

躯体觉醒： 叩响具身智能纪元奇点

2025人形机器人行业白皮书



合作专线
130 6688 5666

公司地址

广东省深圳市南山区临海大道
恒裕前海金融中心T1栋1507-09



关注我们



成为招商合伙人

引言

当人工智能的“数字大脑”与精密制造的“钢铁身躯”完成历史性融合，一场深刻改变人类生产与生活范式的产业革命已然启幕。

我们正站在一个历史性的交汇点。一场更为深刻的变革正在发生——这便是“具身智能”的崛起。而作为其理想载体的人形机器人，已不再是科幻的想象，而正迅速从实验室走向产业前沿，成为全球科技竞赛的新焦点，以及重塑未来制造业、服务业乃至人类社会基本图景的“新物种”。

在这一关乎未来的全球战略竞逐中，中国展现出强大的国家意志与前瞻布局。早在2023年10月，工信部便已发布《人形机器人创新发展指导意见》，提出“到2025年初步建立创新体系，实现关键技术突破；到2027年形成安全可靠的产业链，成为经济增长新引擎”的双重目标。2025年，更是将具身智能与智能机器人首次写入《政府工作报告》，明确其作为新质生产力的代表，承担着推动产业升级、重塑全球竞争格局的历史使命。

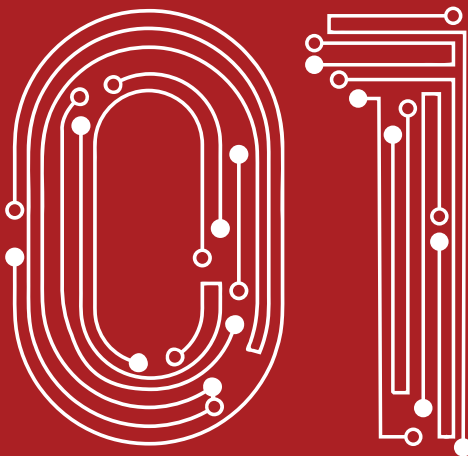
然而，机遇的浪潮下也带来了复杂的产业问题：技术路径将如何收敛？商业落地的突破口在哪里？产业链又将面临哪些机遇与挑战？

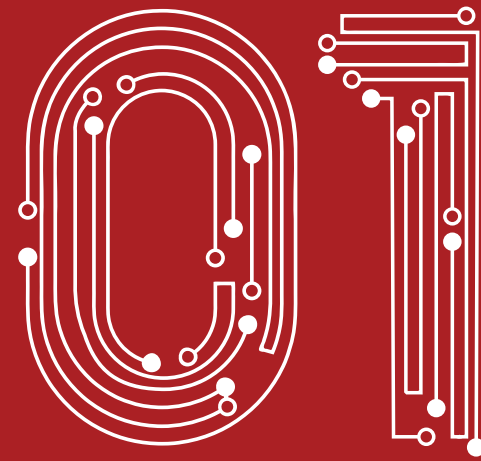
为此，幸福招商行业研究院倾力推出《2025人形机器人行业白皮书》，整合全球技术动态、资本动向、政策脉络与典型案例，深度剖析具身智能与人形机器人产业的发展现状、核心矛盾与演进路径，为人形机器人产业链上下游的企业、有志于涉足该领域的潜在企业、投资机构、各级地方政府及产业园招商部门提供权威、前瞻性的战略参考。

与此同时，作为产业服务的积极践行者，幸福招商不仅通过白皮书提供前沿洞察，更持续走进玉树智能、安诺机器人等创新企业开展深度交流，并成功推动多个机器人项目签约落地，实现研究与服务的有效贯通。我们致力于以专业服务激发人形机器人行业的创新活力，推动产业链上下游协同合作，助力中国经济在现代化产业体系建设的征途中加速前行。

目录 CONTENT

- 01 • 具身智能概念定义：理论奠基与产业缘起
- 02 • 人形机器人产业分析：生态全景与价值链解读
- 03 • 政策与区域布局：国家战略与地方实践
- 04 • 投融资与招商：资本动向与项目落地
- 05 • 技术体系分析：感知、控制与决策三大支柱
- 06 • 重点企业案例：本体创新与核心部件突破
- 07 • 总结与展望：从技术突破到产业共融
- 08 • 附录





具身智能概念定义： 理论奠基与产业缘起

具身智能概念定义

亚马逊仓库里，Vulcan机器人用带触觉感知的机械臂轻巧夹起易碎品，力道控制精准如人类手指；日本爱知县的篮球场上，丰田CUE6机器人舒展机械臂，将篮球投出24.55米远的新纪录；北京天坛医院的病房中，“天方”机器人通过摄像头捕捉患者细微动作，实时评估康复进度并轻声安抚焦虑情绪——这些看似“有手脚、会思考”的“新东西”，正是当下备受瞩目的“具身智能”。

2025年1月，英伟达创始人黄仁勋在CES展表示：“人工智能的下一个浪潮就是具身智能，蕴藏着价值万亿美元的机会”；而在同月的一次访谈中，特斯拉创始人埃隆·马斯克则断言，其旗下人形机器人产量将在未来3年内增加100倍……无不表示产业界对于具身智能前景的看好。

那么什么是具身智能？根据中国计算机学会（CCF）的定义：“**具身智能（Embodied Artificial Intelligence，EAI）是一种基于物理身体进行感知和行动的智能系统，通过智能体与环境的交互获取信息、理解问题、做出决策并实现行动，从而产生智能行为和适应性。**”与传统仅存在于屏幕中的AI不同，具身智能能够通过身体实现“感知 - 思考 - 行动”的闭环，在真实世界中执行任务，不仅能“想到”，更能“做到”，让智能从虚拟计算真正走向现实交互。

从广泛意义而言，具身智能的形态可以是多样的，机械臂、无人车、无人机、四足机器人等任何具有物理实体并能与环境交互的智能系统都可被视为具身智能。当然，人形机器人由于能够最自然地融入人类环境，并使用人类的生产工具执行各类任务，形态更易被接受，而被视为具身智能最重要的载体之一。

相比传统机器人，人形机器人具备智能化程度高、工作场景限制小、能自主规划复杂工作等特点，成为国内外厂商和科研机构的竞争焦点。在国外，科技巨头们火力全开，特斯拉、谷歌、OpenAI、英伟达、微软、Meta、亚马逊等全球科技巨头纷纷从算法、平台、场景应用等不同维度积极探索，凭借巨额投入和创新实践，全力推动具身智能技术迈向新高度；在国内，腾讯、阿里、字节、京东、美团等互联网巨头也悉数入场，它们不再满足于云端的算法竞争，而是希望将AI“装进身体”。投资、自研、生态共建……一场具身智能的“抢滩登陆战”已然打响。

具身智能概念定义

具身智能依赖本体、智能体、数据、学习进化框架四大核心要素，实现“感知-思考-行动”闭环。

根据中国计算机学会（CCF）的定义，“具身智能（Embodied Artificial Intelligence, EAI）是一种基于物理身体进行感知和行动的智能系统，通过智能体与环境的交互获取信息、理解问题、做出决策并实现行动，从而产生智能行为和适应性。”

