.6 亿元，预计 2029 年增长至 750 亿元。人形机器人产业的发展高度依赖整体技术体系的支撑，**从硬件层面来看**，关节执行器等核心技术的突破性进展或将是推动产业质变的关键；**在软件层面**，人形机器人需深度整合人工智能与机器学习技术，才有望获得接近人类的认知与交流能力。目前部分国内头部企业在核心算法领域展现出强大的研发实力，例如宇树科技、优必选等在步态规划、视觉识别、平衡控制等关键领域均取得了显著成果。
- **机器人轴承：人形机器人高端轴承国产化率低于 20%，中国企业正逐步突围。**轴承是机器人的重要组成部件之一，起到支撑旋转部件、减小摩擦、提高效率的作用，轴承主要应用在机器人减速器、电机、丝杠等部件。**工业机器人的轴承**主要包括等截面薄壁轴承、交叉滚子轴承、谐波减速器轴承、直线轴承、关节轴承等，减速器是工业机器人的核心部件，而轴承则是减速器的关键零件。全球工业机器人轴承市场规模 2023 年达 90.04 亿元，预测至 2029 年全球工业机器人轴承市场规模达 135.85 亿元。**人形机器人高端轴承**目前处于发展期，国产化率仍低于 20%，高端轴承市场基本被全球八大轴承企业垄断，下游汽车、机床、机器人等行业快速发展，中国企业正逐步突围。从轴承市场竞争格局看，国际企业方面，舍弗勒主要生产滚针轴承及液压顶杆等，不二越主要生产中小型球轴承，NSK 主要生产小型低噪音轴承，TIMKEN 主要生产英制圆锥滚子轴承；中国企业中，五洲新春已成功研发机器人谐波减速器柔性薄壁轴承等，光洋股份自研机器人减速器用交叉滚子轴承表面耐腐蚀镀铬技术，国机精工集中于中高端产品，人本股份、龙溪股份、长盛轴承等也在各自技术领域有所发展。
- **人形机器人传感器：人机交互核心部件，通过多模态感知体系覆盖力矩、视觉、触觉等维度。**
力矩传感器：按照测量维度，力矩传感器可以分为一至六维。六维力传感器凭借全维度力矩测量能力，或将成为人形机器人动态控制的关键枢纽，市场空间广阔，预计 2030 年全球六维力传感器市场规模达 138.4 亿元。将六维力传感器安装在人形机器人的手腕、脚踝和灵巧手等部位，是业内对实现/提升人形机器人柔顺控制的共识。**视觉传感器：**机器人人机交互的核心媒介，其技术升级正重构机器人感知维度。当前各个厂商技术路线有所分化：特斯拉以 2D 传感器+FSD 算法主导优化，其他厂商则往往是融合多种视觉感知硬件，通过多传感器融合来突破环境感知的瓶颈，比如宇树科技通过 3D 激光雷达+3D 深度相机融合来提升视觉性能。视觉感知是人形机器人获取环境信息的主要途径，其技术演进呈现 2D 向 3D 升级、视觉与激光雷达互补的特征。**触觉传感器：**人形机器人感知外界接触的重要工具，触觉感知的技术发展围绕高灵敏度、快速响应、低成本量产三大目标展开，未来 3-5 年，MEMS 与电子皮肤有望形成“场景分工”：MEMS 传感器聚焦工业场景的刚性抓取（如零部件装配），电子皮肤则逐步渗透服务场景的柔性交互（如家庭护理）。随着人形机器人市场的高速增长，电子皮肤的需求量有望不断上升，预计 2030 年我国人形机器人用电子皮肤市场规模达 90.5 亿元，

2024–2030 年复合增长率超 60%。

- **人形机器人应用：未来人形机器人落地场景或将由工业服务向家庭服务，再向商业服务演进。**
未来人形机器人落地场景或将由工业服务向家庭服务，再向商业服务演进，主要基于两大核心逻辑：场景的标准化程度、任务的复杂程度由简至繁。**工业场景**的标准化程度最高，包括标准化物料数据和场景标签；**家庭场景**的标准化程度中等，人形机器人的活动范围相对有限，交互对象较多元；**商业场景**标准化程度较低，人形机器人面临的环境最开阔多变，其交互对象最多元。未来人形机器人优先胜任工种以工业（质检、搬运等）、家庭（健康监测、搬运等）、商业（演出），逐渐向复杂的工业总装、家务、餐饮制作等演进。全球各地区人形机器人公司瞄准的场景各有侧重。北美人形机器人优先应用于仓储物流、工业生产和特种应用，欧洲人形机器人以家庭服务应用场景为主。中国人形机器人以工业生产为主要应用场景，占比达到 29%，因其能满足中国制造业智能化提升的自动化、智能化等需求。聚焦汽车制造场景应用，全球典型机器人进厂落地优先工种覆盖搬运、质检、工站衔接（物料传递）、基础组装（紧固等）。其中，特斯拉、小鹏、优必选、傅利叶、Appteronik、Figure 已进厂。
- **北交所公司：运动执行、传感器等领域的重点标的梳理。**开特股份拟与旭彤电子等成立合资公司，布局具身智能赛道；**奥迪威**深耕传感器领域，推出水下测距传感器、柔性传感器等产品；**鼎智科技**是运动控制解决方案稀缺标的，多元布局滚珠丝杆、空心杯电机等产品；**丰光精密**自主研发了谐波减速器产品，2025 年目标达到 10 万套产能；**万达轴承**是叉车轴承单项冠军，积极拓展海康、三一、库卡等工业机器人客户；**泰德股份**的机器人薄壁柔性专用轴承处于内部验证阶段，相关工艺积累深厚；**苏轴股份**滚针轴承产品可配套 RV 减速机，应用于工业机器人关节；**明阳科技**的自润滑衬套、金属注射成型相关产品可应用到机器人领域；**威贺电子**与图灵机器人战略合作，推进连接器、PEEK 材料在机器人中的验证；**创远信科**与凯盛机器人战略合作，向其提供电信号测试及软硬件测试解决方案；**铁大科技**拟投资推行科技和狗熊机器人切入机器人赛道。
- **风险提示：机器人产业政策方向变化风险、技术创新风险、质量控制风险**

目录

1. 人形机器人：软件端亟需整合 AI 与 ML 技术，硬件端关注关节执行器等突破进展	7
1.1. 产业核心：丝杠、无框力矩电机、减速器、力传感器等价值量占比较高	7
1.2. 发展现状：政策频出推动软硬件协同升级，预计 2029 年我国产业规模 750 亿元	13
2. 机器人轴承：传动机构重要部件，国产化替代空间广阔	18
2.1. 工业机器人轴承：减速器的关键零件，2023 年全球市场规模达 90.04 亿元	19
2.2. 人形机器人轴承：高端轴承国产化率低于 20%，中国企业正逐步突围	21
3. 人形机器人传感器：人机交互核心部件，力矩、视觉、触觉等类型市场广阔	23
3.1. 力矩传感器：柔顺控制的关键，预计六维力传感器 2030 年全球市场规模 138 亿元	24
3.2. 视觉传感器：3D 视觉等技术路线持续演进，为机器人强化环境感知核心能力	26
3.3. 触觉传感器：精细操作的核心，形成 MEMS 传感器与电子皮肤两条主流路径	27
4. 人形机器人应用：从工业生产迈向商业、家庭等多元场景	30
5. 北交所公司：11 家机器人产业链重点标的	35
5.1. 开特股份：拟与旭彤电子等成立合资公司，布局具身智能赛道	35
5.2. 奥迪威：智能传感器“小巨人”，推出水下测距传感器、柔性传感器等产品	36
5.3. 鼎智科技：运动控制解决方案稀缺标的，多元布局滚珠丝杆、空心杯电机等产品	37
5.4. 丰光精密：自主研发了谐波减速器产品，2025 年目标达到 10 万套产能	39
5.5. 万达轴承：叉车轴承单项冠军，积极拓展海康、三一、库卡等工业机器人客户	40
5.6. 泰德股份：机器人薄壁柔性专用轴承处于内部验证阶段，相关工艺积累深厚	40
5.7. 苏轴股份：滚针轴承产品可配套 RV 减速机，应用于工业机器人关节	41
5.8. 明阳科技：自润滑衬套、金属注射成型相关产品可应用到机器人领域	42
5.9. 威贸电子：与图灵机器人战略合作，推进连接器、PEEK 材料在机器人中的验证	43
5.10. 创远信科：与凯盛机器人战略合作，向其提供电信号测试及软硬件测试解决方案	44
5.11. 铁大科技：拟投资推行科技和狗熊机器人切入机器人赛道	45
6. 风险提示	47

图表目录

图表 1： 人形机器人产业链示意图	7
图表 2： 人形机器人的线性与旋转执行器价值量较高，各占 20%左右	8
图表 3： 2030 年人形机器人零部件价值量占比（预计数据）	8
图表 4： RV 减速器、谐波减速器、行星减速器在人形机器人的不同部位分别具有适配性9	
图表 5： 人形机器人中常见的电机类型包括步进电机、无框力矩电机等	9
图表 6： 无框电机示意图	10
图表 7： 2030 年无框力矩电机市场规模预计达 70 亿元	10
图表 8： 空心杯电机结构包含绕组、永磁体等主要部分	11
图表 9： 空心杯电机可分为有刷电机和无刷电机，适用于机器人不同场景	11
图表 10： 滚珠丝杠和行星滚柱丝杠在人形机器人领域适配性较高	12
图表 11： 行星滚柱丝杠副结构示意图	12
图表 12： 2030 年行星滚柱丝杠市场空间或将达到 96 亿元	12
图表 13： 近几年来我国频频推出机器人相关产业政策	13
图表 14： 中国人形机器人政策重心由技术转向产业化	14
图表 15： 预计 2029 年全球人形机器人市场达 324 亿美元	14
图表 16： 预计 2029 年中国人形机器人市场达 750 亿元	14
图表 17： 关节执行器等核心硬件需要进一步升级以满足高仿生度动作	15
图表 18： 人工智能等领域的技术突破是完善人形机器人的重要条件	15
图表 19： 当前人形机器人量产面临软硬件多方面挑战	16
图表 20： 截至 2024 年我国感知系统专利申请数量较多	16
图表 21： 中国人形机器人主要系统技术路线	16
图表 22： 国内机器人软件能力正持续向更高智能化水平发展	17
图表 23： 轴承的基本结构通常由内圈、外圈、滚动体、保持架、密封件、油脂等组成18	
图表 24： 机器人各部件使用的轴承类型	18
图表 25： 轴承制造主要工艺流程	19
图表 26： 工业机器人的轴承主要包括等截面薄壁轴承、谐波减速器轴承等	19
图表 27： RV 减速器轴承示意图	20
图表 28： 谐波减速器轴承示意图	20
图表 29： 行星减速机结构图	20

图表 30: 摆线针轮减速机运转图	20
图表 31: 贝哲斯咨询预测至 2029 年全球工业机器人轴承市场规模达 135.85 亿元	21
图表 32: 人形机器人核心硬件产品的生命周期分析图	21
图表 33: 以特斯拉 Optimus 为例: 2023 年人形机器人核心零部件价值量分布	21
图表 34: 三大执行器占人形机器人主要零部件价值量的 73%	22
图表 35: 机器人轴承市场参与者情况	22
图表 36: 人形机器人是机器人进化里程碑, 将静态与移动式机器人统筹为一体	23
图表 37: 人形机器人产业链拆解: 欧美公司仍有优势	23
图表 38: 六大类传感器构建人形机器人多模态感知体系, 为其自主决策提供底层支持	24
图表 39: 激光雷达等领域国产替代快速推进, 而部分品类及部件进口依赖度仍较高 ...	24
图表 40: 六维力传感器可以测量物体在笛卡尔坐标系下三个轴向的力和力矩	25
图表 41: 六维力传感器主要部件包括弹性体、应变片等	25
图表 42: 预计 2030 年全球六维力传感器市场超百亿元	25
图表 43: 六维力传感器可以安装在人形机器人的手腕、脚踝和灵巧手等部位	26
图表 44: 视觉传感器的机器人应用实现从 2D 到 3D 进化	26
图表 45: 各个厂商视觉传感器技术路线有所分化	27
图表 46: 主要 3D 视觉感知方案对比, 激光与 3D 视觉适用于不同场景	27
图表 47: 触觉传感器能够感知触摸和力度, 实现更加自然和人性化的交互体验	28
图表 48: 机器人触觉感知目前形成 MEMS 传感器与电子皮肤两条主流路径	28
图表 49: 我国人形机器人电子皮肤规模或将持续增长	29
图表 50: 外资龙头占据全球柔性触觉传感器市场主导	29
图表 51: 国内公司的参与推动电子皮肤行业格局走向多元化	29
图表 52: 人形机器人按照形态可以分为桌面式、轮式、双足式	30
图表 53: 人形机器人逐步演变成了具有人类特征的智能系统	31
图表 54: 人形机器人上游主要是组成机器人的零部件, 下游则是其应用场景	31
图表 55: 未来人形机器人落地场景或将由工业向家庭和商业演进	32
图表 56: 未来人形机器人有望落地于复杂的工业总装、家务、餐饮制作	32
图表 57: 北美人形机器人仓储物流应用覆盖率达到 23%	33
图表 58: 欧洲人形机器人家庭服务应用场景覆盖率 41%	33
图表 59: 中国人形机器人工业生产应用占比达到 29%	33
图表 60: 日韩人形机器人主要用于家庭服务和商业服务	33
图表 61: 全球典型机器人进厂落地优先工种覆盖搬运、质检、工站衔接、基础组装 ...	33

图表 62: 全市场机器人产业链标的梳理: 北交所、新三板在各领域均有相关公司	35
图表 63: 开特股份 2024 年实现营收 8.26 亿元、归母净利润 13784.57 万元	36
图表 64: 奥迪威 2024 年营收超 6 亿元、归母净利润达 0.88 亿元	37
图表 65: 鼎智科技 2025Q1 营收及归母净利润均同比改善	38
图表 66: 丰光精密 2024 年实现营收 2.32 亿元、归母净利润 0.21 亿元	39
图表 67: 万达轴承 2024 年实现营收 3.46 亿元、归母净利润 0.58 亿元	40
图表 68: 泰德股份 2024 年实现营收 3.4 亿元、归母净利润 0.25 亿元	41
图表 69: 苏轴股份 2024 年实现营收 7.15 亿元、归母净利润 1.51 亿元	42
图表 70: 明阳科技 2024 年实现营收 3.04 亿元、归母净利润 0.79 亿元	43
图表 71: 威贸电子 2024 年实现营收 2.60 亿元、归母净利润 4458 万元	44
图表 72: 创远信科 2024 年实现营收 2.33 亿元、归母净利润 1246 万元	45
图表 73: 铁大科技 2024 年营收 2.80 亿元、归母净利润 5699 万元	46

1. 人形机器人：软件端亟需整合 AI 与 ML 技术，硬件端关注关节执行器等突破进展

1.1. 产业核心：丝杠、无框力矩电机、减速器、力传感器等价值量占比较高

参考 M2 觅途咨询《2024 人形机器人产业链白皮书》信息，人形机器人是一种利用人工智能和机器人技术制造的具有类似人类外观和行为的机器人，是人工智能技术的重要载体。随着新一轮科技革命和产业变革加速演进，人工智能、5G、新能源、新材料等与机器人技术深度融合。人形机器人产业链上游为零部件供应，**核心零部件包括谐波减速器、无框力矩电机、空心杯电机、行星滚柱丝杠、编码器、传感器、轴承等**；中游为人形机器人的设计、制造和测试过程；下游应用领域包括工业制造、灾害救援、危险作业、智慧物流、安防巡逻、服务娱乐等。

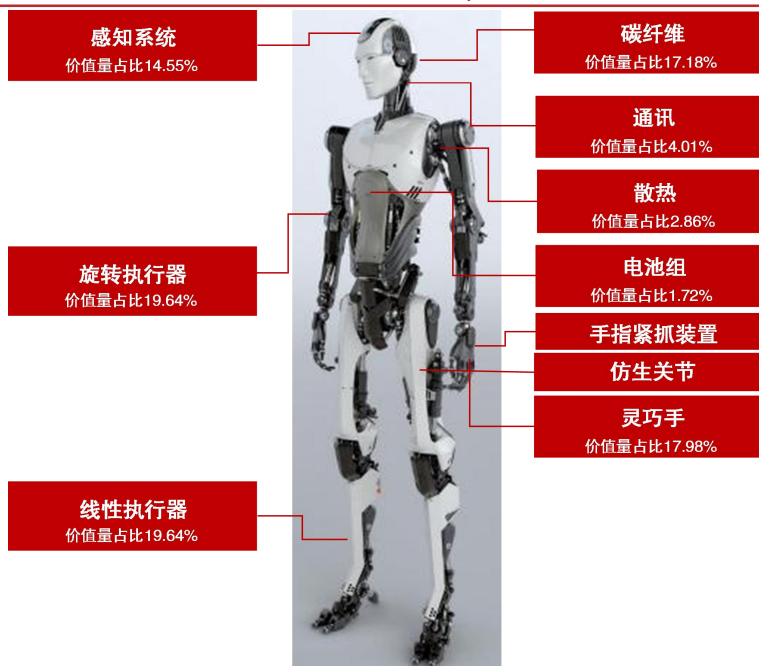
图表 1：人形机器人产业链示意图



资料来源：《2024 人形机器人产业链白皮书》M2 觅途咨询、华源证券研究所

参考前瞻产业研究院信息，从功能模块来看，人形机器人的运动机构具有高度复杂性，**技术难度、价值占比都较高**。相比其他机器人，人形机器人需要保持相对平衡并适应不同行走环境，而执行器是实现其运动的关键部件，当下一一种较为普遍的运动机构设计是通过线性执行器与旋转执行器配合，来实现灵活运动能力。据前瞻产业研究院数据，人形机器人线性执行器、旋转执行器价值量占比较高，均可达到整体的 20%左右。

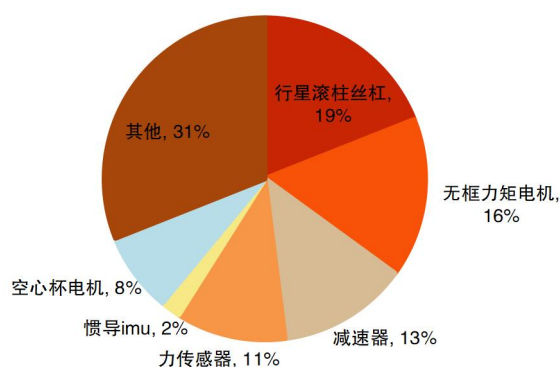
图表 2：人形机器人的线性与旋转执行器价值量较高，各占 20%左右



资料来源：前瞻产业研究院、华源证券研究所

从具体零部件来看，机器人运动功能相关的行星滚珠丝杠、无框力矩电机、减速器、力传感器等部分价值量占比较高。参考前瞻产业研究院信息，人形机器人上游核心部件包括传动（行星滚柱丝杠、减速器）、驱动（无框电机、空心杯电机）、感知（力传感器、视觉传感器）等多个模块。到 2030 年，行星滚柱丝杠或将占据人形机器人最大成本份额(达到 19%)，力传感器或将占比超 10%。

图表 3：2030 年人形机器人零部件价值量占比（预计数据）



资料来源：前瞻产业研究院、华源证券研究所

北交所公司在人形机器人的减速器、电机、丝杠、传感器等领域均有业务涉及。

（1）**减速器**：参考 GGII 信息，在人形机器人领域，减速器与电机、传感器、驱动器等构成关节执行器，RV 减速器、谐波减速器、行星减速器在人形机器人领域具有一定的适配性。当前，我国精密减速器行业已出现绿的谐波、来福谐波、同川精密、大族精密、环动科技、中大德等企业，很大程度上推动了精密减速器的国产化进程。