根据定义，具身智能包括本体、智能体、数据、学习进化架构四大核心要素。其中，本体作为物理载体承担感知环境、执行动作的任务，是智能体与环境的交互接口，一般指机器人、机械臂、轮式底盘等机械结构，需同时兼顾成本、可靠性与耐用性；智能体作为“决策大脑”，负责多模态感知（视觉、声音等）、环境理解、任务规划与实时控制，其技术实现主要依赖AI大模型处理复杂数据，提取有效信息并生成控制指令；数据是智能体进行理解和决策的基础，数据的数量和质量是具身智能实现能力泛化的关键，尤其是真实环境的多模态交互数据；学习进化架构则是具身持续进步和适应性提升的关键，它支持智能体通过仿真或真实交互持续优化策略、减少失误率、提高任务执行效率、适应新环境，通常通过强化学习、进化算法等多种技术实现。

四大核心要素最终形成“本体收集环境数据 → 数据训练智能体 → 智能体生成决策 → 学习框架优化策略并反馈至本体执行”的具身智能运作闭环。



资料来源：中国计算机学会；36Kr；幸福招商行业研究院

具身智能的发展脉络

具身智能的演进始终围绕“身体-环境-智能”的交互核心，从早期受限于硬件和算法的单一任务执行，到当前大模型驱动的多模态融合，再到未来通用智能的探索。

1950-1990 概念萌芽与早期探索

理论奠基：1950年，图灵在《计算机器与智能》首次提出具身智能概念；1956年达特茅斯会议后，符号主义主导了AI早期发展，试图用逻辑规则、符号、知识工程来模拟人类思维；80年代，罗德尼·布鲁克斯提出行为主义AI，主张通过身体与环境的交互来产生智能

早期技术尝试：机器人能实现预设场景的重复性任务（如避障、抓取预设物体），但对人工编程依赖度高，仅能执行单一指令，如1961年工业机器人Unimate首次应用于汽车制造。

1990-2010 技术积累与跨学科融合

跨学科融合与仿生机器人兴起：仿生机器人（如Kismet、AIBO）出现，模拟生物运动机制，体现机器人学、认知科学、神经科学和计算机科学等多学科融合趋势；

算法渗透：深度学习、强化学习、模仿学习等算法开始渗透机器人控制，使机器人具备初步感知和简单互动能力，如索尼AIBO机器狗、波士顿BigDog机器狗等。

2010-2020 算法演进与技术突破

深度学习与强化学习取得突破性进展：机器人的环境感知能力、决策复杂度、路径规划与控制能力实现质的飞跃，自主学习能力也取得大幅提升，2013年，波士顿动力Atlas人形机器人实现高动态运动（后空翻）；2016年，DeepMind的AlphaGo击败人类围棋冠军。

多模态感知技术与边缘计算应用：多模态感知（视觉、触觉、听觉）的应用提升了机器人的环境适应性；同时边缘计算将计算能力和数据存储部署在靠近机器人的网络边缘，极大提升了机器人的响应速度。

2020-至今 大模型与具身智能融合

大模型涌现：2020年，OpenAI发布大语言模型ChatGPT-3，依靠其强大的语言理解与生成能力开启具身智能发展新纪元。2023年以后，多模态大模型将语言、视觉、动作至同一模型，让具身智能体实现“一指令多任务”以及“感知-决策-行动-反馈”闭环工作，大幅提升了具身智能任务规划、场景泛化和人机协作能力。

人形机器人热潮：2022年，特斯拉发布人形机器人Optimus，迅速掀起全球人形机器人研发与投资热潮。随即英伟达、OpenAI、微软等国际巨头与小米、华为、腾讯、阿里等国内头部互联网企业也纷纷布局人形机器人赛道。

资料来源：幸福招商行业研究院

具身智能分类与构成

机器人按照形态可划分为固定基座型机器人、轮式机器人、履带机器人、人形机器人等六种，其中人形机器人被广泛视为通用人工智能（AGI）的终极载体而广受追捧。

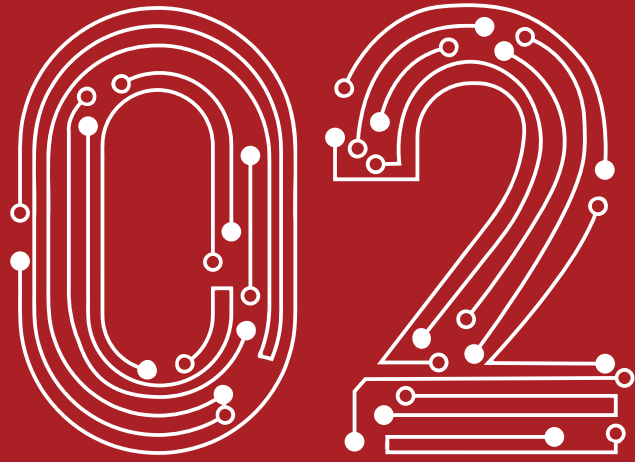
具身智能体积极与物理环境互动，涵盖了广泛的形态，包括机器人、智能家电、智能眼镜和交通工具等。其中，机器人是最广泛的具身智能形态。根据应用场景的不同，机器人一般可分为：

- 固定基座型机器人：**如机械臂，常应用在实验室自动化合成、教育、工业等领域中；
- 轮式机器人：**因高效的机动性而闻名，广泛应用于物流、仓储和安全检查；
- 履带机器人：**具有强大的越野能力和机动性，在农业、建筑和灾难场景的应对方面显示出潜力；
- 四足机器人（机器狗）：**以其稳定性和适应性闻名，适合复杂地形探测、救援任务和军事应用；
- 人形机器人：**以其灵巧手为关键，在服务业、医疗保健和协作环境等领域广泛应用；
- 仿生机器人：**通过模拟自然生物的有效运动和功能，在复杂和动态的环境中执行任务；

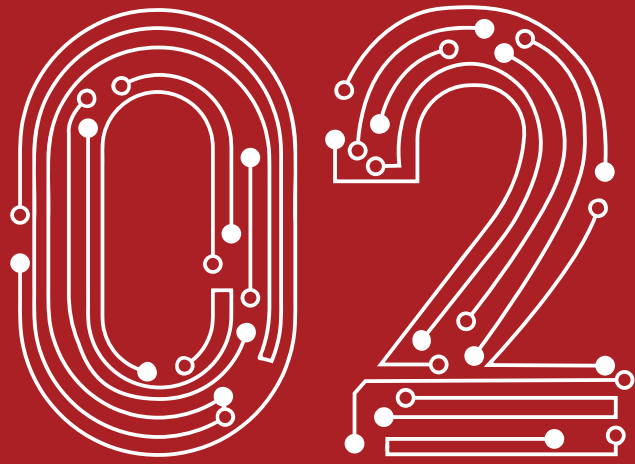
在各种具身机器人中，人形机器人因为拥有与人类相似的形态，具备人类形态适配现有环境的基础，被视为通用人工智能（AGI）的终极载体。多模态大模型（MLMs）技术的突破，为机器人注入了强大的感知和推理能力，使其不再是一个只能执行固定程序的机器，而是开始具备“大脑”，极大地推动了人形机器人的发展。



参考文献：Y. Liu, J. Zhang, T. Li, K. Wu, Z. Wang, and L. Zhang, "Aligning Cyber Space with Physical World: A Comprehensive Survey on Embodied AI," arXiv, Jul. 2024



人形机器人产业分析： 生态全景与价值链解读



人形机器人产业概述

人形机器人时代到来

2022年10月1日，特斯拉在AI Day上首次发布了Tesla Bot人形机器人Optimus，正式拉开了人形机器人商业化序幕，并迅速引领了全球人形机器人产业的发展浪潮。

人形机器人集成了人工智能、高端制造、新材料等先进技术，是破解全球劳动力难题的创新路径与“良方”，有望成为继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品，将深刻变革人类生产生活方式，重塑全球产业发展格局。

人形机器人技术加速演进，已经成为全球科技竞争的新高地、未来产业的新赛道、经济发展的新引擎，发展潜力巨大，应用前景广阔。为抢占新一轮全球产业竞争的制高点，我国密集出台了一系列人形机器人产业鼓励扶持政策，加速推动产业发展成熟。

2025年2月，宇树科技人形机器人亮相蛇年春晚，成为全球瞩目的焦点。2025年4月，全球首个人形机器人半程马拉松在北京亦庄成功举办，引发全民热议。

这不仅是一场视觉盛宴，更体现了中国在机器人研发方面的强大实力，同时也向世人展示，AI+机器人时代的正式到来！



图片来源：央视网、路透社

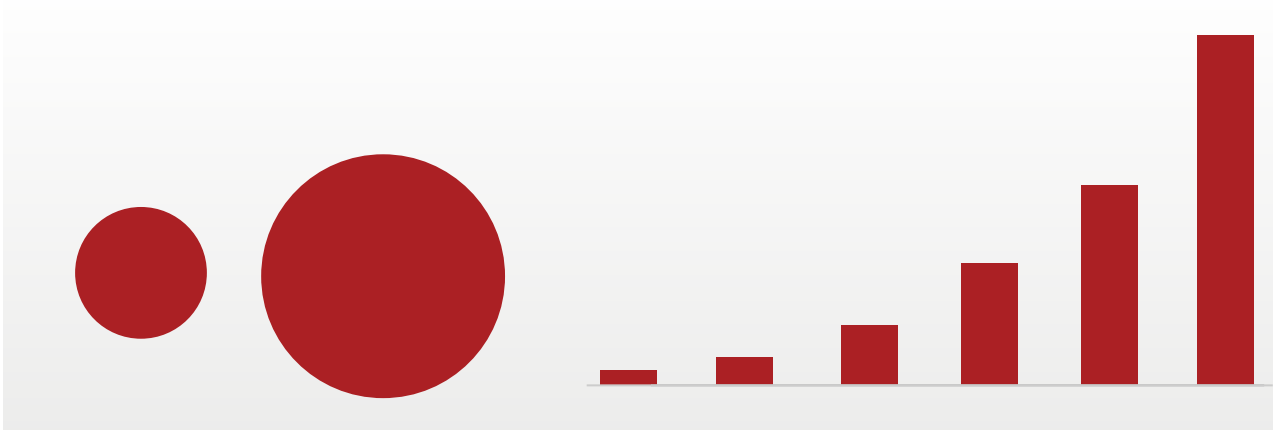
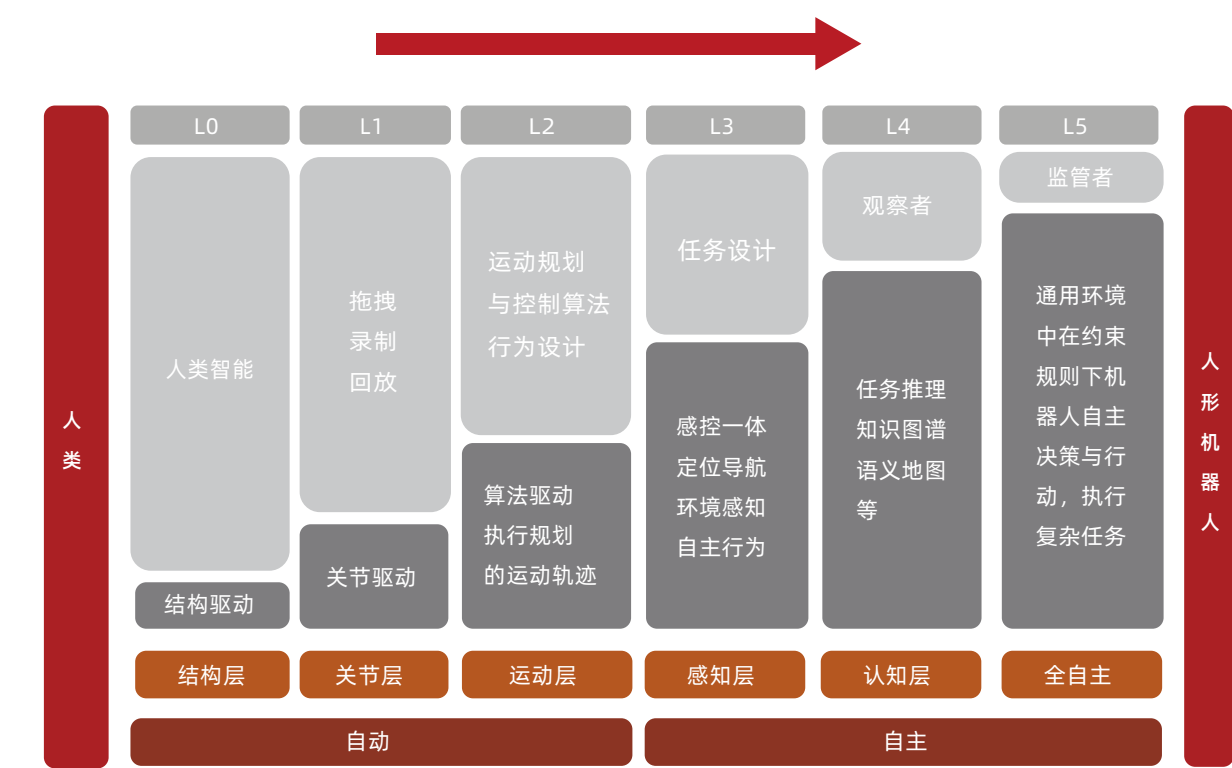
人形机器人产业概述

人形机器人等级划分

按照智能化程度，人形机器人通常分为L0到L4五个等级：

- L0：无智能。**机器人完全依赖预设的程序和指令执行任务，没有自主学习和适应能力，完全依赖人为操纵。
- L1：基础智能。**机器人具备一定的自主学习能力，可以接受预编程的程序控制，可以识别简单的环境和任务但决策能力有限。
- L2：中等智能。**机器人具有较高的自主学习能力，可以适应复杂的环境和任务，能够自主按程序运行，但在关键时刻仍需要人类干预。
- L3：高度智能。**机器人具有很强的自主学习和决策能力，能在复杂环境中执行任务，在特定条件下具备自适应能力，但无法持续自学习、自优化，在某些情况下仍需要人类辅助。
- L4：超级智能。**机器人具有极高的自主学习和决策能力，能够在极端复杂的环境中执行任务，完全替代人类。