谐波减速器方面：国产谐波减速器替代相对明显，我国自主生产的谐波减速器在性能与可靠性方面已初步达到国际主流水平。

RV 减速器方面：由于 RV 减速器产品结构和工艺技术较谐波减速器更复杂，核心技术难以完全掌握，尽管部分国内企业已具备一定的 RV 减速器批量生产能力，但行业整体与国外先进水平仍有差距。

行星减速器方面：目前市场主要参与者为外资厂商、合资厂商与国产厂商，其中国产厂商更多聚焦于中低端应用领域，在高端精密行星减速器领域外资厂商依然占据主要市场份额。主要代表厂商有赛威传动（德国）、纽卡特（德国）、威腾斯坦（德国）、新宝（日本）、纽格尔智能（中国）、罗斯特（中国）、中大力德（中国）、纽仕达特（中国）、科峰智能（中国）等。

图表 4：RV 减速器、谐波减速器、行星减速器在人形机器人的不同部位分别具有适配性

维度	RV 减速器	谐波减速器	行星减速器
图示			
技术特点	通过多级减速实现传动，一般由行星齿轮减速器的前级和摆线针轮减速器的后级组成，组成的零部件较多，结构较复杂	通过柔轮的弹性变形传递运动，主要由柔轮、刚轮、波发生器三个核心零部件组成。与 RV 及其他精密减速器相比，谐波减速器使用的材料、体积及重量大幅度下降。	行星齿轮结构减速机通常由多级行星轮组成，由齿数少的齿轮啮合输出轴上的大齿轮来达到减速的目的
工作原理	偏心轮驱动摆线针齿轮进行旋转，通过摆线针齿轮的连续啮合实现减速	波发生器产生谐波运动，驱动柔性铰链轮实现减速输出	行星轮在太阳轮的驱动下转动，实现减速输出
功率密度	相对较低	高	相对较低
传动效率	可达 95%以上	可达 90%以上	可达 80%以上
传动精度	较高	高	较高
输出扭矩	大	中	小
可靠性	较高	相对较低	较高
成本	高	较高	低
人形机器人使用部位	腰部、髋关节等	肩关节、肘关节、腕关节、腰部、颈部等	手部、膝关节、踝关节等

资料来源：《中国人形机器人产业发展蓝皮书（2024）》高工咨询、华源证券研究所

（2）电机：参考 GGII 信息，人形机器人中常见的电机类型包括步进电机（Stepper Motor）、无框力矩电机、永磁同步电机（PMSM）、空心杯电机（Coreless Motor）等。这些电机类型各有特点，适用于不同的应用场景。

图表 5：人形机器人中常见的电机类型包括步进电机、无框力矩电机等

性能	步进电机	无框力矩电机	永磁同步电机	空心杯电机
图示				
控制精度	取决于相数和拍数，两相混合式步进电机的步距角一般为 1.8°、0.9°	取决于电机结构和编码器，高精度的无框力矩电机控制精度可以达到	取决于编码器，高性能的永磁同步电机能达到 0.1° 甚至更高精度	高性能的空心杯电机能达到 0.1° 甚至更高精度

		0.1° 甚至更高精度		
低频特性	低速时易出现低频振动现象	扭矩产生相对平滑, 无显著的扭矩脉动	具有良好的低频特性	具有良好的低频特性
矩频特性	输出力矩随转速升高而下降, 低速时转矩较高, 高速时转矩会急剧下降	具有高扭矩输出, 且随着频率增加, 扭矩性能逐渐减小	具有较高的转矩密度, 使其在高速运行时仍然能够输出较大的扭矩	具有较高的功率密度, 温升低, 效率高
过载能力	一般不具有过载能力	具有较强的过载能力	具有较强的过载能力	具有较强的过载能力
运行性能	开环控制, 启动频率过高或负载过大易出现失步或堵转的现象, 停止时转速过高易出现过冲现象	闭环控制, 一般不会出现失步或过冲现象	闭环控制, 一般不会出现失步或过冲现象	闭环控制, 一般不会出现失步或过冲现象
速度响应性能 (从静止到工作转速)	200~400 毫秒	几毫秒到十几毫秒	20~50 毫秒	<28 毫秒
悬停能力	停转时转矩达到峰值, 保持力矩较大, 可以在不使用刹车的情况下保持在停止位置	在无外部扭矩作用下能够保持稳定的转速	悬停状态下能够保持稳定的输出, 为悬停运动提供强大的支持	悬停状态下能够保持稳定的输出, 为悬停运动提供强大的支持
经济性	结构简单, 成本较低	结构相对简单, 成本高	结构相对简单, 成本高	结构相对简单, 成本高
人形机器人领域应用空间	小	大	大	大

资料来源:《中国人形机器人产业发展蓝皮书(2024)》高工咨询、华源证券研究所

步进电机方面:参考 GGII 信息,我国产业发展已较为成熟,企业在技术方面不断进行研发和创新,产品性能和可靠性不断提升,与国际先进水平的差距不断缩小,形成了完善的产业链和供应链。

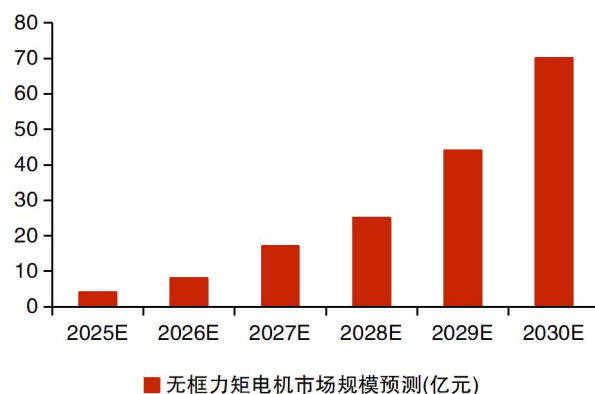
无框力矩电机方面:参考 GGII 信息,无框力矩电机磁路和工艺设计是影响电机转矩密度、功率密度的重要环节,国外领先企业凭借技术积累与市场先发优势,在产品核心性能指标和市场份额方面存在优势。经过多年发展,步科股份、杭州三相、大族电机等国内公司不断创新,产品关键参数与国外企业的差距不断缩小,但转矩密度和国外高端无框力矩电机相比仍存在差距,且国产份额提升空间较大。据嘉世咨询预测,无框力矩电机市场有望在未来五年蓬勃发展,到 2030 年市场规模预计达 70 亿元。

图表 6: 无框电机示意图



资料来源:嘉世咨询、华源证券研究所

图表 7: 2030 年无框力矩电机市场规模预计达 70 亿元



资料来源:嘉世咨询、华源证券研究所

空心杯电机方面:参考嘉世咨询信息,空心杯电机是人形机器人灵巧手的核心部件,灵巧手使用的空心杯电机一般指的是空心杯电机与多级行星减速箱组成的模组。空心杯电机在

结构上突破传统电机的转子结构形式，采用了无铁芯转子，也叫空心杯型转子，这种新颖的转子结构彻底消除了因铁芯形成涡流而造成的电能损耗，其形状类似于杯子，故称为空心杯电机。目前国外头部企业占据空心杯电机市场主要份额，其采用一次性绕制成型的生产技术，掌握壁垒线圈绕组设计和加工、壁垒绕线设备技术等核心技术，国内企业主要用绕卷式生产，工艺比较繁琐，而且自动化程度低，性能与国外先进水平存在较大差距，且绕线机一般只能绕制尺寸较小、线径较细、形状单一的线圈，无法满足大功率空心杯电机的要求。

图表 8：空心杯电机结构包含绕组、永磁体等主要部分



资料来源：五颗星马达官网、华源证券研究所

参考嘉世咨询信息，空心杯电机可分为有刷电机和无刷电机，人形机器人可根据具体场景对这两种电机进行应用。具体来看，无刷电机具备更高性能、效率较高且后续维护成本低，而有刷电机具备成本优势。

图表 9：空心杯电机可分为有刷电机和无刷电机，适用于机器人不同场景

	无刷空心杯电机	有刷空心杯电机
换向方式	无刷空心杯电机采用电子换向，通过霍尔元件感知磁极位置，使用电子线路适时切换电流方向。这种方式没有物理摩擦，效率更高，转矩波动小，使用寿命更长	有刷空心杯电机采用机械换向，通过电刷和换向器的摩擦来切换电流方向。这种机械换向方式会导致摩擦和电火花，影响电机的使用寿命，并可能干扰周围的电子设备
效率	无刷空心杯电机由于没有物理摩擦，效率更高，特别是在高转速或高负载条件下表现更为出色	有刷空心杯电机由于存在机械摩擦，效率相对较低，特别是在高转速或高负载情况下，效率下降更为明显
寿命和维护成本	无刷空心杯电机几乎无需维护，没有电刷磨损问题，可靠性更高，使用寿命更长	有刷空心杯电机因为有电刷的存在，维护成本较高，且电刷磨损会影响性能，缩短电机寿命
应用场景	无刷空心杯电机则适用于需要高性能、高效能和低维护成本的场合	有刷空心杯电机适用于对成本较为敏感且易于维护的场合

资料来源：嘉世咨询、华源证券研究所

(3) 丝杠：参考 GGII 信息，按摩擦特性，丝杠分为滑动丝杠、滚动丝杠以及静压丝杠，其中滚动丝杠在人形机器人领域适配性更高，包含滚珠丝杠和行星滚柱丝杠，可应用于人形机器人灵巧手、线性执行器等部位。受限于行星滚柱丝杠成本，在人形机器人产业化发展前期，或将存在滚珠丝杠和行星滚柱丝杠两种精密传动解决方案并存的局面，随着人形机器人产业化进程的持续推进，国产行星滚柱丝杠厂商通过技术创新与迭代有望进一步降低成本，行星滚柱丝杠有望逐步取代滚珠丝杠精密传动解决方案。

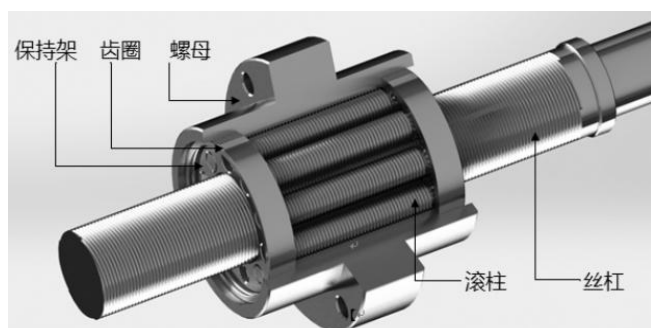
图表 10：滚珠丝杠和行星滚柱丝杠在人形机器人领域适配性较高

维度	滚珠丝杠	行星滚柱丝杠
传动单元	滚珠	螺纹滚柱
图示		
传动效率	由于滚珠的使用，摩擦较小，因此具有较高的效率	滚柱丝杆的滚柱与螺纹接触面相对较大，可能产生较大的摩擦，效率较滚珠丝杆低
导程	受滚珠直径限制大于 0.5mm	可小于 0.5mm 或更小
承载能力	滚珠与丝杠的接触为点接触，承载能力相对较低	滚柱与丝杠接触半径更大，且所有滚柱同时参与啮合，接触点多，承载能力强
抗冲击能力	相对行星滚柱丝杠较低	滚柱丝杠能够承受更大的轴向力和径向力，抗冲击能力更高
速度	速度相对行星滚柱丝杆较慢	行星滚柱丝杠没有轴向运动，速度更快
体积	在同载荷的情况下，体积相对行星滚柱丝杆较大	在同载荷的情况下，行星滚柱丝杠的体积比滚珠丝杠小 1/3
寿命	寿命相对行星滚柱丝杠较低	寿命可达滚珠丝杠的 15 倍

资料来源：《中国人形机器人产业发展蓝皮书（2024）》高工咨询、华源证券研究所

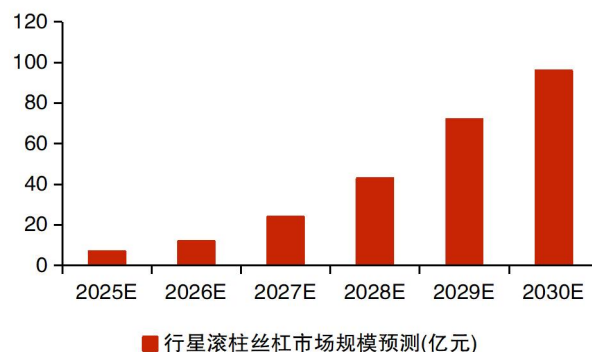
参考陈传涓《行星滚柱丝杠副产品产业化应用分析》信息，与滚珠丝杠比较，相同尺寸下行星滚柱丝杠具有高效、承载大和可高速旋转等特点，因此，已在部分应用领域替代滚珠丝杠，特别是对载荷和尺寸要求较为苛刻的应用场合。据嘉世咨询预测，预计 2025 年行星滚柱丝杠市场空间不足 10 亿元，后续渗透空间广阔，2030 年市场规模或将达到 96 亿元。

图表 11：行星滚柱丝杠副结构示意图



资料来源：《行星滚柱丝杠副产品产业化应用分析》陈传涓、华源证券研究所

图表 12：2030 年行星滚柱丝杠市场空间或将达到 96 亿元



资料来源：嘉世咨询、华源证券研究所

参考 GGII 信息，在高端丝杠领域，国内产品在精度、可靠性等方面与国外头部企业相比仍存在一定差距，特别在行星滚柱丝杠领域，受限于磨削等加工工艺、加工设备等方面的技术限制，国外企业占据行星滚柱丝杠的绝大部分市场份额。尽管国内已有一定产业基础，如南京工艺、博特精工、新剑智能等厂商已能够小规模生产行星滚柱丝杠，但是性能与国外产品依然存在一定的差距，主要体现在效率、承载能力和精度上。

1.2. 发展现状：政策频出推动软硬件协同升级，预计 2029 年我国产业规模 750 亿元

参考前瞻产业研究院信息，全球主要经济体积极推进机器人产业发展，通过政策等手段实现长期支持。各国早期聚焦机器人技术研发和初步产业落地（如美国的《国家机器人计划》、欧洲《欧盟机器人研发计划》等），其后逐步将人工智能与机器人进行概念结合（如《欧洲人工智能战略》），而且扩展至更为具体的产业应用指引（如日本《社会基础设施用机器人开发、引进五大重点领域》、中国《“机器人+”应用行动实施方案》等）。近年来尤其中国的机器人相关政策频出，更强调应用落地与创新指引，其背景正是我国机器人技术从实验室走向产业应用的关键时间节点，有望对机器人产业发展起到长期促进作用。

图表 13：近几年来我国频频推出机器人相关产业政策



资料来源：前瞻产业研究院、华源证券研究所

参考前瞻产业研究院信息，通过对 2016–2024 年中国系列政策的梳理，可清晰看出国家指导人形机器人产业升级的战略路径：早期政策聚焦基础技术突破与工业机器人体系构建，强调仿生技术、核心零部件国产化；2021 年“十四五”规划转向产业生态布局，提出建设全球机器人创新策源地和高端制造集群的目标；2023 年起进入加速期，密集出台专项政策，明确量化指标（如 2025 年制造业机器人密度较 2020 年翻番、到 2025 年人形机器人仿生机构突破 28 个自由度），并着力构建安全可靠的产业链；至 2024 年政策进一步强调高端装备攻关，产业落地目标更加明确。

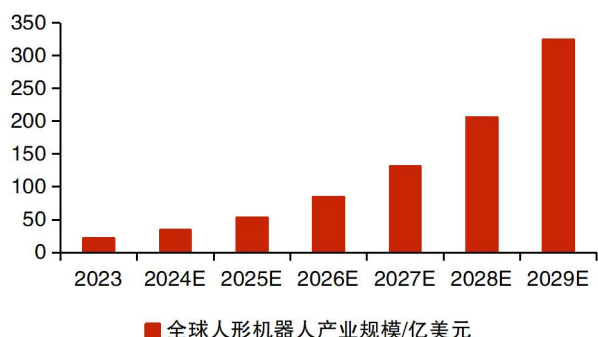
图表 14：中国人形机器人政策重心由技术转向产业化

人形机器人政策历程	2012年	《服务机器人科技发展“十二五”专项规划》	围绕高端仿生技术，重点开发仿人形机器人、高负载高稳定高速机动仿生骡子、适应多环境的自变形模块化机器人等。
	2016年	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	构建工业机器人产业体系，全面突破高精度减速器、高性能控制器、精密测量等关键技术与核心零部件，重点发展高精度、高可靠性中高端工业机器人。
	2021年	《“十四五”机器人产业发展规划》	到2025年，推动中国成为全球机器人技术创新策源地、高端制造集聚地和集成应用新高地。
	2021年	《“十四五”智能制造发展规划》	提高产品质量和安全性，满足多样化、高品质需求，大力推广面向工序的专用制造装备和专用机器人。
	2023年	《“机器人+”应用行动实施方案》	到2025年，制造业机器人密度较2020年实现翻番，服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升，机器人促进经济社会高质量发展的能力明显增强。
	2023年	《2023年未来产业创新任务揭榜挂帅工作》	到2025年，建立人形机器人高动态行走控制算法，可支持具有双足、双臂、腰、髋、膝、踝等不少于28个自由度的人形仿生机构。
	2023年	《人形机器人创新发展指导意见》	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。
	2024年	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	加快实施重大技术装备攻关工程，突破人形机器人等高端装备产品，以整机带动新技术产业化落地，打造全球领先的高端装备体系。

资料来源：前瞻产业研究院、华源证券研究所

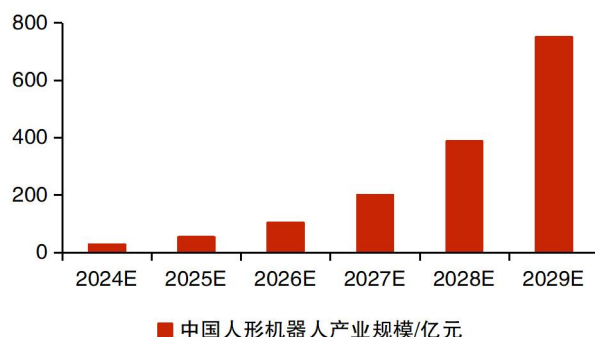
据前瞻产业研究院数据，2023 年全球人形机器人市场规模达 21.6 亿美元；随着技术不断进步，其商业化应用场景有望持续拓展，在提升生产效率的同时，也有望在教育 and 家庭生活领域发挥更重要作用。预计到 2029 年全球人形机器人市场规模达到 324 亿美元，中国人形机器人市场增长潜力同样较大，2024 年市场规模约为 27.6 亿元，预计 2029 年增长至 750 亿元。

图表 15：预计 2029 年全球人形机器人市场达 324 亿美元



资料来源：中国人形机器人产业大会、前瞻产业研究院、华源证券研究所

图表 16：预计 2029 年中国人形机器人市场达 750 亿元



资料来源：中国人形机器人产业大会、前瞻产业研究院、华源证券研究所

人形机器人产业的发展高度依赖整体技术体系的支撑。从硬件层面来看，关节执行器等核心技术的突破性进展或将是推动产业质变的关键。参考罗兰贝格信息，人形机器人不仅是机械装置，更是具身智能的物理载体，这意味着它们不仅需要精密协同的硬件与软件架构，更需要一个能持续进化的智能内核；虽然现有的人形机器人已能完成如跳舞、跑步、跳跃等展示性动作，但其在工业领域的实际应用仍十分有限。从硬件角度看，人形机器人的核心挑战在于精准模仿人类动作，当前行业解决方案依赖于安装液压、电动、气动、人工肌肉等多种关节执行器来模拟人类的运动学特性，但现有关节执行器在能量密度、能源效率、噪音控制、耐用性及安全性等方面仍存在显著不足；此外，极其复杂的控制系统也要求机器人具备强大的算力。