目前市面上的智能机器人大多处于L1到L3级别，随着技术的不断发展，当前人形机器人智能级别正处在L3向L4进化的关键阶段。



人形机器人市场

市场规模：万亿市场蓄势待发

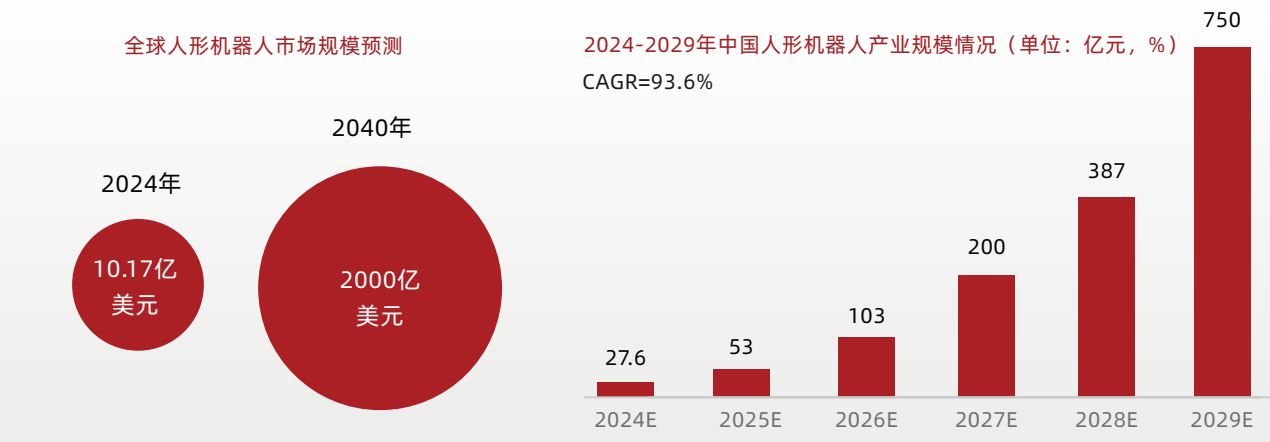
人形机器人作为未来产业的重要赛道，是科技自立自强的标志型成果，是人工智能、机械工程、电子工程等领域融合创新的典范，也是实现新质生产力的最佳手段之一。

人形机器人凭借其类人的感知交互能力、肢体结构和运动方式，能够快速融入为人类设计的各种环境，未来有望在简单重复劳动和危险场景中替代人类，在复杂技能场景中辅助人类，在商业和家庭场景中服务人类。

可以预见，未来人形机器人的广泛应用将深刻改变社会形态和人们的生产生活方式，已成为全球科技领域的发展热点。

马斯克在2024年股东大会上表示，到2040年人形机器人未来数量将超过人类，可以替代人类完成无聊、危险和人类不愿意做的工作，成为工业主力，预计全球需求有望达到100亿台，对应市场空间可以达到2000亿美元。

根据中国人形机器人产业大会披露的信息，2024年中国人形机器人市场规模约为27.6亿元。预计到2029年，国内人形机器人市场规模有望达到750亿，约占到全球的1/3，年复合增长率CAGR约93.6%。



数据来源：高工机器人产业研究所、特斯拉、幸福招商产业研究院

人形机器人产业格局

市场格局：“五路大军”同台竞技

2025年，人形机器人产业迎来爆发式增长，成为资本与市场关注的最火热的赛道。其中，人形机器人本体作为产业链的核心环节，是各类玩家们入局主要聚焦的目标。

当前，人形机器人本体玩家主要包括五大类：

- 一是人形机器人专业厂商，以优必选、波士顿动力、钢铁侠科技等为代表；
- 二是初创型公司，宇树科技、智元机器人等为代表，高校孵化创业公司，如银河通用（清华电子系毕业、现任北大前沿计算研究中心助理教授王鹤）、千寻智能（清华X院*助理教授高阳）、星动纪元（清华X院*助理教授陈建宇）、星海图（清华X院*助理教授赵行、清华X院*助理教授兼清华具身智能实验室主任许华哲、清华电子工程系高继杨）加速进化（清华自动化系程昊）；
- 三是AI科技/互联网公司，以百度、阿里巴巴、科大讯飞等为代表；
- 四是新能源车企跨界玩家，以特斯拉、小鹏、小米、比亚迪等为代表；五是原生机器人厂商，拥有多年工业机器人本体研发经验和应用的企业积极布局人形机器人赛道，其中以大象机器人、遨博、均普智能等为代表。

各类型人形机器人厂商代表企业

人形机器人专业厂商	初创型公司	AI科技/互联网公司	新能源车企跨界玩家	原生机器人厂商
优必选	智元机器人	百度	特斯拉	大象机器人
波士顿动力	宇树科技	阿里巴巴	小鹏汽车	遨博智能
钢铁侠科技	银河通用	科大讯飞	小米	均普智能
乐聚机器人	千寻智能	字节跳动	比亚迪	埃斯顿酷卓
伟景机器人	星动纪元	华为	广汽	天链机器人
Engineered Arts	星海图	Meta		普渡机器人
Asimo	加速进化			博实股份
Agility Robotics	开普勒机器人			埃夫特
	Figure AI			凯尔达

资料来源：GGII、公开信息、幸福招商行研院

*注：X院为交叉信息研究院(叉院)

人形机器人产业格局

市场格局：“三大阵营”协同博弈

人形机器人市场目前已呈现“五路大军”同台竞技的格局，不同类型玩家在技术、市场、资金、场景等维度展现出差异化优势，其竞争逻辑可归纳为“技术积淀派”、“创新破局者”、“场景渗透者”三大阵营的协同博弈。

技术积淀派：专业厂商与原生玩家的“硬核壁垒”

- 人形机器人专业厂商凭借多年技术沉淀构建起“研发-应用-品牌”的闭环优势。波士顿动力自1992年起深耕双足行走算法，其Atlas机器人运动控制精度达毫米级，能完成跑酷、后空翻等高难度动作；优必选则通过不断投入人形机器人核心技术研发，有效专利数量达到全球第一，并率先实现了人形机器人落地应用，目前已进入比亚迪等车企产线。
- 原生机器人厂商在过往的工业机器人、协作机器人、移动机器人等领域具备多年的研发经验和成功的应用案例，可部分嫁接复制到人形机器人上，如优艾智合围绕工业作业场景构建“一脑多态”具身智能大模型，推出7款人形机器人产品，覆盖物料运输、设备巡检等泛化工业场景。

创新破局者：初创公司与AI巨头的“颠覆性打法”

- 初创型公司以“技术颠覆+资本杠杆”为武器，快速突破行业瓶颈。如Figure AI凭借OpenAI大模型与英伟达算力，推出了触觉传感器密度达行业平均水平3倍的Figure 02机器人；宇树科技则以“四足+双足”为双轨，H1机器人采用超轻量级设计，整机重量小于50千克，但最大关节扭矩却高达360N.m。
- AI科技/互联网公司则通过“算法赋能+生态整合”重构竞争规则。如华为依托昇腾AI芯片与鸿蒙系统打造标准化关节模组；科大讯飞将星火大模型植入机器人“大脑”，从而实现语音指令到动作执行的端到端映射。

场景渗透者：新能源车企的“降维打击”

- 新能源车企跨界玩家以“供应链复用+场景闭环”形成独特竞争力。如特斯拉Optimus机器人搭载与Cybertruck同源的4680电池，续航达20小时；小米CyberOne机器人则充分应用自动驾驶相关技术。

人形机器人产业格局

新能源车企跨界玩家：技术链与产业链深度复用

在人形机器人众多玩家中，新能源车企跨界玩家备受瞩目。一方面源于汽车生产将会是人形机器人的第一大应用场景；另一方面，二者在硬件和软件层面上都存在技术转移的可能性，产业链复用将有利于人形机器人量产加速及降低成本。

从汽车制造需求角度来看：

- 一是汽车制造商面临着较大的人工劳动力成本压力，人形机器人可替代部分重复性、危险性和高强度的工作岗位，减少对人工劳动力的依赖，从而降低企业的劳动力成本；
- 二是人形机器人具有类似人类的身体结构和灵活的四肢，可以更好地适应汽车总装线上的复杂的操作任务；
- 三是人形机器人可以按照预设的程序和标准进行操作，避免了人工操作中的误差和不确定性，有助于提高汽车生产的质量和稳定性。

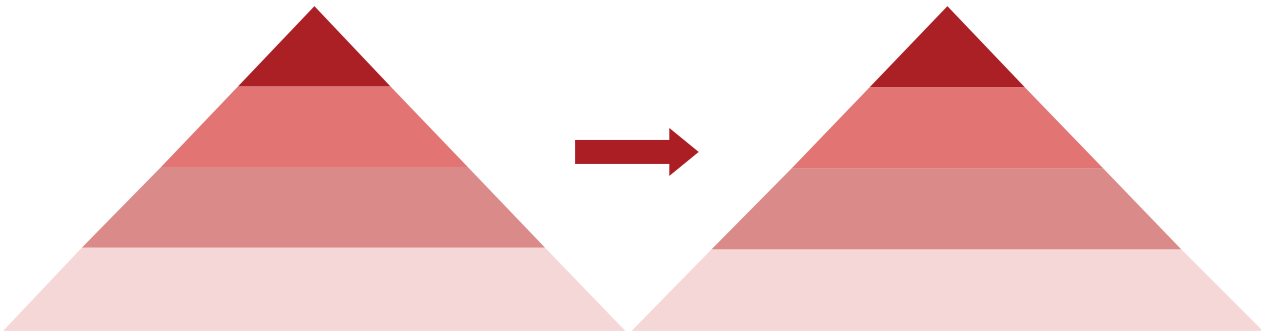


优必选在极氪5G智慧工厂开展全球首例多台、多场景、多任务的人形机器人协同实训



特斯拉人形机器人在工厂上班的一天

图片来源：深圳新闻网、特斯拉官方视频



人形机器人产业格局

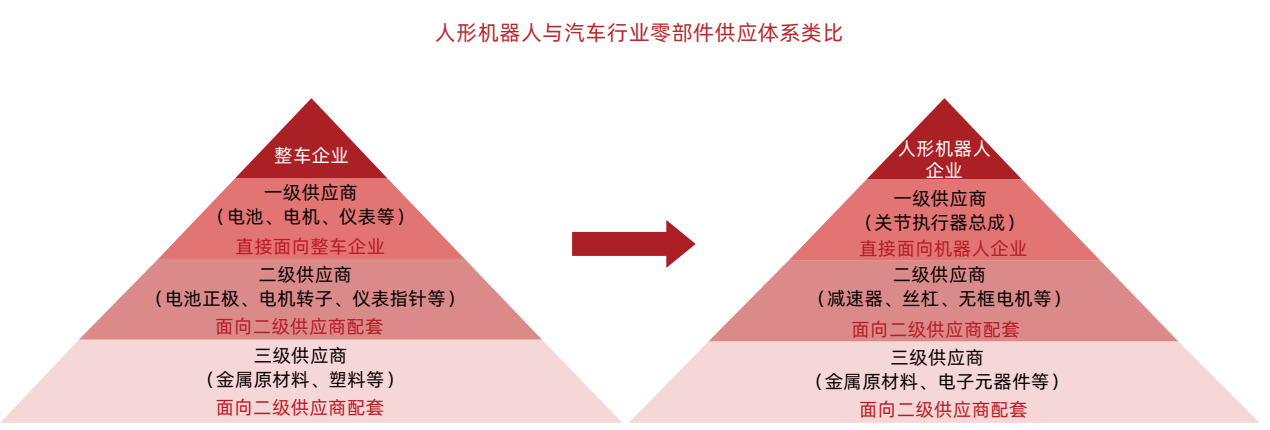
新能源车企跨界玩家：技术链与产业链深度复用

从技术转移角度来看：

硬件端，汽车制造和人形机器人制造在零部件的供应链上存在大量的重叠，汽车制造商拥有成熟的零部件供应商体系，这些供应商在机械结构、电子元件、传感器等方面的技术和生产能力，可以为人的制造提供支持；软件端，智能汽车自动驾驶中的算法技术和人形机器人具有复用性，如自动驾驶中常用的传统基础模型Dijkstra（单源最短路径）算法、A*算法等，底层逻辑与机器人相通。

汽车与机器人零部件复用				
类别	相通部件	汽车使用部位	机器人使用部位	技术共性
感知	激光雷达	感知端	头部	识别点云
	摄像头模组	感知端	头部	视觉复用
决策	芯片	域控、视觉芯片	域控、视觉芯片	数据处理
执行	丝杠	转向系统、制动系统等	手臂、大腿	将旋转运动转化为直线运动
	减速器	传动部位	手、肘部等	通过机械传动实现转速降低与扭矩放大
	电机	汽车电机系统	肩部、手臂等	驱动与精密控制
	传感器	汽车状态监测	机器人状态检测	触觉传感等