图表 17：关节执行器等核心硬件需要进一步升级以满足高仿生度动作

硬件	骨骼	关节执行器	传感器	电池
市场接受度	中高	中	中	中
描述	人工机器人的钢制骨架上密布着精密关节，帮助它完成各种动作	机械“肌肉”让机器人完成设计好的动作	传感器让机器人获得“感知能力”：高精度的力矩与力量数据确保机器人丝滑完成动作	机器人通过电池获得“食物”，有力量完成目标动作
行业现状	10-83 个自由度 vs 人手的 27 个自由度	液压和电动、线性和旋转关节执行器	各类摄像头，如 2-8 个镜头、LIDAR 摄像头，和用来沟通的声呐和显示器	1-16 小时混合工作模式；充电时间：15-120 分钟
目标状态	设计优化后的身体能充分发挥所有硬件组件的潜力	更高能量密度，更低能耗	更精细还原的感知能力，让机器人能更快、更精准地分析周围环境	更高能量密度，更短充电时间

资料来源：罗兰贝格、华源证券研究所

在软件层面，人形机器人需深度整合人工智能与机器学习技术，才有望获得接近人类的认知与交流能力。参考罗兰贝格信息，尽管现有机器人已能独立完成自主导航、人脸识别、语音合成及理解人类动作等基础感知任务，但在信息归纳、动态策略调整和主动交互方面仍存在显著不足，往往需依赖预设程序或人工遥控操作，这种局限性严重制约了机器人的通用性与普适性。人形机器人的未来发展亟需在多个软件技术领域取得突破，包括生成式人工智能、大语言模型、强化学习及计算机视觉等。

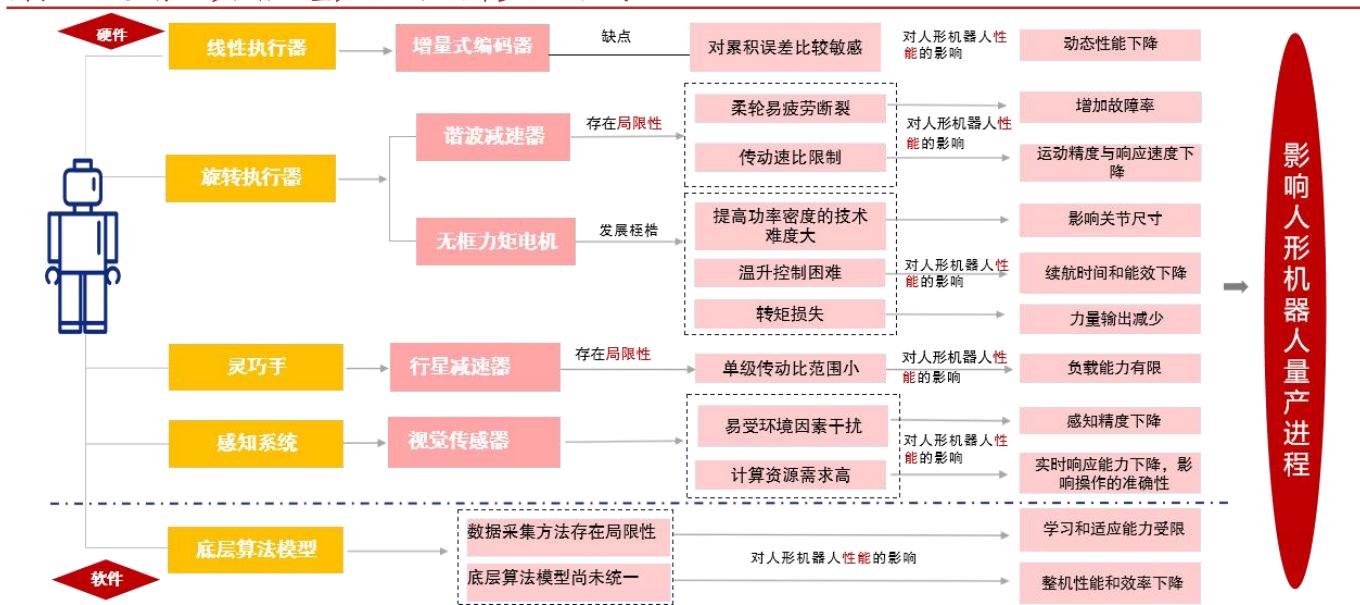
图表 18：人工智能等领域的技术突破是完善人形机器人的重要条件

软件	人工智能训练	跨软件模块协作	边缘计算
市场接受度	低	中低	中
描述	人工智能是人形机器人的“大脑”。持续学习能力和灵活适用性是提升机器人表现的关键因素	人形机器人身上安装了各种电子元件和先进软件模块，软硬件系统之间必须深度融合、无缝协作	人形机器人上的本地算力都与边缘计算设备相连，具备低延迟高带宽的数据连接
行业现状	AI 算法得到普遍应用，并针对某些特定场景定制开发算法	每个软件模块只负责完成自己的工作—各软件系统间的沟通十分有限	现有机器人的算力延迟可以接受，能够实现基础功能
目标状态	实现通用人工智能，无需完成高强度定制化训练，人形机器人即可在所有领域投入使用	电子系统和软件模块之间通过标准的统一接口保持顺畅连接	必须(借助低延迟高带宽的数据连接)提升机器人的算力，使其能够快速做出反应

资料来源：罗兰贝格、华源证券研究所

整体来看，当前人形机器人硬件系统与感知技术的发展面临多维度技术挑战。参考前瞻产业研究院信息，当下行业在硬件上主要瓶颈包括：1) 线性执行器由于使用增量式编码器而产生累积误差，容易导致动态性能衰减；2) 作为旋转执行器的核心部件，谐波减速器的柔轮结构存在疲劳断裂风险，且传动速比受限，用于人形机器人时易提升系统故障率且降低运动性能；而无框力矩电机受限于功率密度难以提升、温升控制难度高，容易引发输出力量不够、能效降低及关节尺寸难以缩减等问题；3) 灵巧手若使用行星减速器，则可能负载能力不够；4) 感知层面，视觉传感器受制于场景适应性不足及算力需求高，易致使感知精度下降、实时响应延迟、操作准确性降低等问题。软件上，则主要是底层算法模型在数据采集方法、统一性上亟需改进。

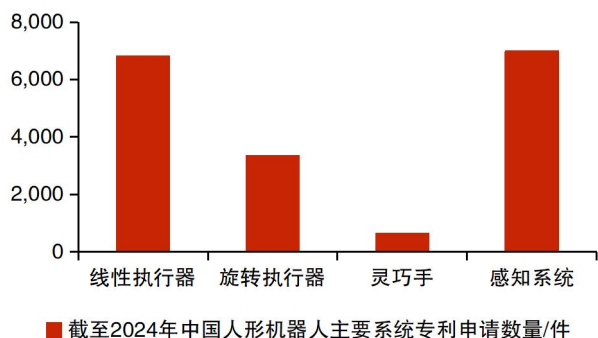
图表 19：当前人形机器人量产面临软硬件多方面挑战



资料来源：前瞻产业研究院、华源证券研究所

参考前瞻产业研究院信息，截至 2024 年 11 月，我国感知系统与线性执行器系统专利申请数量较多，分别为 6976 项与 6796 项。其中**感知系统**的主流路线是“视觉传感器+毫米波雷达+语音通讯”，**线性执行器**的主流路线是“无框力矩电机+行星滚柱丝杠+力矩传感器+编码器+驱动器+关节机加工件”，从专利申请情况来看，目前这两个系统为中国人形机器人市场主要关注领域；此外**旋转执行器**的主流路线是“无框力矩电机+谐波减速器+力矩传感器+编码器+驱动器+关节机加工件”，**灵巧手**的主流路线是“行星减速器+空心杯电机+编码器+驱动器+蜗轮蜗杆+线传动”。

图表 20：截至 2024 年我国感知系统专利申请数量较多



资料来源：incopat、前瞻产业研究院、华源证券研究所 注：数据截至 2024. 11

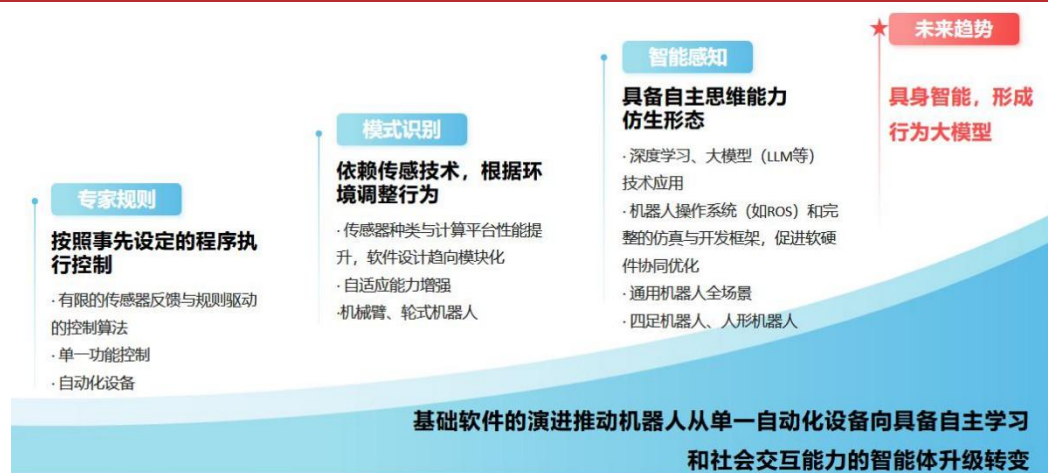
图表 21：中国人形机器人主要系统技术路线

系统	主要构成
感知系统	视觉传感器+毫米波雷达+语音通讯
线性执行器	无框力矩电机+行星滚柱丝杠+力矩传感器+编码器+驱动器+关节机加工件
旋转执行器	无框力矩电机+谐波减速器+力矩传感器+编码器+驱动器+关节机加工件
灵巧手	行星减速器+空心杯电机+编码器+驱动器+蜗轮蜗杆+线传动

资料来源：incopat、前瞻产业研究院、华源证券研究所

参考全国机器人标准化技术委员会《人形机器人标准化白皮书（2024版）》信息，除了硬件层面外，人形机器人基础软件体系也将随着感知、控制、决策等能力提升而不断演变，操作系统、核心算法、大模型及仿真软件等各环节技术提升和标准化已成为推动产业发展的关键。目前部分国内头部企业在核心算法领域展现出强大的研发实力，例如宇树科技、优必选等在步态规划、视觉识别、平衡控制等关键领域均取得了显著成果；大模型技术的国产化程度也正处于快速发展阶段。

图表 22：国内机器人软件能力正持续向更高智能化水平发展

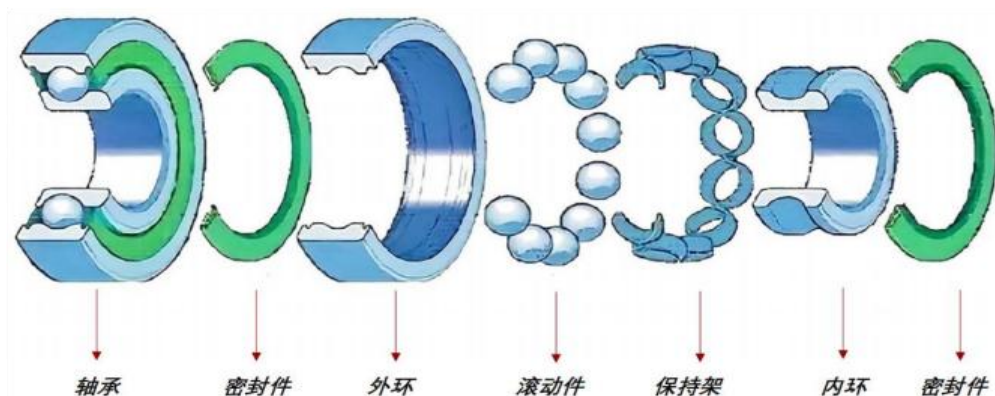


资料来源：《人形机器人标准化白皮书（2024版）》全国机器人标准化技术委员会、华源证券研究所

2. 机器人轴承：传动机构重要部件，国产化替代空间广阔

轴承的基本结构通常由内圈、外圈、滚动体、保持架、密封件、油脂等组成。内圈通常固定在轴颈上，与轴一起旋转；外圈通常固定在轴承座或机器的壳体上，起支撑滚动体的作用。滚动体安装在内圈和外圈之间，是承受负荷的零件，其形状、大小和数量决定了轴承承受载荷的能力和高速运转的性能。保持架将轴承中的滚动体均匀地相互隔开，使每个滚动体在内圈和外圈之间正常滚动。油脂主要用于各组件间的空隙，起到减少机械摩擦、润滑和密封的作用。

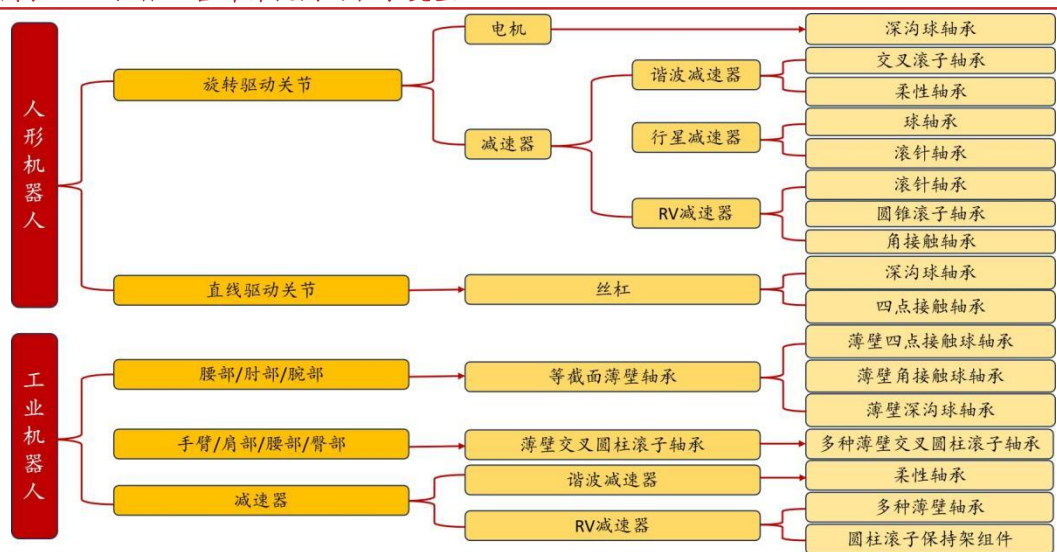
图表 23：轴承的基本结构通常由内圈、外圈、滚动体、保持架、密封件、油脂等组成



资料来源：万达轴承公开转让说明书、华源证券研究所

参考头豹研究院信息，轴承是机器人的重要组成部件之一，起到支撑旋转部件、减小摩擦、提高效率的作用，轴承主要应用在机器人减速器、电机、丝杠等部件。

图表 24：机器人各部件使用的轴承类型



资料来源：米思米官网、头豹研究院、华源证券研究所

磨削作为轴承加工的关键环节，其核心设备磨床至关重要。参考头豹研究院信息，在轴承生产成本里，磨削加工成本占比超 15%，生产所需磨床数量约为全部金属切削机床的 60%，磨削加工劳动量也在总劳动量中占 60%左右。轴承内外圈磨削涵盖磨削、超精、研磨等工艺，会用到端面磨床、外圆磨床、内圆磨床、无心磨床等机床。当下，高端轴承磨床多被美德日企业把控，不过中国的宇环数控、秦川机床等厂商磨床产品性能已达国际先进水平，国产替代正稳步推进。

图表 25：轴承制造主要工艺流程



资料来源：头豹研究院、华源证券研究所

2.1. 工业机器人轴承：减速器的关键零件, 2023 年全球市场规模达 90.04 亿元

参考中国轴承工业协会公众号信息，工业机器人轴承作为工业机器人的关键配套件之一，最适用于工业机器人的关节部位或者旋转部位、机械加工中心的旋转工作台、机械手旋转部、精密旋转工作台、医疗仪器、计量器具、IC 制造装置等。工业机器人的轴承主要包括等截面薄壁轴承、交叉滚子轴承、谐波减速器轴承、直线轴承、关节轴承等。

图表 26：工业机器人的轴承主要包括等截面薄壁轴承、谐波减速器轴承等

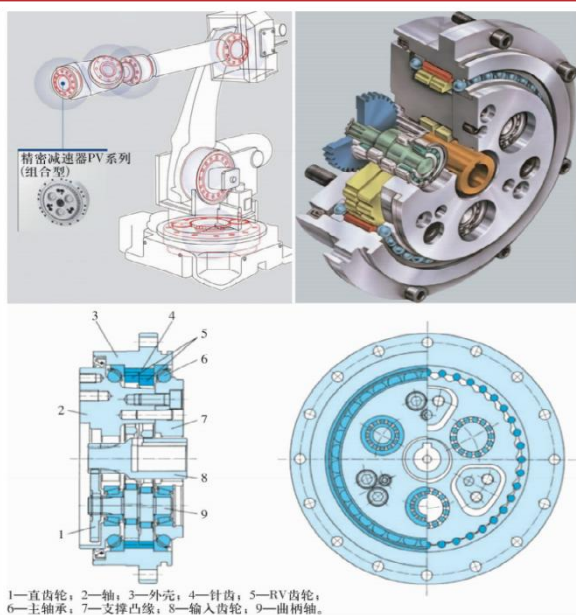
序号	类别	种类	应用部位	技术指标
1	等截面薄壁轴承	薄壁四点接触球轴承、薄壁角接触球轴承、薄壁深沟球轴承	工业机器人腰部、肘部、腕部	精度 P5 级, 寿命 6000h 以上
2	薄壁交叉圆柱滚子轴承	多种薄壁交叉圆柱滚子轴承	工业机器人机械手臂、肩部、腰部、臂部	精度 P4 级, 寿命 6000h 以上
3	RV 减速器轴承	多种薄壁轴承、圆柱滚子保持架组件	广泛应用于工业机器人	精度 P4 级, 温升不超过 30℃, 寿命 6000h 以上
4	谐波减速器轴承	柔性轴承	中小转矩机器人关节	精度 P5 级(部分 P4 级), 寿命 6000h 以上

资料来源：中国轴承工业协会公众号、华源证券研究所

减速器是工业机器人的核心部件，而轴承则是减速器的关键零件。工业机器人减速器有 RV 减速器、谐波减速器、摆线针轮减速器、行星减速器等，参考何加群《论我国重大技术

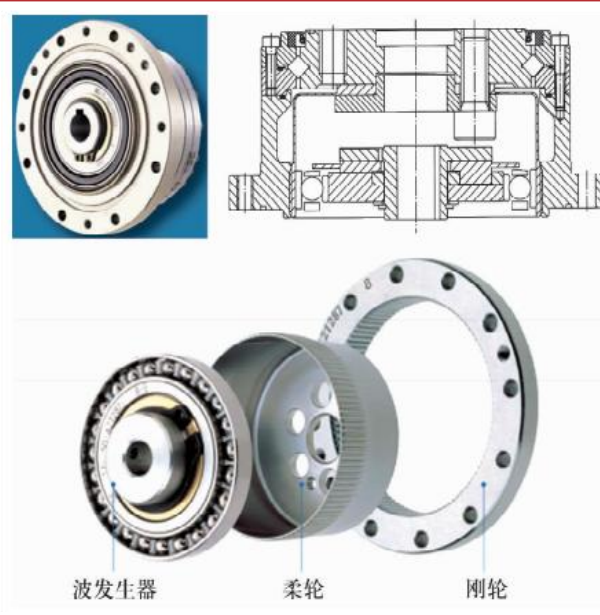
装备轴承的自主安全可控》信息，用量最大、技术水平最高的是 RV 减速器和谐波减速器。**RV 减速器轴承**包括作为减速器主轴承的薄壁角接触球轴承,用于偏心轴定位和主体支承的薄壁圆锥滚子轴承，用于摆线轮支承的圆柱滚子（滚针）保持架组件以及用于齿轮支承的薄壁深沟球轴承。**谐波减速器轴承**包括用于刚轮的薄壁交叉圆柱滚子轴承和用于柔轮的柔性轴承。**行星减速机**能做到功率分流，体积比较小，重量轻但承载能力高，还有使用寿命长、运转平稳的优点，较常用于起重、挖掘、建筑等行业。**摆线针轮减速机**采用摆线针齿啮合、行星式传动原理，优点是体积小、重量轻；传动比范围大；传动较平稳，效率和精度都较优，而缺点是无法承受大负载；拆装比较麻烦，维修的成本可能较高。