随着人形机器人规模化产能渐次释放，汽车零部件企业迎来新机遇，有望开辟新的增长路径，在产业格局中凸显重要价值，成为值得重点关注的潜力群体。



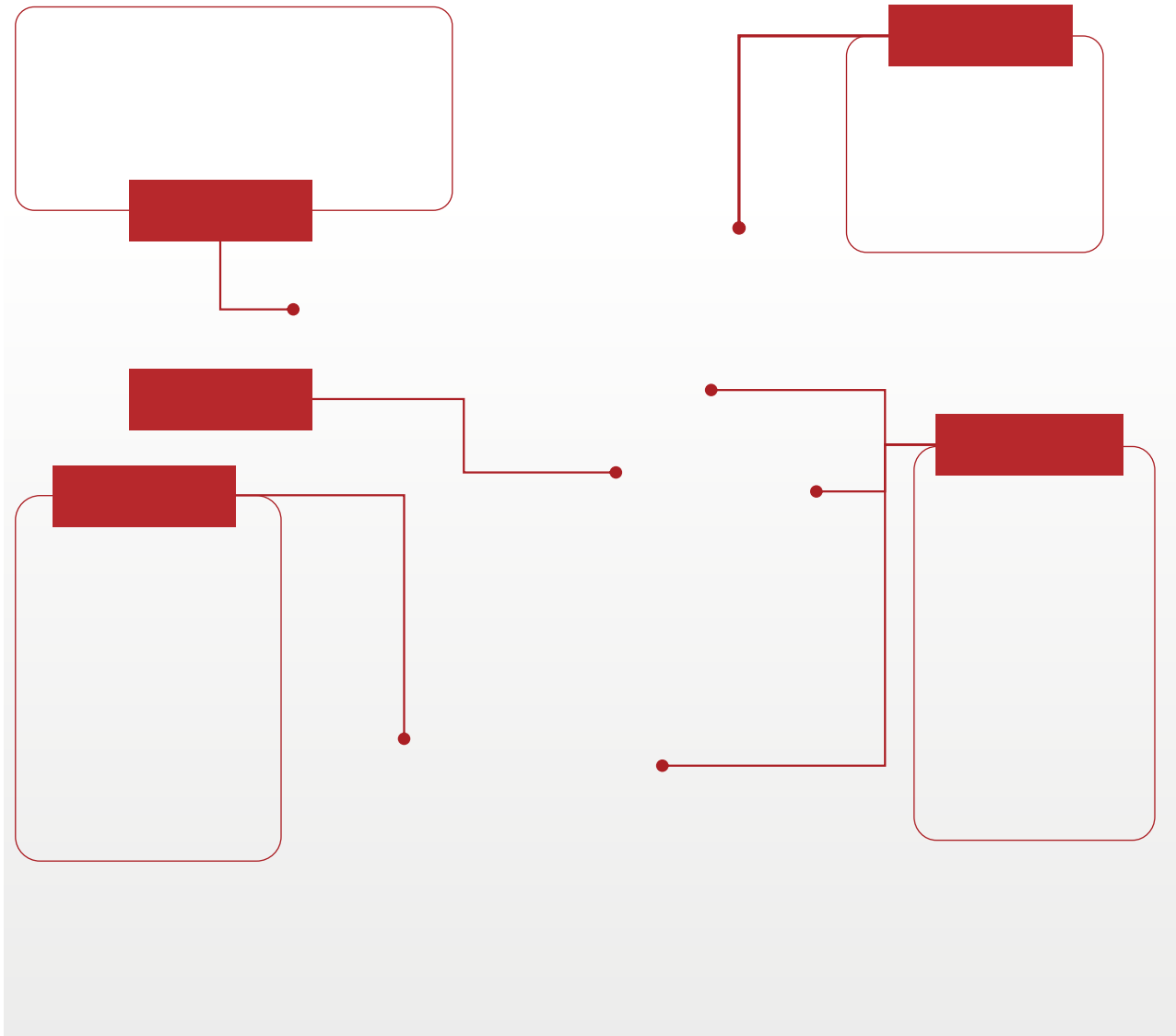
数据来源：东方证券

人形机器人产业链

人形机器人构成

从技术角度来看，人形机器人本体可分为“**大脑**”、“**小脑**”和“**肢体**”三部分，分别对应着决策交互模块、运动控制模块和执行模块。

- “**大脑**”的核心为人工智能大模型技术，通过多模态大模型实现环境感知、任务规划与决策；
- “**小脑**”通过强化学习与动力学模型协调关节运动，确保机器人的动态平衡和动作精准；
- “**肢体**”（或称关节模组、执行器）主要有三类：线性执行器、旋转执行器和灵巧手。其中线性执行器产生直线运动，主要应用于人形机器人的腕、肘、膝和踝等关节这些做直线运动的部件。旋转执行器则产生旋转运动，主要应用在肩、髋等关节和需要旋转的部件。灵巧手模仿人的手部，灵活且自由度高。



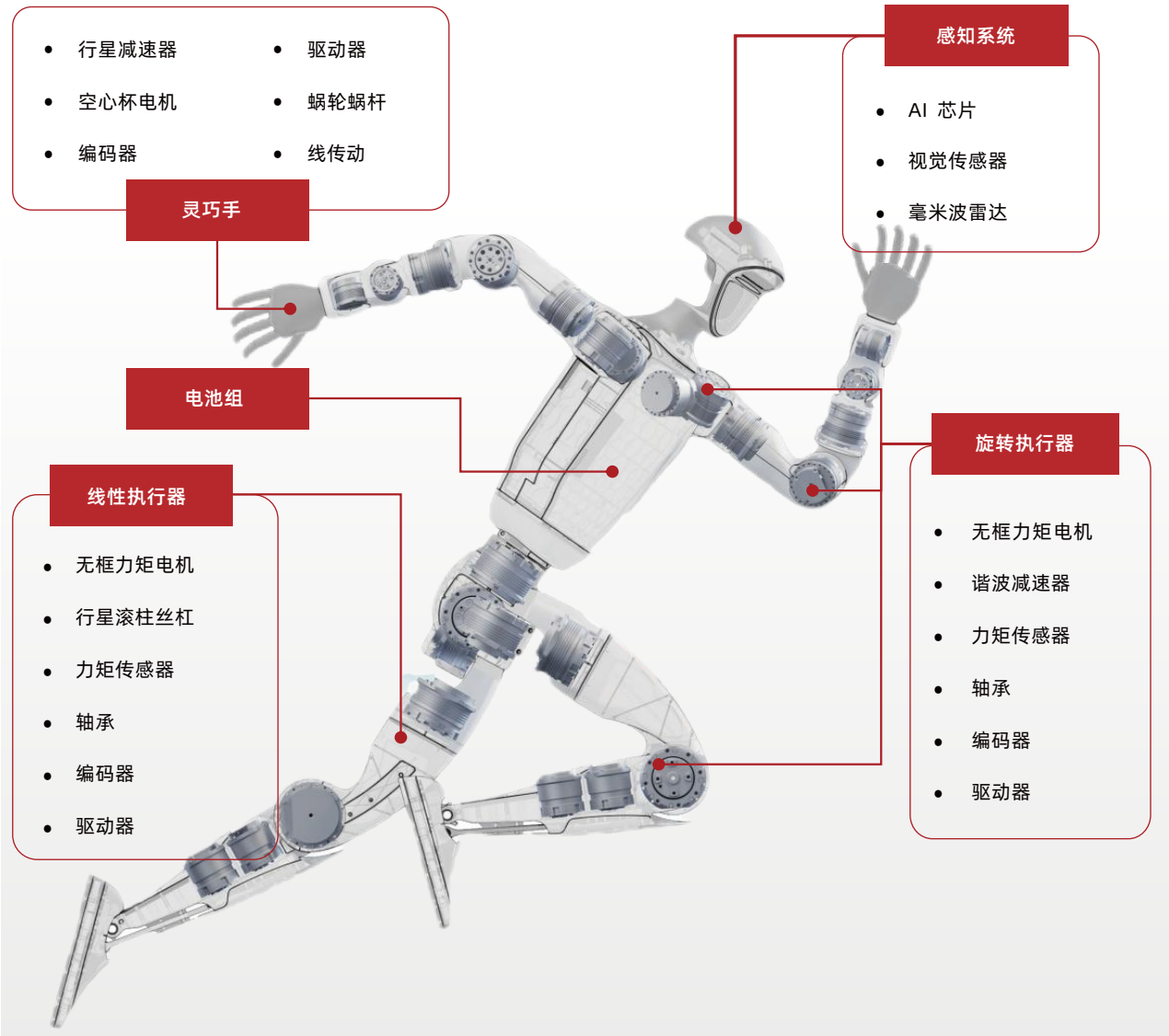
资料来源：中国信通院，宇树科技官网

人形机器人产业链

人形机器人构成

从硬件构成角度来看，人形机器人主要包括感知系统、线性执行器、旋转执行器、灵巧手、电池组等核心部件。

人形机器人结构示意图



图片来源：宇树科技官网

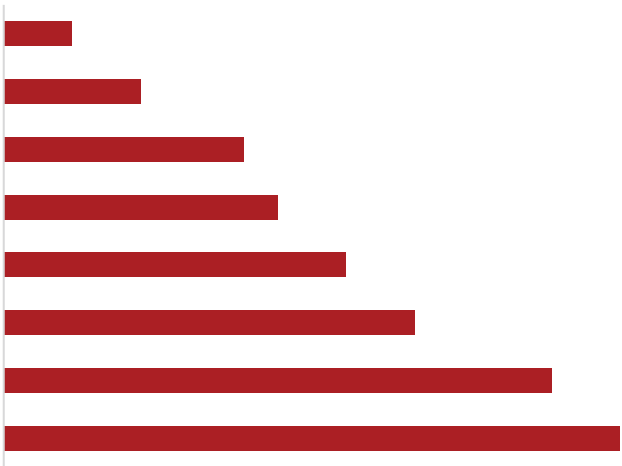
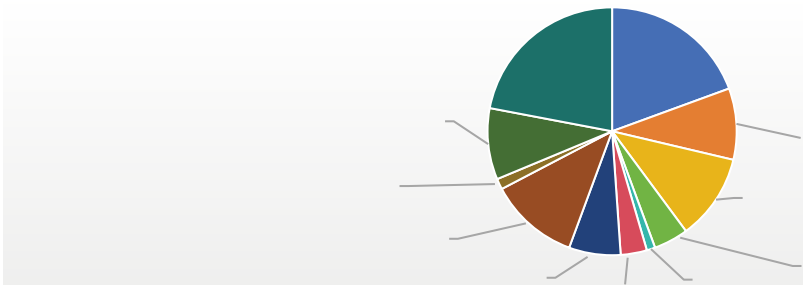
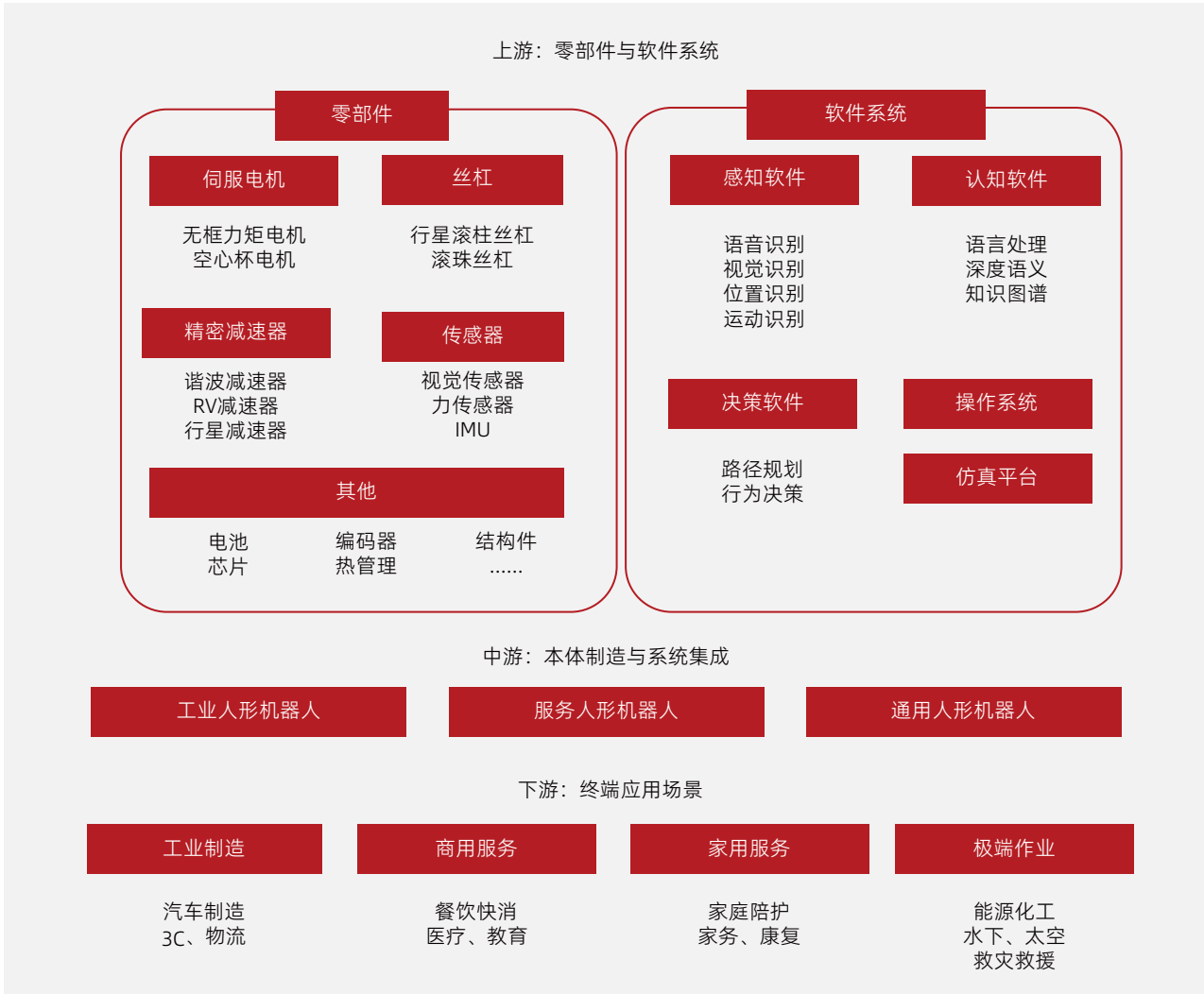
人形机器人产业链

人形机器人产业链图谱

从产业链角度来看，人形机器人上游主要包括电机、减速器、传感器、丝杠、操作系统等，这些零部件和软件系统的质量和技术水平直接影响到机器人的性能和稳定性。

中游是人形机器人本体的制造及系统集成，负责将各个零部件组装成完整的机器人产品，并进行测试和质检。

下游则是人形机器人的终端应用市场，包括医疗、教育、救灾救援、生产制造、家庭陪护等多个领域。



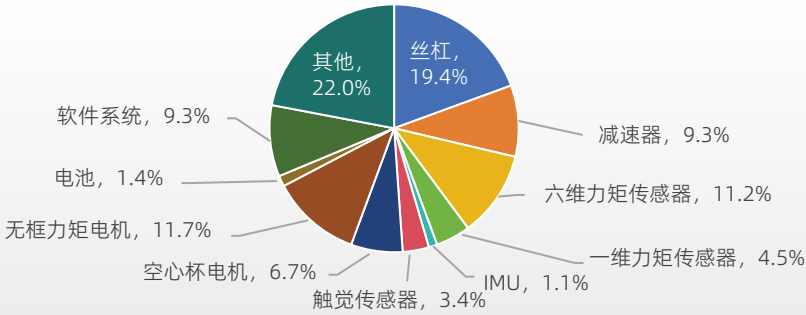
人形机器人产业链

人形机器人零部件成本占比

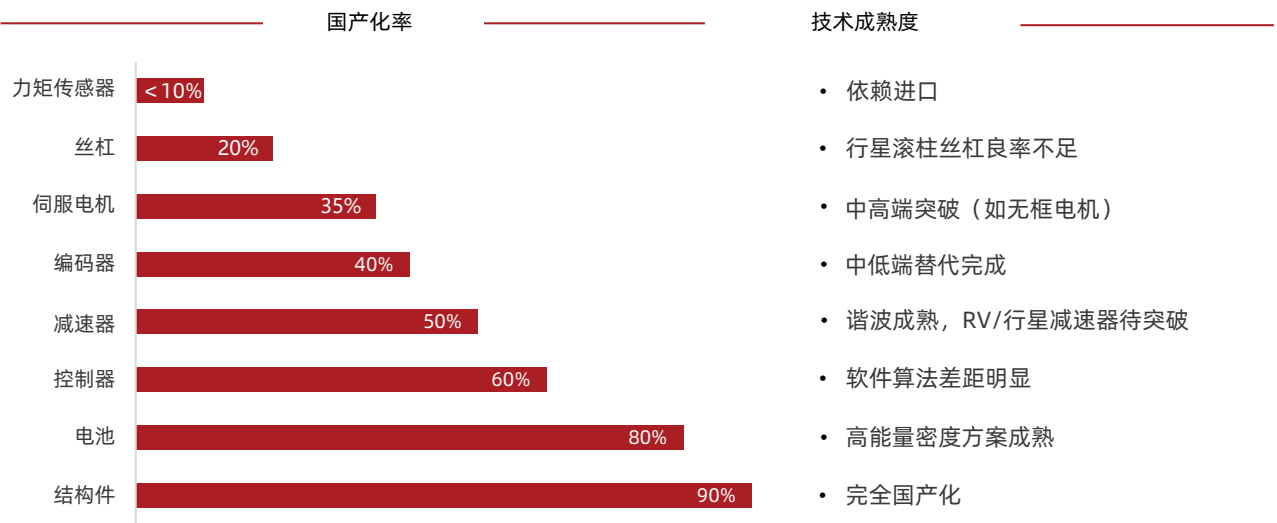
从成本结构占比来看，丝杠、电机、减速器、传感器等是成本占比较大的核心零部件，其技术成熟度成为产业发展限制瓶颈。