图表 27：RV 减速器轴承示意图



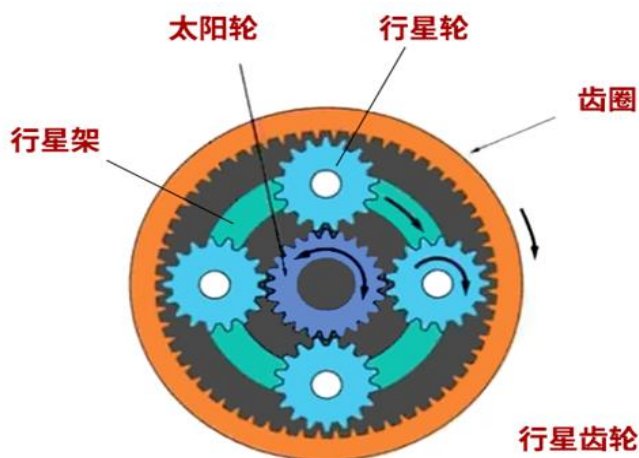
资料来源：《论我国重大技术装备轴承的自主安全可控》何加群、华源证券研究所

图表 28：谐波减速器轴承示意图



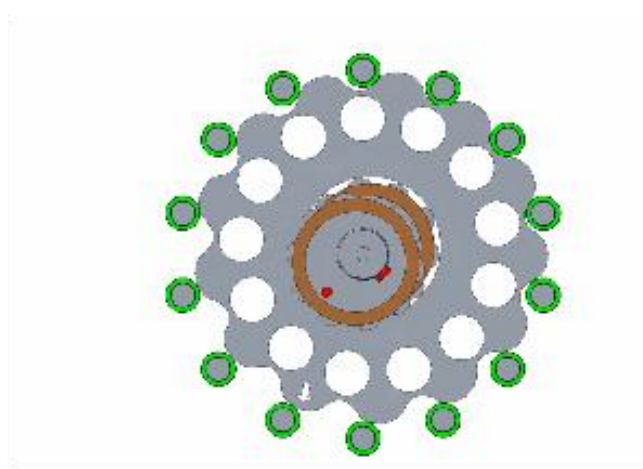
资料来源：《论我国重大技术装备轴承的自主安全可控》何加群、华源证券研究所

图表 29：行星减速机结构图



资料来源：工业机器人公众号、华源证券研究所

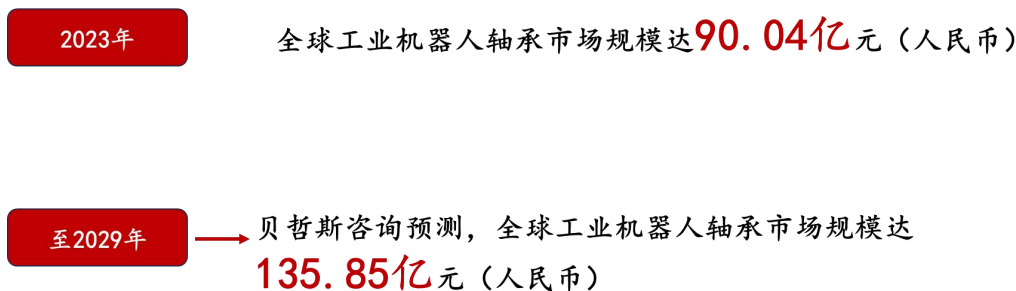
图表 30：摆线针轮减速机运转图



资料来源：工业机器人公众号、华源证券研究所

根据贝哲斯咨询数据,全球工业机器人轴承市场规模 2023 年达 90.04 亿元,预测至 2029 年全球工业机器人轴承市场规模达 135.85 亿元。

图表 31: 贝哲斯咨询预测至 2029 年全球工业机器人轴承市场规模达 135.85 亿元

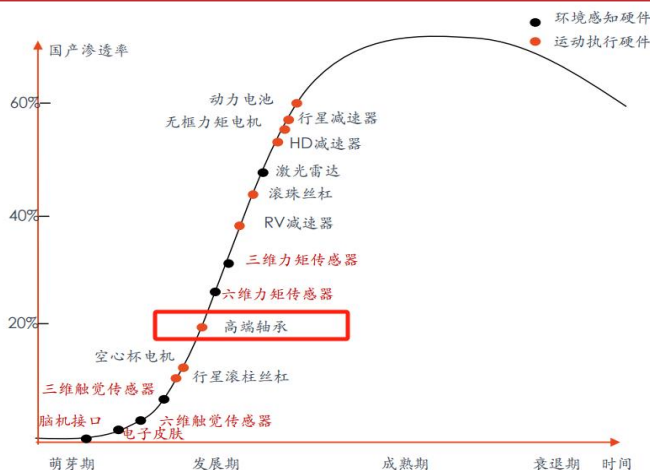


资料来源: 贝哲斯咨询、华源证券研究所

2.2. 人形机器人轴承: 高端轴承国产化率低于 20%, 中国企业正逐步突围

人形机器人有三大核心技术能力, 分别是运动控制能力、环境感知能力和人机交互能力。参考 M2 觅途咨询《2024 人形机器人产业链白皮书》信息, 硬件包含运动执行和环境感知两类。从下图可以看出, 人形机器人高端轴承目前处于发展期, 正向成熟期迈进, 而国产化率仍低于 20%, 国产替代势在必行。

图表 32: 人形机器人核心硬件产品的生命周期分析图



资料来源: 《2024 人形机器人产业链白皮书》M2 觅途咨询、华源证券研究所

根据 M2 觅途咨询对特斯拉 Optimus 产品价值量核算, 三大执行器 (线性执行器、旋转执行器、灵巧手) 占人形机器人主要零部件价值量的 73%; 主要由丝杠、无框力矩电机、减速器、力传感器、空心杯电机及轴承构成, 其中轴承占比 5.5%。

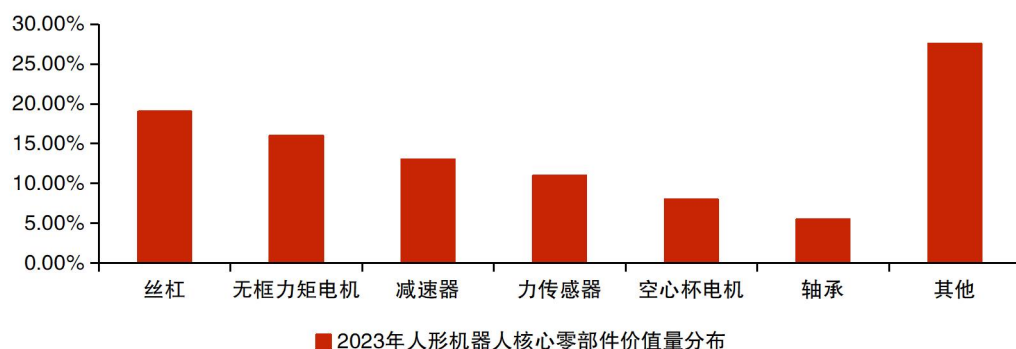
图表 33: 以特斯拉 Optimus 为例: 2023 年人形机器人核心零部件价值量分布

模块	产品	数量 (个/套)
大脑	FSD	1
眼睛	摄像头	8
动力	电池	1
灵巧手 (2)	空心杯电机	12

线性执行器（14）	精密行星减速器	12
	力传感器	12
	无框力矩电机	14
	力传感器	14
	行星滚柱丝杠	14
旋转执行器（14）	单列向心球轴承	14
	无框力矩电机	14
	力传感器	14
	谐波减速器	14
其他	交叉棍子轴承	14
	结构件/通讯/热管理等	-

资料来源：《2024 人形机器人产业链白皮书》M2 觅途咨询、华源证券研究所

图表 34：三大执行器占人形机器人主要零部件价值量的 73%



资料来源：《2024 人形机器人产业链白皮书》M2 觅途咨询、华源证券研究所

高端轴承市场基本被全球八大轴承企业垄断，下游汽车、机床、机器人等行业快速发展，中国企业正逐步突围。参考头豹研究院信息，从轴承市场格局看，国际企业方面，舍弗勒主要生产滚针轴承及液压顶杆等（INA）、中大型圆锥滚子轴承等，NSK 主要生产小型低噪音轴承等，TIMKEN 主要生产英制圆锥滚子轴承等；中国企业中，五洲新春已成功研发机器人谐波减速器柔性薄壁轴承等，光洋股份自研机器人减速机用交叉滚子轴承表面耐腐蚀镀黑铬技术，国机精工集中于高中端产品，人本股份、龙溪股份、长盛轴承等也在各自技术领域有所发展。

图表 35：机器人轴承市场参与者情况

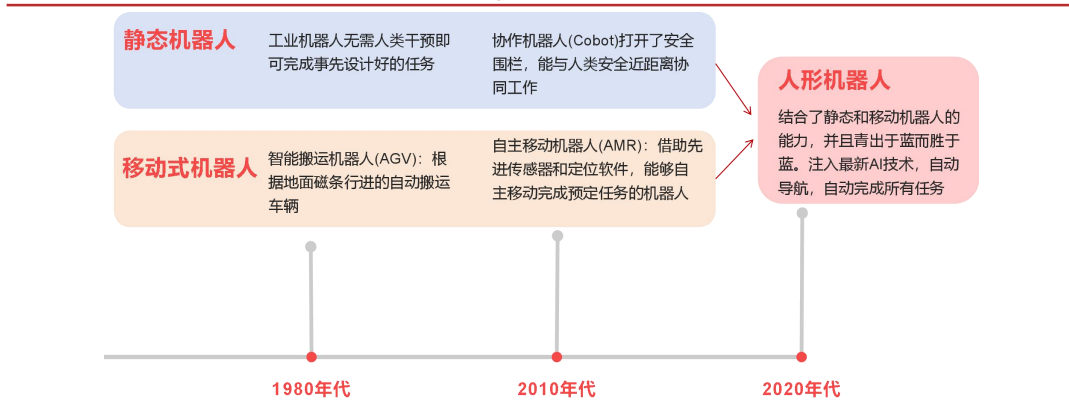


资料来源：头豹研究院、华源证券研究所

3. 人形机器人传感器：人机交互核心部件，力矩、视觉、触觉等类型市场广阔

参考罗兰贝格信息，通过统筹静态和移动式机器人两大传统形态，人形机器人产业正迎来发展临界点，核心驱动力源于技术突破与市场需求的深度耦合。当下生成式 AI、大语言模型及软硬件创新持续突破运动控制、环境感知与交互决策的技术边界，驱动着机器人的新形态从传统的静态机器人(工业机器人-协作机器人)及移动式机器人(AGV-AMR)中脱胎并不断进化，将演进至集成强大 AI 的多模态智能人形载体，借助传感器、执行器与边缘计算融合，实现复杂任务自主化与自然人机交互。

图表 36：人形机器人是机器人进化里程碑，将静态与移动式机器人统筹为一体



资料来源：罗兰贝格、华源证券研究所

产业链视角下，据前瞻产业研究院预测，行星滚柱丝杠有望占据人形机器人最大成本份额（预计到 2030 年占比 19%），力传感器预计亦将占比超 10%，高技术壁垒凸显上游供应瓶颈。参考前瞻产业研究院信息，人形机器人上游核心部件包括传动（行星滚柱丝杠、减速器）、驱动（无框电机、空心杯电机）、感知（力传感器、视觉传感器）等多个模块。其中行星滚柱丝杠价值量占比预计到 2030 年将为最高（达 19%），该部件当前由欧美企业主导（如 Rollvis、Ewellix），国产化率低且国产厂商起步晚。人形机器人中游制造端由 Tesla、波士顿动力等领衔，下游则覆盖工业制造与商业服务场景。整体来看，当下技术突破与本土替代需求正共同驱动产业链价值重构，国产替代亟需由丝杠、传感器等上游供应端开启破局。

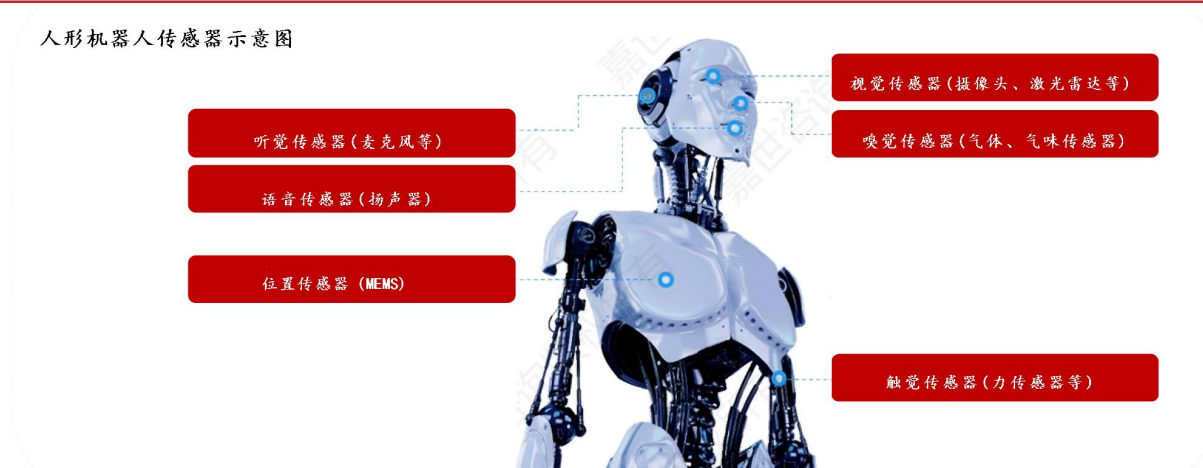
图表 37：人形机器人产业链拆解：欧美公司仍有优势



资料来源：前瞻产业研究院、华源证券研究所

作为人形机器人的交互核心，传感器构成物理世界与数字空间的关键桥梁。参考嘉世咨询信息，感知层的传感器是软件控制和硬件零部件的桥梁，是物理世界与数字世界的接口，是取得外界交互数据的关键。人形机器人对感知要求较高，主要有视觉、力觉、听觉、触觉以及位置等传感器，赋能机器人取得以上属性的感知能力。其中视觉传感器是交互的核心(视觉信息交互占据 80%)，触觉传感器是人形机器人的一大新增点，原本工业机器人无触觉传感器，以力矩传感器为核心的触觉传感器赋予了机器人“手”的感觉，使得机器人能够根据手感重量进行灵活操作。

图表 38：六大类传感器构建人形机器人多模态感知体系，为其自主决策提供底层支持



资料来源：嘉世咨询、华源证券研究所

全球传感器格局开始呈现多极化竞争态势，国产替代进程不断推进。据中国(无锡)物联网研究院、《人形机器人传感器发展建议与对策研究》（作者：朱琳等）统计，在激光雷达与 MEMS 麦克风等领域，中国已建立优势（禾赛全球激光雷达市占率 37%，歌尔股份、瑞声科技占 MEMS 麦克风半壁江山）；六维力传感器及扭矩传感器正加速技术追赶（坤维科技实现精度达 0.5%）；然而高端 IMU（五大外资占据 88%份额）、柔性电子皮肤等仍存差距，毫米波传感器核心部件亦受制于人。未来国产厂商需聚焦芯片自主与材料工艺突破，以打通全产业链关键技术卡点。

图表 39：激光雷达等领域国产替代快速推进，而部分品类及部件进口依赖度仍较高

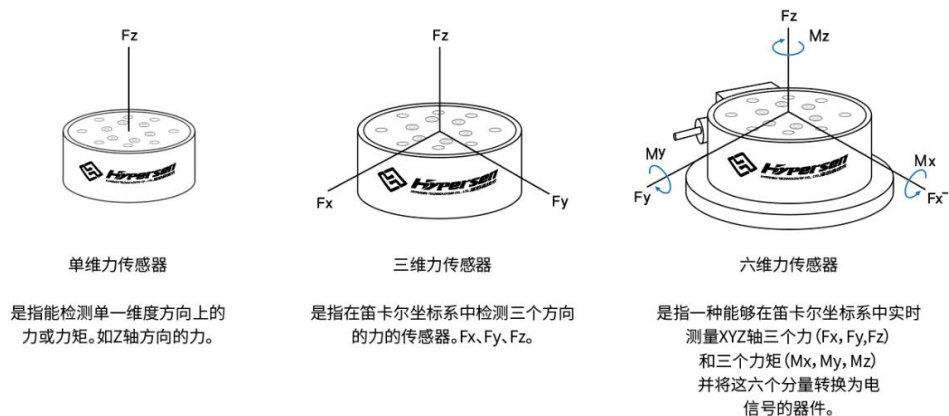
传感器类型	竞争现状
六维力传感器	美日主导，国产精度可达 0.5%（如坤维科技），但多数厂商精度仅 1%–3%
激光雷达	中国领跑（禾赛市占率 37%），核心探测器芯片依赖索尼
柔性电子皮肤	海外技术领先，国产产品可靠性、一致性存差距
高性能惯性测量单元（IMU）	前五大外资占 88%份额，芯动联科实现导航级精度
力控扭矩传感器	国产厂商崭露头角，与欧美日韩同台竞技
MEMS 麦克风	歌尔股份、瑞声科技占全球 50%份额
毫米波传感器	森思泰克推动国产替代，但核心部件仍被海外垄断

资料来源：中国(无锡)物联网研究院、《人形机器人传感器发展建议与对策研究》朱琳等、华源证券研究所

3.1. 力矩传感器：柔顺控制的关键，预计六维力传感器 2030 年全球市场规模 138 亿元

参考海伯森技术官网信息，力传感器是将力的变化转换为电信号的器件。六维力传感器可以测量物体在笛卡尔坐标系下三个轴向的力和力矩，是目前较为完整的多维力传感器形式；其为机器人提供了类似于人类触觉的功能，使得机器人能够感知和适应外部环境的变化，从而完成更加复杂和精细的任务，是机器人柔顺控制和操作的核心部件。

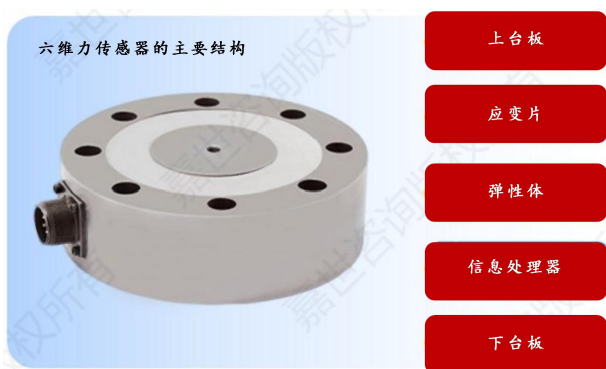
图表 40：六维力传感器可以测量物体在笛卡尔坐标系下三个轴向的力和力矩



资料来源：海伯森技术官网、华源证券研究所

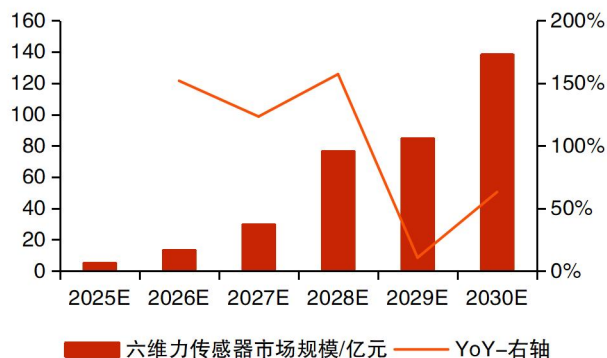
六维力传感器凭借全维度力矩测量能力，或将成为人形机器人动态控制的关键枢纽，市场空间广阔。参考嘉世咨询信息，按照测量维度，力矩传感器可以分为一至六维。二维和五维的力传感器较少见。一维力传感器只能精确测量特定方向的力，三维传感器可以精确测量设备参照点延伸的受力，而六维力传感器可以精确测量远离力矩的受力，当人形机器人摆动或者扭动时，力矩远离受力点的动态场最下，六维能排除干扰，准确测量受力数据，从而调整手臂或者灵巧手动作，是人形机器人实现精确控制的关键传感器。据高工机器人产研所预测数据，预计 2030 年全球六维力传感器市场规模达 138.4 亿元。

图表 41：六维力传感器主要部件包括弹性体、应变片等



资料来源：嘉世咨询、华源证券研究所

图表 42：预计 2030 年全球六维力传感器市场超百亿元

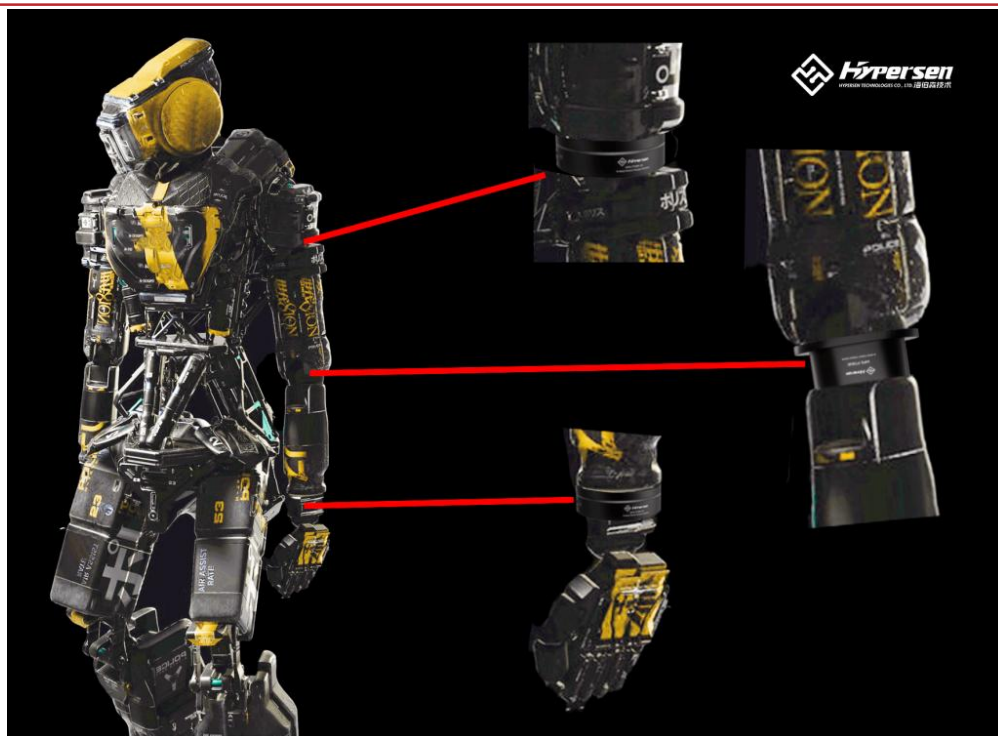


资料来源：高工机器人产研所、嘉世咨询、华源证券研究所

将六维力传感器安装在人形机器人的手腕、脚踝和灵巧手等部位，是业内对实现/提升人形机器人柔顺控制的共识。参考海伯森技术官网信息，六维力传感器能持续检测人形机器人与环境之间的多维交互力和力矩，并最终在运控规划、姿态调整、力度感知等功能中起到重

要作用。通过装配六维力传感器，人形机器人将有能力实现更高级别的自主操作，能够直接响应指令、执行复杂任务。

图表 43：六维力传感器可以安装在人形机器人的手腕、脚踝和灵巧手等部位

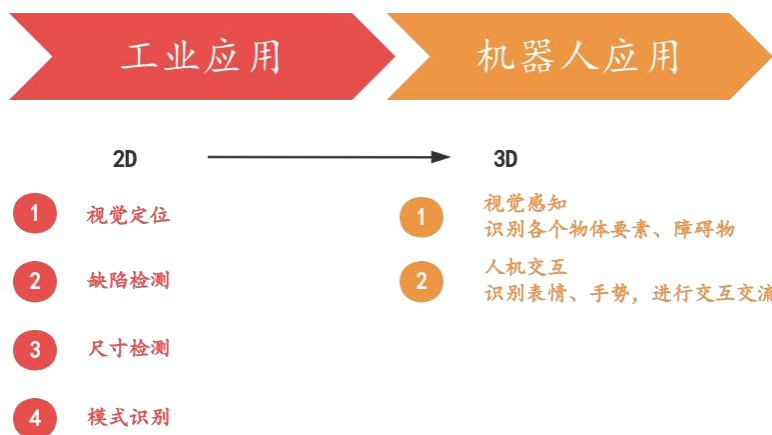


资料来源：海伯森技术官网、华源证券研究所

3.2. 视觉传感器：3D 视觉等技术路线持续演进，为机器人强化环境感知核心能力

视觉传感器成为机器人人机交互的核心媒介，其技术升级正重构机器人感知维度。参考嘉世咨询信息，视觉传感器在工业场景中承担定位、检测等基础功能，在机器人交互场景则升级为表情、姿态识别的载体，可实现拟人化反馈。

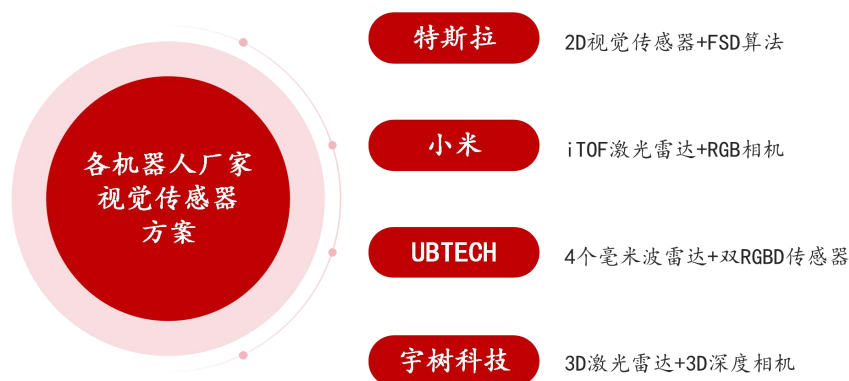
图表 44：视觉传感器的机器人应用实现从 2D 到 3D 进化



资料来源：嘉世咨询、华源证券研究所

参考嘉世咨询信息，当前各个厂商技术路线有所分化：特斯拉以 2D 传感器+FSD 算法主导优化，其他厂商则往往是融合多种视觉感知硬件，通过多传感器融合来突破环境感知的瓶颈，比如宇树科技通过 3D 激光雷达+3D 深度相机融合来提升视觉性能。

图表 45：各个厂商视觉传感器技术路线有所分化



资料来源：嘉世咨询、华源证券研究所

参考李鑫《人形机器人视觉、触觉、定位传感技术分析》信息，视觉感知是人形机器人获取环境信息的主要途径，其技术演进呈现 2D 向 3D 升级、视觉与激光雷达互补的特征。从应用场景来看，3D 视觉在柔性装配、精准抓取等高精度需求场景中具有明显优势，激光雷达则在中远距离导航与复杂环境避障中具有不可替代性。

图表 46：主要 3D 视觉感知方案对比，激光与 3D 视觉适用于不同场景

方案	双目方案	3D 结构光方案	TOF 方案
基础原理	视差算法	散斑结构光	飞行时间
激光光源	无(被动式)	15000 个散斑	均匀面光源
工作距离	≤2m	0.2m-1.2m	0.4m-5m
深度精度	5%-10%	≤1mm (0.2m-1.2m)	绝对精度 1%,相对精度 0.5% (0.4m-5m)
适用范围	暗光、无特征点无法使用	全天候	全天候
功耗	高	中	中
应用范围	背景虚化	人脸识别、人脸支付、3D 美颜	3D 建模、AR 应用、体感游戏

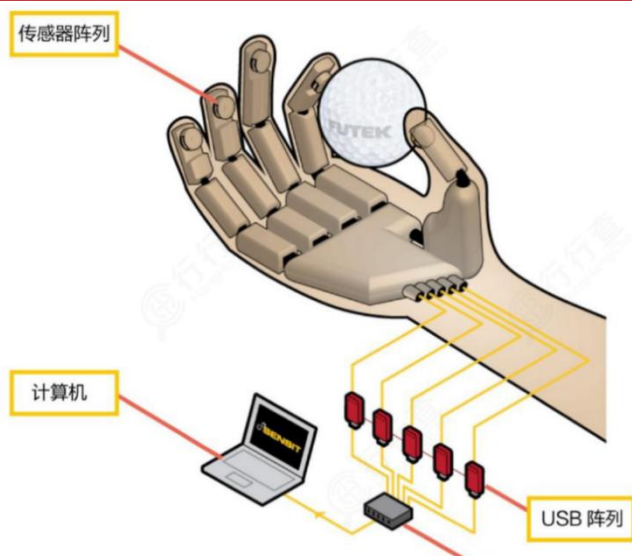
资料来源：《人形机器人视觉、触觉、定位传感技术分析》李鑫、华源证券研究所

3.3. 触觉传感器：精细操作的核心，形成 MEMS 传感器与电子皮肤两条主流路径

参考传感器专家网信息，触觉传感器是人形机器人感知外界接触的重要工具。它们能够模拟人类的触觉，感知外界的压力、温度等物理量。柔软且可拉伸的电容式新型触觉传感器可以通过电容量和电极之间的差异来获取法向力和剪切力，具有极高的灵敏度和柔韧性；这

种传感器可以覆盖在机器人的全身，形成类似人类皮肤的触觉感知层。在人形机器人的交互过程中，触觉传感器能够感知用户的触摸和力度，实现更加自然和人性化的交互体验。

图表 47：触觉传感器能够感知触摸和力度，实现更加自然和人性化的交互体验



资料来源：传感器专家网、华源证券研究所

参考李鑫《人形机器人视觉、触觉、定位传感技术分析》信息，触觉感知的技术发展围绕高灵敏度、快速响应、低成本量产三大目标展开，目前形成 MEMS 传感器与电子皮肤两条主流路径。MEMS（微机电系统）传感器通过集成压力、温度等感知单元，可实现对接触力、温度的实时检测，且具备体积小、量产工艺成熟等优势，凭借成本优势占据主导地位。从应用看，特斯拉 Optimus Gen2 实现鸡蛋抓取等精细动作，其核心支撑即压阻式 MEMS 传感器的高响应速度（毫秒级）与精度。电子皮肤作为柔性触觉传感器的典型代表，可模拟人类皮肤对压力、纹理、温度的感知，在服务机器人领域应用潜力显著。日本 XELA Robotics 的 uSkin 电子皮肤已推出多规格传感器阵列，能通过柔性基底贴附于机器人手指，实现对物体软硬、材质的识别。据李鑫《人形机器人视觉、触觉、定位传感技术分析》预测，未来 3—5 年，MEMS 与电子皮肤有望形成“场景分工”：MEMS 传感器聚焦工业场景的刚性抓取（如零部件装配），电子皮肤则逐步渗透服务场景的柔性交互（如家庭护理）。

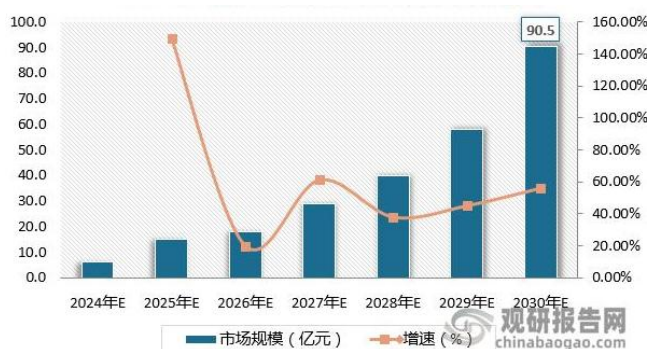
图表 48：机器人触觉感知目前形成 MEMS 传感器与电子皮肤两条主流路径



资料来源：《人形机器人视觉、触觉、定位传感技术分析》李鑫、华源证券研究所

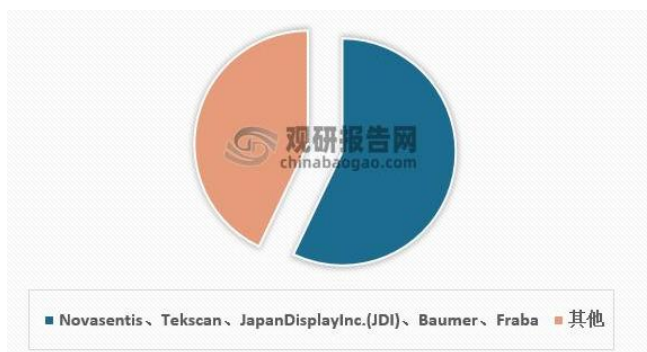
随着人形机器人市场的高速增长，电子皮肤的需求量也将不断上升，据观研天下数据，**预计 2030 年我国人形机器人用电子皮肤市场规模达 90.5 亿元，2024–2030 年复合增长率超 60%**。参考观研天下信息，目前电子皮肤在人形机器人中主要用于手部，以特斯拉二代灵巧手为例，其每个指尖配备了触觉传感器，此外机器人的脚尖、肩膀、膝盖、臀部、后背等能触碰到外界物体的部位均有可能用到电子皮肤，电子皮肤在人形机器人中的应用也将逐渐扩大。电子皮肤一般是由电极、介电材料、活性功能层、柔性基材组成，其中柔性触觉传感器是电子皮肤中最重要的传感元件之一，其高端产能被外国垄断，头部厂商主要包括 Novasentis、Tekscan、JDI、Baumer、Fraba 等。

图表 49：我国人形机器人电子皮肤规模或将持续增长



资料来源：观研天下、华源证券研究所

图表 50：外资龙头占据全球柔性触觉传感器市场主导



资料来源：观研天下、华源证券研究所

参考观研天下信息，电子皮肤行业壁垒较高，大部分市场份额被 Novasentis、Syntouch、Tekscan、JDI 等老牌国际龙头占据，这部分企业市场总份额达 90% 左右。国内上市公司及初创企业也纷纷布局电子皮肤相关技术和产品，目前已开始于工业、电子、测量等领域逐步应用，为国产机器人产业链的完善持续筑基。

图表 51：国内公司的参与推动电子皮肤行业格局走向多元化

类别	代表企业	主要触觉传感器产品	应用领域
国际企业	Novasentis	薄膜触觉传感器	AR/VR、可穿戴设备、运动训练、游戏控制器等
	Syntouch	触觉传感器	机器人灵巧手、汽车、消费电子等
	Tekscan	超薄力传感器	医疗、机器人、电池制造、汽车、运动训练等
	JDI	电容式指纹传感器	消费电子、医疗、显示屏等
中国企业	汉威科技	柔性微纳传感器	消费电子、健康医疗、机器人
	申昊科技	电子皮肤传感器	机器人智能巡检、工业设备在线监测
	柯力传感	触觉传感器	人形机器人
	帕西尼	多维触觉传感器	3C 电子、车机产线、物流仓储、医疗康养、工业制造、商业服务等
创业/合资企业	纽迪瑞	指尖触觉传感器	机器人指尖
	力感科技	薄膜传感器、阵列式传感器	接触式测量、无损检测、机器人、生物力学
	钛深科技	薄膜传感器	消费电子、工业、医疗

资料来源：观研天下、华源证券研究所

4. 人形机器人应用：从工业生产迈向商业、家庭等多元场景

参考亿欧智库信息，人形机器人按照形态可以分为桌面式人形机器人、轮式人形机器人、双足式人形机器人；其中，桌面式人形机器人不能移动，轮式人形机器人采用轮式驱动+协作手臂+灵巧手的方案，双足式人形机器人能够在各类场景自由移动。按照应用领域，可以将人形机器人分类为医疗型、科研型、教育型、服务型、家用型、工业型、通用型等。

图表 52：人形机器人按照形态可以分为桌面式、轮式、双足式

分类	特点	图片
按照形态分类	桌面式人形机器人 不能移动；通过头部或手部动作与环境交互；体积较小且活动范围有限	
	轮式人形机器人 采用轮式驱动+协作手臂+灵巧手的方案；具备手部操作功能兼具在平坦场景的移动能力	
	双足式人形机器人 具备双足、双手、双臂，能够在各类场景自由移动；外观和运动方式更接近人类，易于与人类进行自然交互	
按照应用领域分类	 医疗型  科研型  教育型  服务型  家用型  工业型  通用型  其他	

资料来源：亿欧智库、华源证券研究所

参考《全国机器人标准化技术委员会人形机器人标准化白皮书（2024 版）》信息，人形机器人的探索始于 20 世纪 70 年代，经历了早期发展阶段（1970—2000 年）、集成发展阶段（2001—2011 年）、高动态运动与交互能力提升阶段（2012—2020 年）、智能化发展阶段（2020 年至今）等四个阶段，人形机器人从最初以模仿人类外观和基本动作为起点，逐步演变成了具有人类特征的智能系统，并推动了人工智能、自动控制、机器视觉、材料科学、精密仪器等相关科学领域的研究。

图表 53：人形机器人逐步演变成了具有人类特征的智能系统



资料来源：《全国机器人标准化技术委员会人形机器人标准化白皮书（2024 版）》、华源证券研究所

参考嘉世咨询信息，人形机器人产业链由三部分组成，**上游**主要是组成机器人的零部件，由 4 大系统构成，感知系统、控制系统、运动与执行系统以及智能决策系统，每个系统都由较多的零部件组成，如感知系统由视觉、力矩、触觉等不同传感器组成。运动与执行系统由减速器、滚珠丝杠、电机等核心零部件组成。**中游**则是主要输出人形机器人本体产品。**下游**则是机器人的应用场景，包括仓储物流、工业制造、家庭服务等场景。从产业链可以看出，人形机器人上游零部件较多，构成较为复杂，是产业链核心。

图表 54：人形机器人上游主要是组成机器人的零部件，下游则是其应用场景

产业链环节	上游				中游	下游		
细分领域	伺服系统/电机	减速器	传感器/控制器	丝杠/轴承	本体制造与系统集成	工业制造	医疗/教育/公共服务	消费服务
主要参与企业	步科股份、鸣志电器、江苏雷利、昊志机电	绿的谐波、中大力德、双环传动、秦川机床	汇川技术、奥普光电、汉威科技	长盛轴承、北特科技、恒立液压	特斯拉(Optimus)、优必选(Walker 系列)、小米(CyberOne)、智元机器人(远征 A1)、傅利叶智能(GR-1)、宇树科技(H1)	汽车装配、3C 电子生产、物流搬运等场景	手术辅助、康复训练、教学演示、应急救援等应用	家庭陪护、商业导览、家政服务等

资料来源：嘉世咨询、华源证券研究所

参考觅途咨询信息，未来人形机器人落地场景或将由工业服务向家庭服务，再向商业服务演进，主要基于两大核心逻辑：场景的标准化程度、任务的复杂程度由简至繁。工业场景的标准化程度最高，包括标准化物料数据和场景标签；家庭场景的标准化程度中等，人形机器人的活动范围相对有限，交互对象较多元；商业场景标准化程度较低，人形机器人面临的环境最开阔多变，其交互对象最多元。

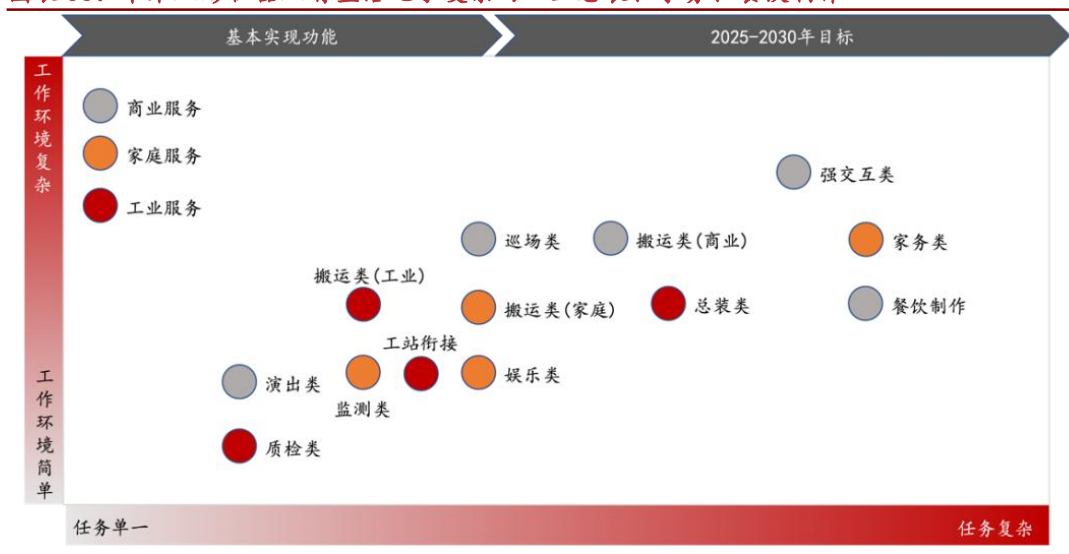
图表 55：未来人形机器人落地场景或将由工业向家庭和商业演进



资料来源：觅途咨询、华源证券研究所

参考觅途咨询，未来人形机器人优先胜任工种以工业（质检、搬运等）、家庭（健康监测、搬运等）、商业（演出），逐渐向复杂的工业总装、家务、餐饮制作等演进。

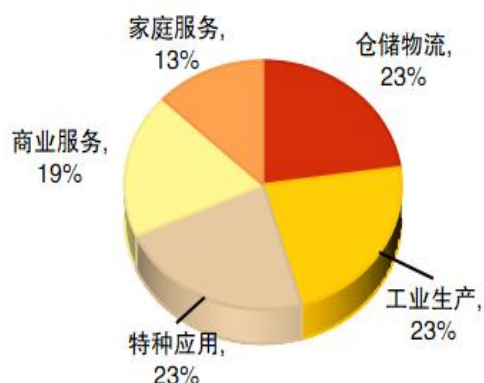
图表 56：未来人形机器人有望落地于复杂的工业总装、家务、餐饮制作



资料来源：觅途咨询、华源证券研究所

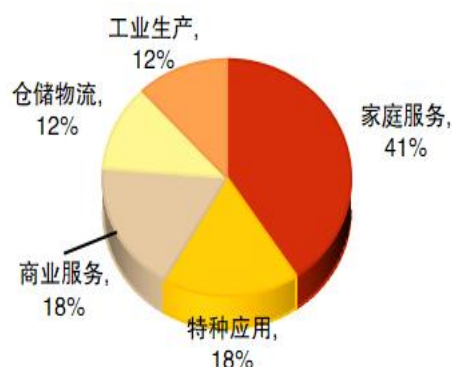
全球各地区人形机器人公司瞄准的场景各有侧重。北美、中国以工业为主，欧洲日韩关注家庭服务，日韩同时注重商业，尤其以康养为主。根据觅途咨询数据，北美人形机器人优先应用于仓储物流、工业生产和特种应用，三大领域覆盖率均达到 23%，因其能有效缓解劳动力短缺和成本压力。欧洲人形机器人以家庭服务应用场景为主，其覆盖率达到 41%，主要由于人口老龄化带来的照护需求、高生活水平促进的技术接受度。

图表 57：北美人形机器人仓储物流应用覆盖率达到 23%



资料来源：觅途咨询、华源证券研究所

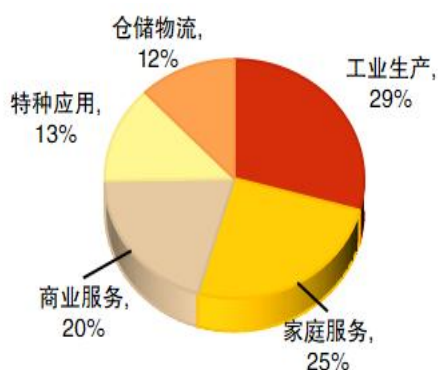
图表 58：欧洲人形机器人家庭服务应用场景覆盖率 41%



资料来源：觅途咨询、华源证券研究所

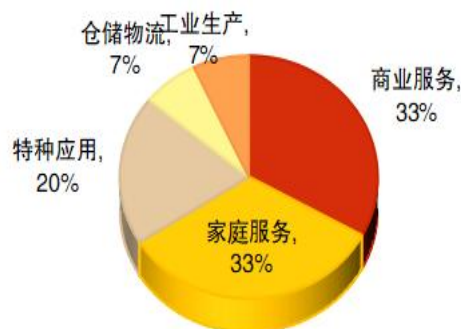
根据觅途咨询数据，中国人形机器人以工业生产为主要应用场景，占比达到 29%，因其能满足中国制造业智能化提升的自动化、智能化等需求；日韩人形机器人优先应用于家庭服务和商业服务场景，合计覆盖率达到 66%，因其应对老龄化社会劳动力不足和服务需求增长。

图表 59：中国人形机器人工业生产应用占比达到 29%



资料来源：觅途咨询、华源证券研究所

图表 60：日韩人形机器人主要用于家庭服务和商业服务



资料来源：觅途咨询、华源证券研究所

参考觅途咨询，聚焦汽车制造场景应用，全球典型机器人进厂落地优先工种覆盖搬运、质检、工站衔接（物料传递）、基础组装（紧固等）。其中，特斯拉、小鹏、优必选、傅利叶、Appttronik、Figure 已进厂。

图表 61：全球典型机器人进厂落地优先工种覆盖搬运、质检、工站衔接、基础组装

企业		模式	人形机器人名称	商业化程度	工作内容	已进厂
车企	 特斯 拉	自研	Optimus	预计 2025 年 量产	电芯拣选搬运、螺丝 预拧紧、质检等	✓
	 小鹏	自研	Iron	2024 年 11 月 进厂	物料箱搬运、螺丝紧 固、质检等	✓
	 小米	自研	Cyber One	2022 年 8 月 发布样机	暂无	×

机器人企业		现代	收购（波士顿动力）	Atlas	预计 2025 年发布样机	零部件搬运分类	×
		长安汽车	自研	未公布	预计 2027 年发布样机	暂无	×
		优必选	进厂合作（比亚迪、蔚来、一汽奥迪、东风、吉利等）	Walker S1	2025 年第二季度量产	物料箱搬运、质检、logo 安装等	✓
		傅利叶	进厂合作（上汽通用）	GR-1	2024 年 7 月进厂	高压零部件安装	✓
		Apptroonik	进厂合作（梅赛德斯）	Apollo	2025 年 3 月进厂	低技能大体力劳动如零件配送	✓
		Figure	进厂合作（宝马）	Figure02	2024 年 9 月进厂	零部件搬运	✓
		智元机器人	投资（比亚迪等）	远征 A2	2024 年 8 月发布样机	零部件拣选、电芯拣选	×

资料来源：觅途咨询、华源证券研究所

5. 北交所公司：11 家机器人产业链重点标的

机器人产业维持较高市场关注度，产业标的包括软硬件供应到机器人本体制造、集成和应用端各类型公司，涵盖了工业机器人、移动机器人到人形机器人潜在业务相关的多元类型公司。其中北交所公司成长性和专精属性突出，优质公司有望受益于机器人产业进化，我们建议关注两种类型公司：1）运动模块相关的机械零部件以及结构件相关企业，代表公司为鼎智科技(空心杯电机等)、苏轴股份(精密滚针轴承)等；2）传感器、控制器、电子连接等相关领域，代表公司为奥迪威(超声波传感器)等。

图表 62：全市场机器人产业链标的梳理：北交所、新三板在各领域均有相关公司

上游供应链	驱动 & 执行	伺服系统&电机	汇川技术 新时达 埃斯顿 禾川科技 雷赛智能 星辰科技 金龙机电 超同步 力姆泰克
		减速器&精密齿轮	绿的谐波 双环传动 大族激光 中大力德 旺成科技 丰光精密 台玖精密 中技克美 川机器人
		丝杠&导轨	贝斯特 秦川机床 鼎智科技 海达尔 阳光精机
		轴承类	长盛轴承 五洲新春 苏轴股份 泰德股份 明阳科技 万达轴承
		微特&空心杯电机	鸣志电器 兆威机电 江苏雷利 鼎智科技 三协电机 昊升电机
	控制 & 感知	控制器&驱动器	埃斯顿 固高科技 禾川科技 乐创技术 卓兆点胶 华成工控 蒙德电气 晟矽微电
		传感器	柯力传感 奥比中光 奥迪威 开特股份 旭彤电子 博益气动
		机器视觉&AI	海康机器 天准科技 埃科光电 汉鑫科技 云创数据
	其他	结构件&精密零件	拓普集团 旭升股份 爱柯迪 坤博精工 丰光精密 吉冈精密 菲高科技 汉通鑫宇
		连接器	立讯精密 维峰电子 长盈精密 永贵电器 易实精密 威贸电子 智新电子 杰思股份
机器人本体&集成		机器人 拓斯达 埃斯顿 新时达 埃夫特 海康机器 昆船智能 拓普集团 三花智控 巨能股份 机科股份 沃迪智能 思尔特 华恒股份 和华瑞博	

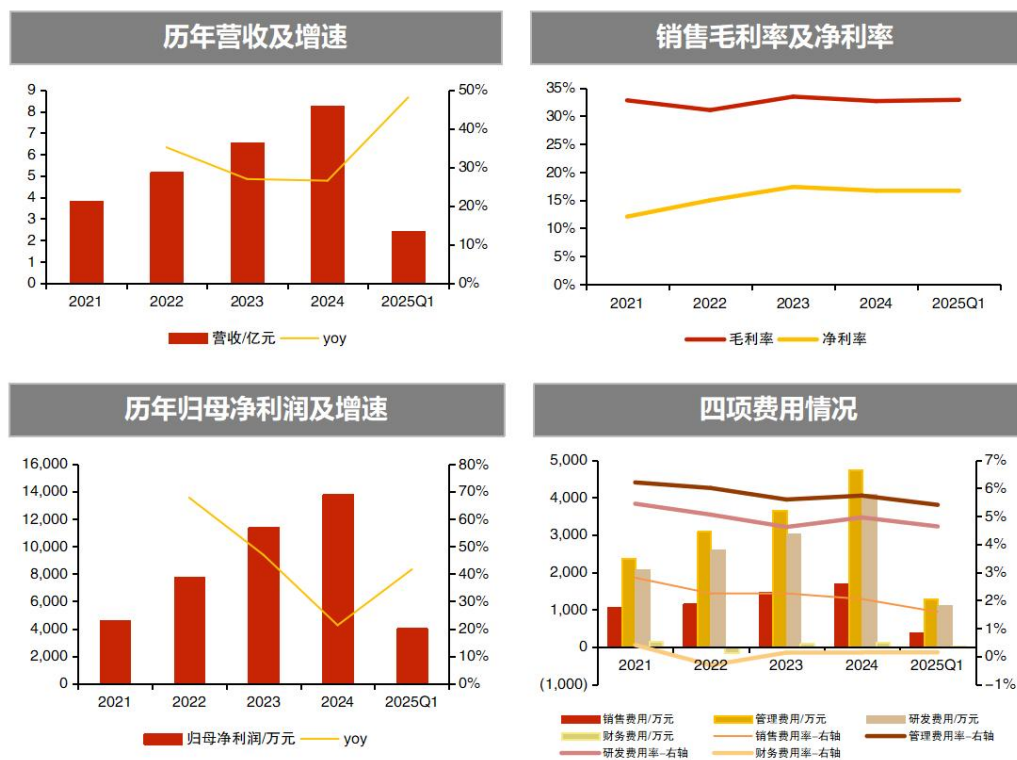
资料来源：Wind、华源证券研究所

注：黑色为沪深公司，红色为北交所公司，灰色为新三板公司；本图为不完整梳理，除海康机器目前处于上市筹备状态以外其余公司均已上市或挂牌，未包含其他非上市公司。

5.1. 开特股份：拟与旭彤电子等成立合资公司，布局具身智能赛道

开特股份系国内知名的汽车热系统产品提供商，主要从事传感器类、控制器类和执行器类等产品的研发、生产和销售，主要细分产品包括温度传感器、光传感器、功率模块、直流电机执行器、步进电机执行器和无刷电机执行器等。公司产品主要应用于主机配套市场。公司致力于满足整车需求的平台化产品，专业技术在国内处于领先地位；掌握了产品核心技术，拥有多项自主研发的知识产权，具备与客户的同步研发和项目开发的能力。2024 年公司实现营收 8.26 亿元（yoy+26.50%）、归母净利润 13784.57 万元（yoy+21.24%）。

图表 63：开特股份 2024 年实现营收 8.26 亿元、归母净利润 13784.57 万元



资料来源：Wind、华源证券研究所

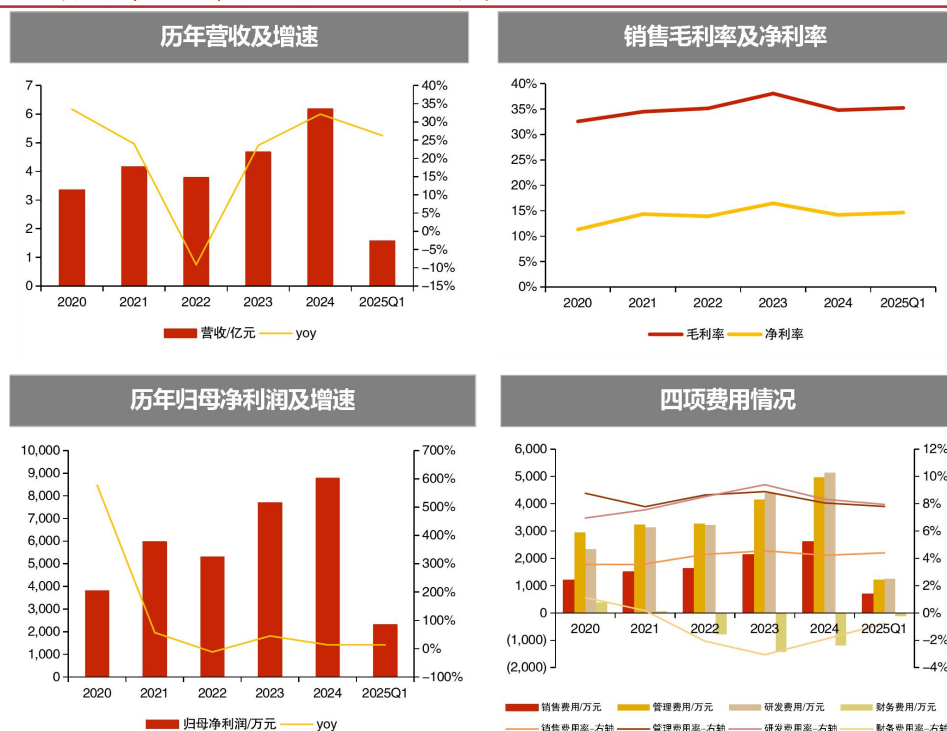
根据开特股份公告，公司基于战略布局和业务发展的需要，拟与西安旭彤电子科技股份有限公司、武汉开特旭彤投资合伙企业（有限合伙）、武汉开特旭彤智能科技合伙企业（有限合伙）以及自然人阳然共同投资设立武汉市开特具身智能装备有限公司。合资公司以旭彤电子在力传感器领域的技术积累、开特股份在生产制造和市场开拓方面的经验为基础，着力开发应用于机器人和汽车领域的六维力传感器、编码器、EMB（电子机械制动系统）等产品。

5.2. 奥迪威：智能传感器“小巨人”，推出水下测距传感器、柔性传感器等产品

奥迪威专业从事智能传感器和执行器产品，掌握了敏感材料研发、换能芯片制备、产品结构、智能算法和精密加工等方面的核心技术，致力于成为物联网、人工智能的感知层和执行层核心部件及其解决方案的主要提供方。公司主要产品包括测距传感器、流量传感器、压触传感器及执行器、雾化换能器及模组、报警发声器等，持续推动产品的数字化、智能化、微型化和集成化升级，目前产品已广泛应用于智能汽车、智能仪表、智能家居、智慧安防、工业控制和消费电子等领域。公司是一家具有核心技术和制造能力的国家专精特新“小巨人”企业，成为国内智能汽车搭载的超声波传感器的主要供应商之一，也是国际主流品牌智能水表和气表厂商所用超声波流量传感器的核心供应商，长期为国际主流品牌安防报警系统厂商

持续稳定供应报警发声器。2024 年公司实现总营业收入 6.17 亿元，同比增长 32.13%；实现归母净利润 0.88 亿元，同比增长 13.87%。

图表 64：奥迪威 2024 年营收超 6 亿元、归母净利润达 0.88 亿元



资料来源：Wind、华源证券研究所

机器人应用领域，公司产品主要应用于服务机器人和工业机器人，产品已嵌入下游应用，例如：扫地机器人、水下作业机器人、无人物流配送机器人、自动环卫车等，产品实现的主要功能包括隐藏式超声波避障、材质识别、液位探测、水下探测、测距等。另在精密工业点胶机器人、精密力控机械手的应用上，搭载柔性触觉（感知压力、温度、滑动）、触控等功能，在导入试用调试。

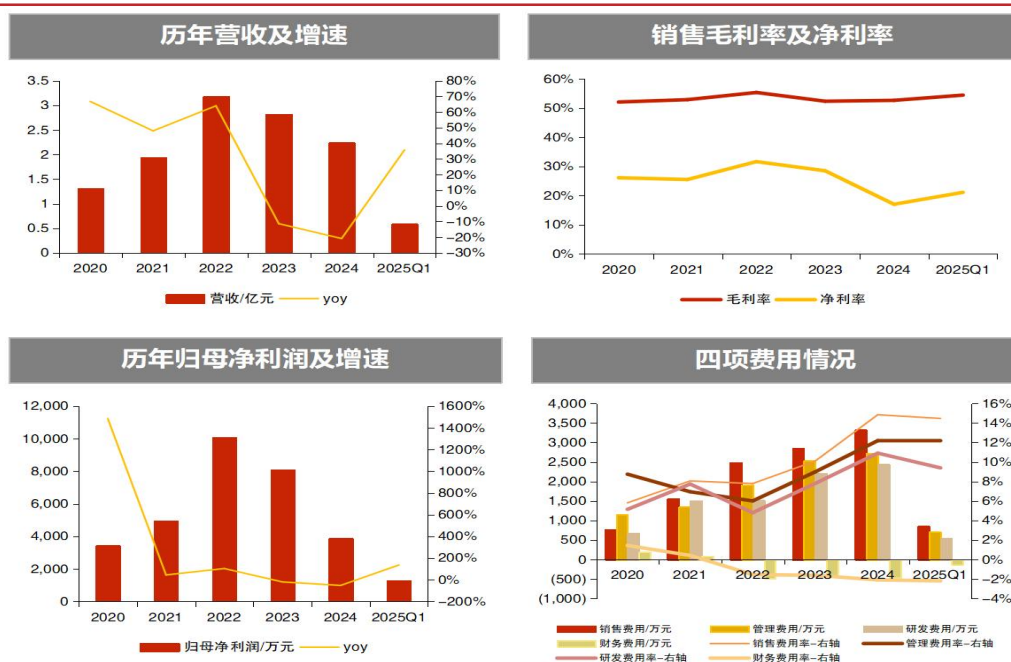
以水下机器人为例，公司超声波水下测距传感器是利用声呐技术通过时间飞行法实现水下障碍物探测的功能，可助力水下机器人的智能化升级，为水下机器人提供精准定位和规划路线。目前该产品已开发成功，完成工程验证及小批量试产，并获得下游客户的应用认可，可用于水下探测设备、水下机器人、汽车涉水感知等功能。

此外公司还推出柔性传感器产品，有望顺应机器人柔性皮肤发展。柔性传感器也称作“电子皮肤”，作为物联网的感知层的数据采集核心部件，获取人与物、物与物的交互数字、信号采集与反馈，在触控、压感、压力、温度等应用具有很好的性能表现。目前，该产品已在市场发布并安装于精密力控机械手中，实现随机柔性抓取和感知捕捉物品的各项特性。除了工业领域，柔性传感器还可以应用于服务机器人、智能穿戴设备、运动训练及康复等场景。

5.3. 鼎智科技：运动控制解决方案稀缺标的，多元布局滚珠丝杆、空心杯电机等产品

鼎智科技是以微特电机为主要构成的定制化精密运动控制解决方案提供商，立足于精密运动控制组件的设计、生产与销售等一站式服务业务，主要采用“以销定产、以产定购”的生产采购模式，主要原材料包括铜棒、定子、线圈绕组、轴承等，上游供应商主要为电机配套组件厂商；公司采用直销、经销的销售模式，主要核心产品为线性执行器、混合式步进电机、直流电机、音圈电机及其组件，下游客户主要为医疗器械、工业自动化等领域制造企业。2024 年公司实现营业收入 2.24 亿元、归母净利润 3,870.03 万元。2025Q1 公司实现营业收入 0.59 亿元（yoy+35.76%）、归母净利润 1,265.05 万元（yoy+135.75%），财务表现同比显著改善。

图表 65：鼎智科技 2025Q1 营收及归母净利润均同比改善



资料来源：Wind、华源证券研究所

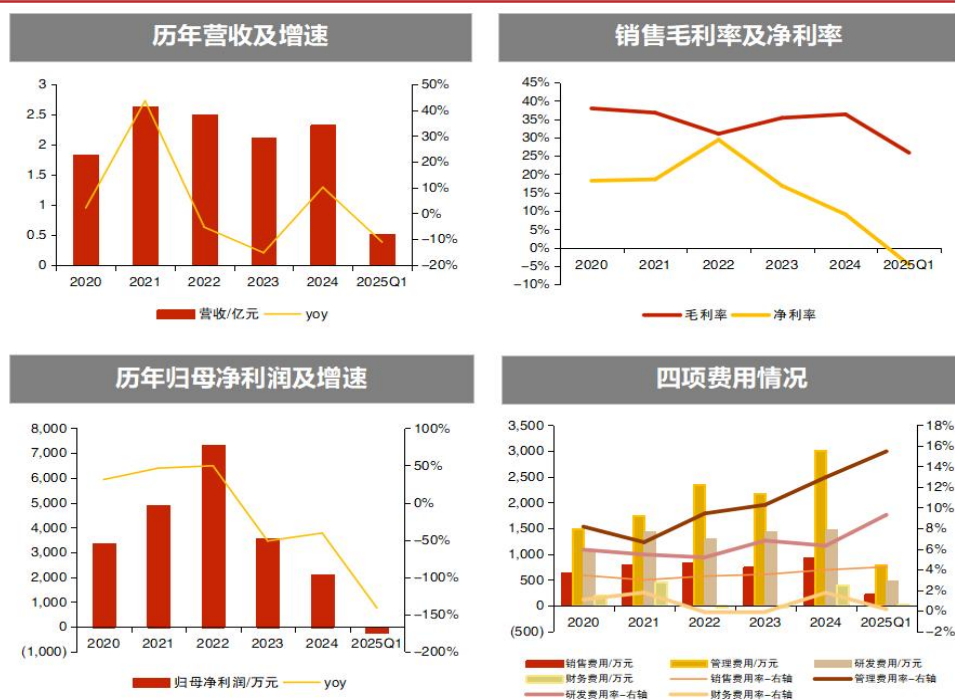
公司积极完善机器人产品平台布局，根据 2024 年年报披露，1) **丝杆产品方面**：公司已与控股子公司共同完成滚珠丝杆多条生产线的搭建，并创新性研发轴循环式滚珠丝杆，外径最小达到 4mm；2) **关节电机模组**：多系列机器人一体化行星模组产品完成开发，满足从 4.5N·m 到 50N·m 间的大跨度力矩需求的同时做到超轻薄、高精度且支持第二编码器的结构优势，无惧断电后角度再次发生变化，控制精度更高，全系列均已供货，可满足客户定制化需求；3) **直流减速电机模组**：6mm-42mm 各系列空心杯产品开发完成，配合 6mm-42mm 精密行星齿轮箱，具有噪音低、寿命长、精度高等优势，2024 年末已经给客户供货，可满足客户定制化需求。

截至 2025 年 5 月，人形机器人零部件产品大多处于研发和送样测试阶段，尚未大批量供货。公司与国内外多家人形机器人产业链客户的合作有序开展中，并且入选 LeadeRobot2024 年度人形机器人“最具投资价值榜单”，并被授予“人形机器人卓越供应商”的荣誉；荣获“2024 人形机器人领域最具价值零部件类企业”奖；2025 年获得智元机器人首届供应商大会优秀合作伙伴奖。

5.4. 丰光精密：自主研发了谐波减速器产品，2025 年目标达到 10 万套产能

丰光精密主要从事精密机械加工件和压铸件等金属零部件的研发、生产和销售，并为客户提供精密机械零部件的加工服务。公司的产品广泛应用于半导体、工业自动化、汽车零部件、轨道交通等多个领域，客户均为细分行业知名品牌制造商，例如蒂业技凯、安川电机、埃地沃兹、山洋电机、盖茨集团、中国中车等。公司专注于精密制造，荣获了国家级高新技术企业、国家级专精特新“小巨人”企业、山东省企业技术中心、第七批山东省制造业单项冠军企业、青岛市企业技术中心、青岛市制造业中小企业“隐形冠军”企业、2023 年度青岛市民营领军标杆企业、2023 年青岛市技术创新示范企业（人工智能）、2023 年青岛市“一企业一技术”研发中心企业和胶州科技创新示范企业等多项荣誉称号，拥有专利百余项。公司 2024 年实现营收 2.32 亿元，同比增长 10.09%；实现归母净利润 0.21 亿元。

图表 66：丰光精密 2024 年实现营收 2.32 亿元、归母净利润 0.21 亿元



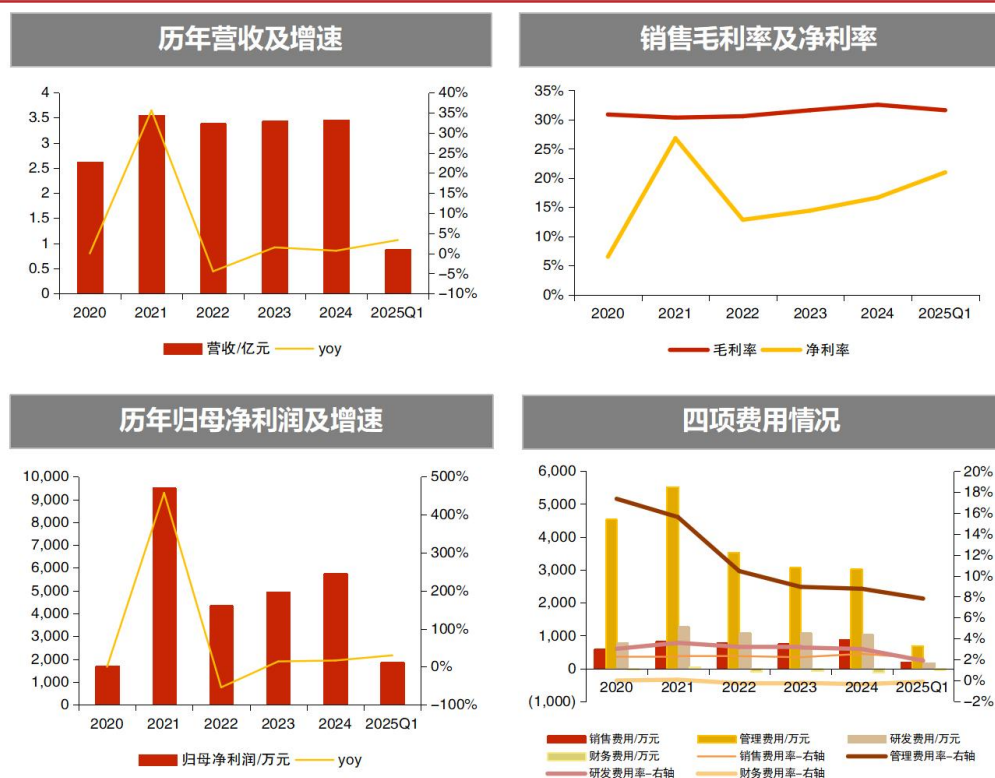
资料来源：Wind、华源证券研究所

针对机器人领域，公司自主研发了谐波减速器产品，公司计划未来将继续加大在谐波减速器领域的布局，推动谐波减速器产业化进程和业务发展。目前公司已成功完成谐波减速器全系列齿形设计，并通过了内部技术验证，具备随时响应市场需求并进入批量生产的能力。公司正在积极与潜在客户对接，并已向相关客户送样，部分客户已下达小批量订单。到 2024 年底，公司已具备人形机器人领域 03-32 型全系列谐波减速器量产能力，其中 03 型产品有效填补了国内微型高精度机器人关节器件的空白。公司谐波减速器一期规划产能为 30 万套，2025 年目标达到 10 万套产能，目前已取得人形机器人、工业机器人、外骨骼机器人等多个领域的订单，有望打开崭新业务增量。

5.5. 万达轴承：叉车轴承单项冠军，积极拓展海康、三一、库卡等工业机器人客户

万达轴承主要从事叉车轴承及回转支承的研发、生产和销售，是全国首批专精特新“小巨人”企业和国家级制造业单项冠军企业，并先后荣获“中国驰名商标”、全国轴承行业“十二五”发展先进企业等荣誉，截至2024年末，公司共拥有国内外有效专利113项，其中发明专利43项。公司与安徽合力、杭叉集团、中力股份、中国龙工、丰田叉车、林德叉车等叉车龙头企业建立了长期稳定的合作关系，并长期为全球工业车辆20强厂商配套。2024年实现实现营业收入3.46亿元，同比增长0.64%；实现归母净利润0.58亿元，同比增长16.3%。

图表 67：万达轴承 2024 年实现营收 3.46 亿元、归母净利润 0.58 亿元



资料来源：Wind、华源证券研究所

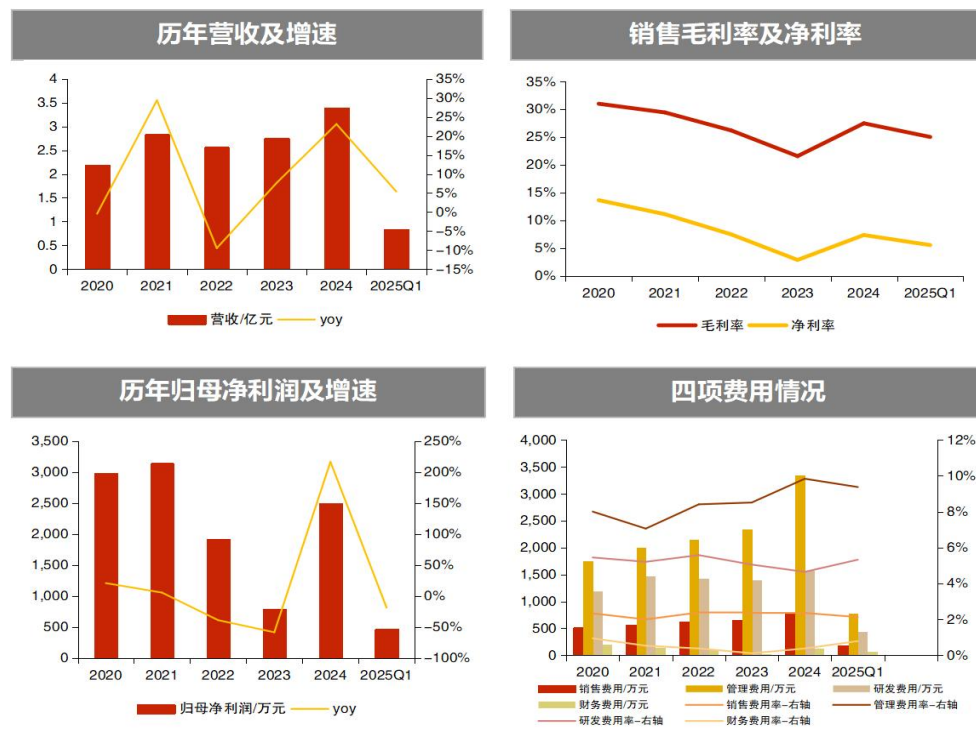
公司积极拓展工业机器人领域客户，目前公司在工业机器人领域已积累海康机器人、三一机器人、库卡机器人、国自机器人等优质客户。受下游工业自动化、机器替人等利好政策影响，预计未来工业机器人领域的客户需求增长将成为公司未来新的增长点。

5.6. 泰德股份：机器人薄壁柔性专用轴承处于内部验证阶段，相关工艺积累深厚

泰德股份是一家专业设计、制造、销售专用精密轴承的国家级专精特新“小巨人”企业，致力于成为汽车及零部件、工程机械配件、高端装备、机器人、通用航空器及精密医疗器械等行业精密轴承国产化替代的研发、生产和销售及服务的提供商。除在新能源汽车领域与现有客户保持紧密的同步研发外，公司持续加快与特斯拉、海信三电、比亚迪等新能源汽车相关零部件国产化配套进度。充分拓展角接触轴承、四点接触轴承等公司核心技术的协同性，

持续加快在机器人、航空器及精密机床用高端精密轴承领域的技术研究及应用服务，推进转型升级及新旧动能转换。2024 年公司实现总营业收入 3.40 亿元，同比增长 23.13%；实现归母净利润 0.25 亿元，同比增长 216.53%。

图表 68：泰德股份 2024 年实现营收 3.4 亿元、归母净利润 0.25 亿元



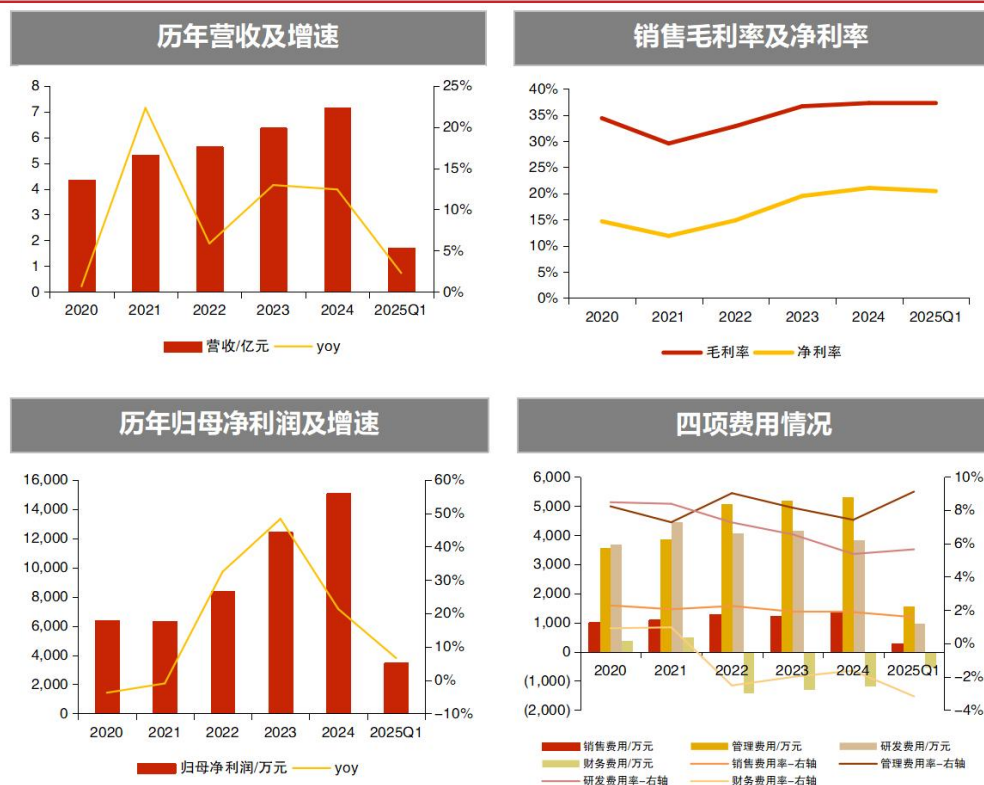
资料来源：Wind、华源证券研究所

据 2024 年报披露，公司机器人薄壁柔性专用轴承内部试制已经完成，目前处于内部验证阶段，暂未批量生产，未来将持续推动相关项目落地。公司薄壁柔性轴承用于谐波减速器上，已开发外径 100mm 以下柔性轴承。此外，为了提高径向载荷能力和双向轴向承载能力，公司产品大量采用三点、四点轴承设计，也积累了大量三点、四点轴承加工、检测技术，这些技术均可应用于机器人球轴承的设计、加工和检测领域。

5.7. 苏轴股份：滚针轴承产品可配套 RV 减速机，应用于工业机器人关节

苏轴股份前身苏州轴承厂最早成立于 1958 年，成立 60 余年以来，一直专注于滚针轴承行业，在滚针轴承行业拥有丰富的制造经验和深厚的技术积累，是国务院国资委“国有重点企业管理标杆创建行动”标杆企业、国家级专精特新“小巨人”企业，“向心滚针和保持架组件”获 2024 年江苏精品认证。公司生产的各类轴承系列产品广泛应用于汽车的转向系统、主动安全系统、传动系统、扭矩管理系统、新能源电驱系统、智能座椅系统、变速箱、发动机和空调压缩机等重要总成，同时还应用于工业自动化、高端装备、机器人、工程机械、减速机、液压传动系统、电动工具、纺机、农林机械、航空航天、国防工业等领域，与博世、博格华纳、采埃孚、麦格纳、中国航空工业集团、蒂森克虏伯、华域汽车、安道拓、吉凯恩和耐世特汽车等众多国内外知名企业建立了稳定的合作关系。2024 年公司实现总营业收入 7.15 亿元，同比增长 12.42%；实现归母净利润 1.51 亿元，同比增长 21.32%。

图表 69：苏轴股份 2024 年实现营收 7.15 亿元、归母净利润 1.51 亿元



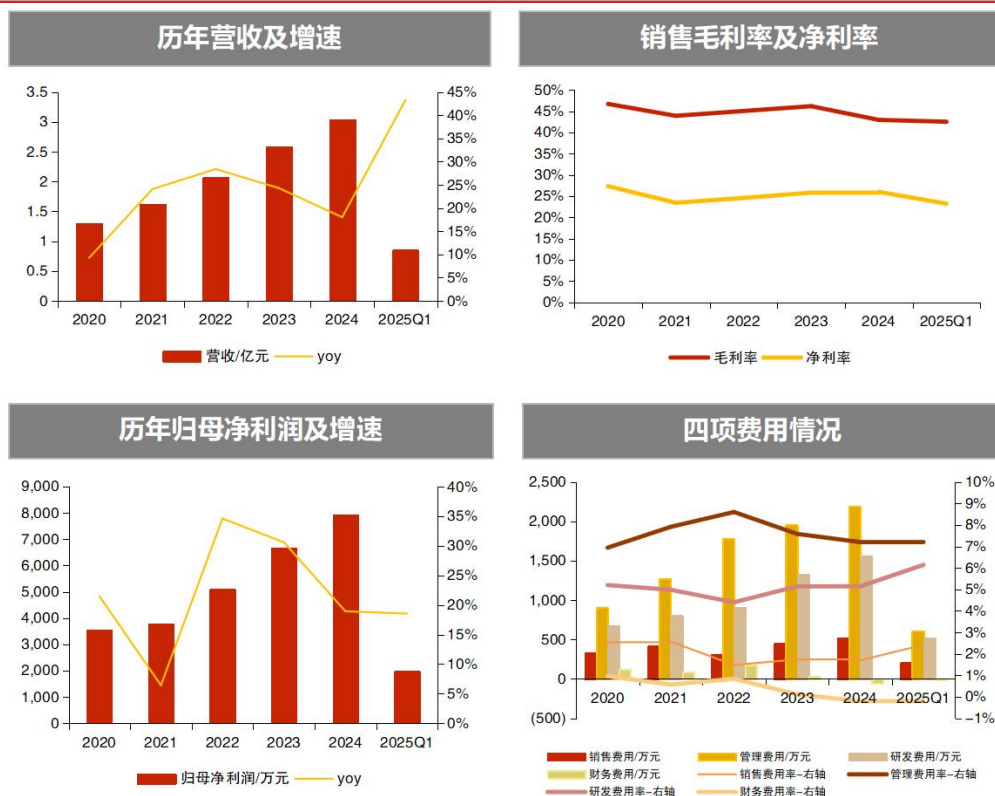
资料来源：Wind、华源证券研究所

在机器人领域，轴承与传感器、执行器等设备的结合，为设备的智能化控制和远程监控提供了有力支持，公司**滚针轴承产品在工业机器人领域主要配套 RV 减速机，应用于工业机器人的关节部分**。滚针轴承是带圆柱滚动体的轴承，滚动体相对直径既细又长，一般滚针直径小于 5mm，长度直径比大于 2.5 倍，因此径向结构紧凑，内径尺寸和载荷能力与其它类型轴承相同时，外径最小，适合于径向安装尺寸受限制的支承结构，在机器人关节等应用场景具备潜力。

5.8. 明阳科技：自润滑衬套、金属注射成型相关产品可应用到机器人领域

明阳科技主要从事汽车座椅调节系统核心零部件的研发、生产和销售，专业提供高性能、高强度、高精度、高难度零部件的定制化定制服务。公司拥有自润滑轴承（DU）、粉末冶金零件（PM）、金属粉末注射成型零件（MIM）和传力杆（LG）四大系列产品，以及调节机构总成件产品。公司汽车领域客户以大中型汽车座椅企业为主，包括业内头部的华域汽车、中航精机、申驰实业、佛吉亚、日晗精密、李尔等，还在工程机械等领域内向希恩等知名客户供应粉末冶金零件和金属粉末注射成型零件产品。2024 年公司实现总营业收入 3.04 亿元，同比增长 18.04%；实现归母净利润 0.79 亿元，同比增长 18.93%。

图表 70：明阳科技 2024 年实现营收 3.04 亿元、归母净利润 0.79 亿元



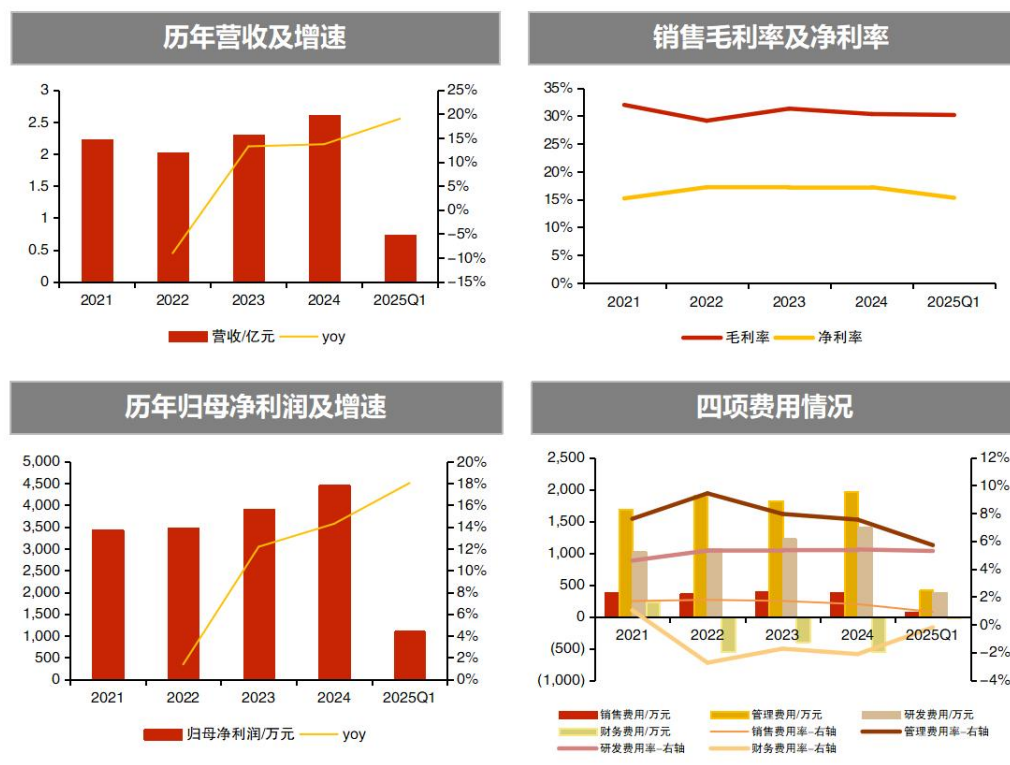
资料来源：Wind、华源证券研究所

公司自润滑衬套、金属注射成型相关产品可应用到机器人领域。公司金属基粘接自润滑轴承产品具有低摩擦系数、良好的耐磨性和自润滑性能，金属基烧结自润滑轴承具有高承载、低摩擦性，在机器人领域具有应用潜力。

5.9. 威贸电子：与图灵机器人战略合作，推进连接器、PEEK 材料在机器人中的验证

威贸电子是一家集研发、生产、销售、服务于一体的工业智能连接控制方案集成制造商，产品涵盖汽车（含新能源汽车）、智能家居、工业自动化、高铁、医疗、净水环保等领域，覆盖 300 多个系列、4000 多种型号，终端客户覆盖玛莎拉蒂、奔驰、宝马、奥迪、大众、长安、奇瑞、法国赛博集团（Calor、Tefal、Rowenta、WMF、苏泊尔等）、Vorwerk、徐工等海内外世界知名品牌。2024 年公司实现营业收入 2.60 亿元（yoy+13.69%）、归母净利润 4,457.91 万元（yoy+14.28%）、扣非归母净利润 3,952.56 万元（yoy+15.30%）。

图表 71：威贸电子 2024 年实现营收 2.60 亿元、归母净利润 4458 万元



资料来源：Wind、华源证券研究所

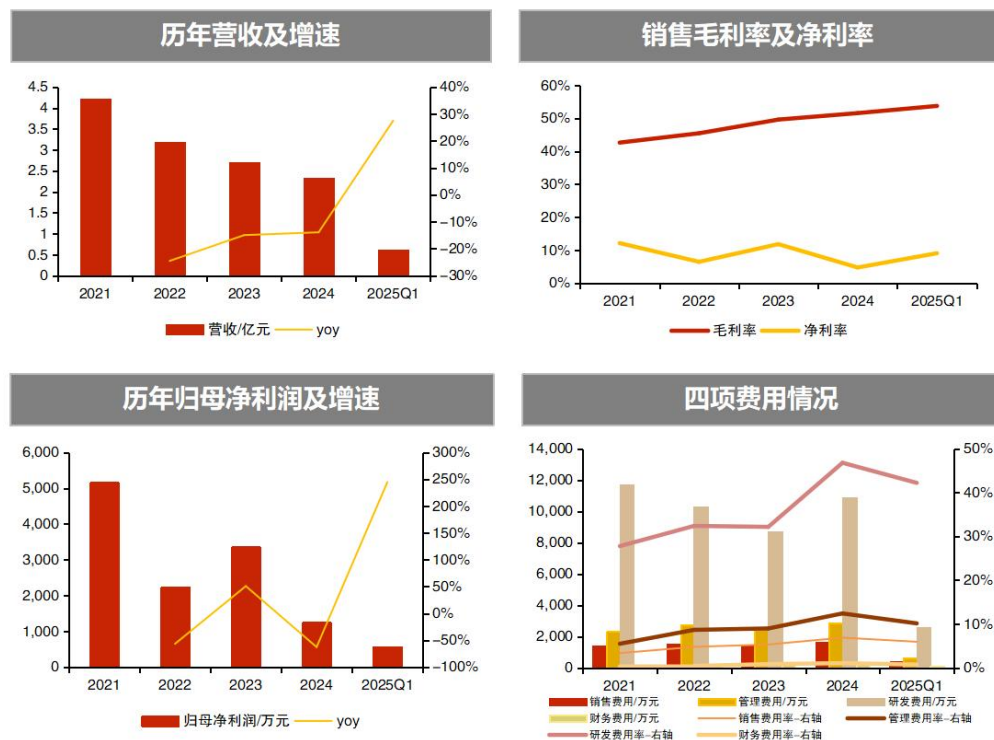
威贸电子与上海图灵智造机器人股份有限公司于 2025 年 9 月 1 日签署了《战略合作协议》。双方基于共同的发展愿景和战略考量决定进行全面战略合作，共同致力于具身智能核心部件的创新，推进高可靠电子线束、高频高速连接器、PEEK 基复合材料等关键子系统的专业技术储备与研发成果在具身智能机器人中的验证与应用，研发面向下一代具身智能人形机器人平台的超轻量化核心零部件，并基于具身智能技术探索制造型企业智能工厂的升级与重构。

5.10. 创远信科：与凯盛机器人战略合作，向其提供电信号测试及硬件测试解决方案

创远信科是一家专注研发射频通信测试仪器和提供整体测试解决方案的专业仪器仪表公司，主要发展以 5G/6G 通信为主的无线通信测试、车联网测试以及以卫星互联网和低空经济为主的通信测试三个业务方向，拥有自主品牌和一系列测试仪器核心专利技术，集研发、生产和销售为一体，是具有完全自主知识产权的国家级专精特新“小巨人”企业，曾荣获 2016 年度国家科学技术进步奖特等奖、2023 年度国家科学技术进步奖二等奖、中国通信学会科学技术奖一等奖。公司主要产品包括信号分析与频谱分析系列、信号模拟与信号发生系列、无线电监测与北斗导航测试系列、矢量网络分析系列、无线网络测试与信道模拟系列，是我国高端无线通信测试仪器行业的代表性企业。公司承担上海无线通信测试仪器工程技术研究中

心的持续建设任务，全面开展 5G/6G 和毫米波通信测试技术的研究与开发，参与国家 5G/6G 毫米波测试规范及标准制定，积极布局 6G 测试，增强公司长期的核心竞争力。2024 年公司实现营收 2.33 亿元、归母净利润 1246 万元。

图表 72：创远信科 2024 年实现营收 2.33 亿元、归母净利润 1246 万元



资料来源：Wind、华源证券研究所

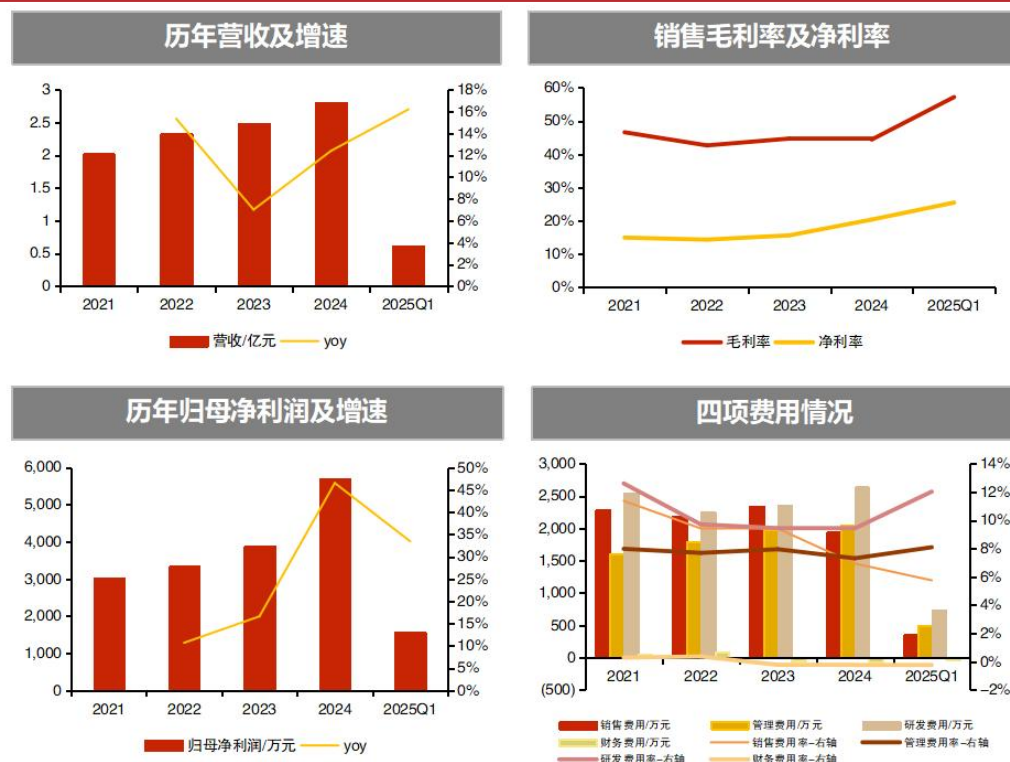
创远信科于 2025 年 8 月 30 日与中建材凯盛机器人（上海）有限公司签署了《战略意向合作协议》。双方本着平等互利、优势互补、共同发展的原则，充分发挥各自优势，实现资源的优化配置和高效利用，促进双方的业务增长和品牌提升，达成如下合作意向：1、根据凯盛机器人需要，公司向其提供包括但不限于电信号测试及软硬件测试解决方案；2、根据公司需要，凯盛机器人向公司提供包括但不限于园区巡检机器人等复合机器人产品，并就公司生产线自动化智能化方面开展合作，按照实际需求为公司提供定制化智能化解决方案。

5.11. 铁大科技：拟投资推行科技和狗熊机器人切入机器人赛道

铁大科技前身为成立于 1992 年的上海铁道学院信号设备厂（隶属于上海铁道学院），2014 年股改更名为上海铁大电信科技股份有限公司，并于 2023 年 3 月在北京证券交易所上市。公司作为国家级专精特新“小巨人”企业、上海市嘉定区企业技术中心、上海市高新技术企业，自成立以来一直专注于轨道交通行业的通信信号领域，主营业务为通信信号产品的研制、生产与销售，主要应用于铁路（包括国家铁路、地方铁路、厂矿及港口铁路等）和城市轨道交通（包括地铁、轻轨、有轨电车等）行业，并向客户提供系统集成、工程施工、技术咨询、

技术培训、技术支持等一体化的轨道交通安全监控与防护整体解决方案。公司产品应用遍及各铁路局、地方铁路、城市轨道、市域铁路，并走向海外，在“一带一路”项目中老铁路以及蒙古、非洲、东南亚等铁路及城轨项目上取得了良好的应用业绩。2024 年营收 2.80 亿元（yoy+12.40%）、归母净利润 5699 万元（yoy+46.50%）。

图表 73：铁大科技 2024 年营收 2.80 亿元、归母净利润 5699 万元



资料来源：Wind、华源证券研究所

（1）2024 年 8 月，公司全资子公司上海沪通智行科技有限公司拟对 Infermove（推行科技）进行股权投资，推行科技主要运营主体推移苏州已经与五家供应链或配送企业等签署了合作及采购协议，根据协议，五家企业预计需求不少于 1,200 台配送机器人。（2）2025 年 6 月，公司拟通过全资子公司上海沪通智行科技有限公司向狗熊机器人有限公司投资 6,000 万元，狗熊机器人有限公司主要从事机器人移动底盘、人工智能、低速自动驾驶技术及车辆研发应用及销售。两家被投资公司业务符合铁大科技中长期发展所需，具有较强业务协同性，有利于铁大科技抓住无人配送等智能驾驶领域市场机遇，提升公司综合竞争力。

6. 风险提示

机器人产业政策方向变化风险：近年来，中国机器人产业在政策推动下呈现快速发展态势。中央及地方层面通过贴息贷款、税收优惠等政策向智能制造领域倾斜，直接促进了机器人产业链的完善和市场渗透。长三角、珠三角等制造业密集区域已形成覆盖核心零部件、整机生产与系统集成的产业生态，汽车制造、新能源等行业的应用需求进一步拉动产业增长。然而，政策方向的潜在变化可能对产业发展带来不确定性风险，需从多维度关注政策调整可能引发的连锁反应。

技术创新风险：技术研发、创新并满足客户需求是机器人产业公司不断发展壮大的基础。未来行业内企业可能出现技术研发、创新拘泥于现有产品、技术滞后，甚至偏离市场需求的情况，进而影响未来发展的持续性和稳定性。

质量控制风险：随着行业内企业生产经营规模的扩大、自动化技术的升级、产品更新迭代加速以及客户和行业标准的不断提高，下游行业对行业内企业产品质量的要求日益趋严。这使得质量控制的难度和复杂性显著增加。

证券分析师声明

本报告署名分析师在此声明，本人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，本报告表述的所有观点均准确反映了本人对标的证券和发行人的个人看法。本人以勤勉的职业态度，专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观的出具此报告，本人所得报酬的任何部分不曾与、不与、也不将会与本报告中的具体投资意见或观点有直接或间接联系。

一般声明

华源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告是机密文件，仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司客户。本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测等只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特殊需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。任何形式的分享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。

本报告所载的意见、评估及推测仅反映本公司于发布本报告当日的观点和判断，在不同时期，本公司可发出与本报告所载意见、评估及推测不一致的报告。本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。除非另行说明，本报告中所引用的关于业绩的数据代表过往表现，过往的业绩表现不应作为日后回报的预示。本公司不承诺也不保证任何预示的回报会得以实现，分析中所做的预测可能是基于相应的假设，任何假设的变化可能会显著影响所预测的回报。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的版权归本公司所有，属于非公开资料。本公司对本报告保留一切权利。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式修改、复制或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如征得本公司许可进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华源证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

本公司销售人员、交易人员以及其他专业人员可能会依据不同的假设和标准，采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论或交易观点，本公司没有就此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

信息披露声明

在法律许可的情况下，本公司可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。本公司将会在知晓范围内依法合规的履行信息披露义务。因此，投资者应当考虑到本公司及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级说明

证券的投资评级：以报告日后的 6 个月内，证券相对于同期市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

买入：相对同期市场基准指数涨跌幅在 20% 以上；

增持：相对同期市场基准指数涨跌幅在 5% ~ 20% 之间；

中性：相对同期市场基准指数涨跌幅在 -5% ~ +5% 之间；

减持：相对同期市场基准指数涨跌幅低于 -5% 及以下。

无：由于我们无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使我们无法给出明确的投资评级。

行业的投资评级：以报告日后的 6 个月内，行业股票指数相对于同期市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

看好：行业股票指数超越同期市场基准指数；

中性：行业股票指数与同期市场基准指数基本持平；

看淡：行业股票指数弱于同期市场基准指数。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；

投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

本报告采用的基准指数：A 股市场（北交所除外）基准为沪深 300 指数，北交所市场基准为北证 50 指数，香港市场基准为恒生中国企业指数（HSCEI），美国市场基准为标普 500 指数或者纳斯达克指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）。