谐波减速器国产化率超50%，但寿命和精度与国外相比仍有差距；行星滚柱丝杠加工良率仅60%（海外>85%），制约线性关节量产。无框力矩电机功率密度达海外的80%，但温升控制不足；空心杯电机绕线工艺落后，国产产品扭矩波动率超10%（海外<5%）。六维力传感器精度±2%（海外±0.5%），且标定周期需3个月（海外1个月）；电子皮肤柔性电路良率仅30%，商业化量产有待突破。

人形机器人核心零部件成本占比



人形机器人零部件国产化率及技术成熟度



资料来源：特斯拉、公开信息、幸福招商行研院整理

人形机器人产业链

人形机器人核心零部件市场规模

随着人形机器人产业化进程加速，其核心零部件市场正迎来前所未有的增长机遇。根据市场预测2030年全球人形机器人出货量达百万台，幸福招商预计，灵巧手、精密减速器、行星滚柱丝杠、伺服电机、传感器等核心零部件市场将从数十亿元级别迅猛扩张至千亿元规模，为产业链上游企业带来广阔空间。

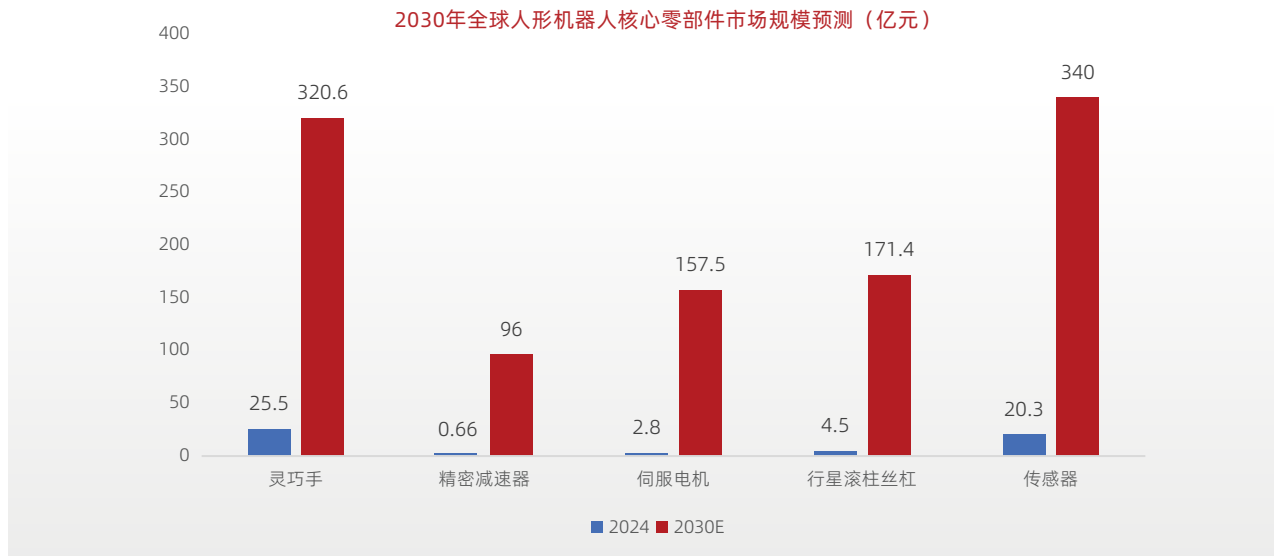
灵巧手：市场规模预计从2024年的25.5亿元增长至2030年的320.6亿元，CAGR达52.9%，价值巨大。

精密减速器：2024年-2030年，市场规模将从0.66亿增长至96亿元，CAGR高达110.3%，实现爆发式增长。

伺服电机：2024年-2030年，市场规模将从2.8亿增长至157.5亿元，CAGR高达98.1%，增长势头迅猛。

行星滚柱丝杠：2024年-2030年，市场从4.5亿元增长至171.4亿元，CAGR高达89.4%。

传感器：市场规模预计从2024年的20.3亿元激增至2030年的340亿元，CAGR高达59.4%，是规模最大的细分市场。



数据来源：头豹研究院、来觅数据、中金公司、幸福招商行研院

人形机器人核心模组/零部件

灵巧手

灵巧手是末端执行器的细分品类。相比传统多指夹持器，高自由度多指灵巧手和人手一样具有较好的负载、运动、控制和感知能力，能够应对复杂场景中多样化的工作需求，是人形机器人实现精细操作的核心，也是机器人适应人类生存环境的最优解。

灵巧智能DexHand 021



强脑科技智能仿生灵巧手



灵巧手的硬件模块包括三部分：驱动系统、传动系统及感知系统

- 驱动系统的核心作用是产生运动和力；
- 传动系统将运动和力从驱动系统传导至灵巧手各关节；
- 感知系统提供灵巧手内部的运行状态及外部环境感知反馈。

根据不同应用场景的特定需求，在驱动结构、驱动方案、传动部件等方面存在多类不同方案。以特斯拉的灵巧手为例，其价格占人形机器人整机成本约20%~30%，是人形机器人占比最高的零部件/模组。其零部件拆解情况如下表所示。

特斯拉人形机器人灵巧手零部件拆解（2025年初）

零部件	个数	单价/元
空心杯电机	12	600
行星滚柱丝杠	12	2000
力矩传感器	12	200
触觉传感器	14	1000
行星减速器	12	300
红外探测	2	500
步进电机	4	800

资料来源：各公司官网、特斯拉、公开信息、幸福招商行研院整理

人形机器人核心模组/零部件

灵巧手

目前灵巧手赛道玩家众多，行业内既有聚焦灵巧手研发的企业，也有众多人形机器人本体企业在灵巧手赛道布局相关产品。目前行业内技术路径百花齐放，驱动、传动技术路线尚未完全收敛。

灵巧手单品企业布局

企业	灵巧手自由度
强脑科技	10个活动关节、6个驱动自由度，可实现5根手指的独立运动和协同操作
傲意科技	采用11自由度（6主动）设计，单指静态负载10kg，整手负载30kg
兆威机电	整机拥有17个主动执行单元，单只手指自由度大于等于3个
因时机器人	具备6自由度、12运动关节，重复定位精度±0.2mm，单指抓握力3kg
灵巧智能	拥有19个自由度（12主动+7被动）
戴盟科技	具有6个自由度和12个运动关节
伯牙智能	9自由度假肢灵巧手采用形状记忆合金（SMA）驱动，重量370g
帕西尼感知	全新一代多维触觉灵巧手具有13个主动自由度
灵心巧手	最高拥有42个自由度，每根手指最高可独立拥有9个自由度
钛镭智能	6个自由度，重量480g

本体自研企业布局

企业	机器人型号	灵巧手自由度
星动纪元	STAR1	12个主动自由度
特斯拉	Optimus Gen-3	22个自由度 + 关节解耦
智元机器人	远征 A2	19个自由度（12个主动自由度）
宇树科技	H1	11个自由度（三指）
魔法原子	MagicHand S01	11个自由度
1X	NEO	20个自由度
Figure	F.02	16个自由度
优必选	Walker S1	-
达闼科技	XR4	12个主动自由度 + 5个被动自由度

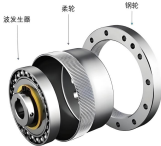
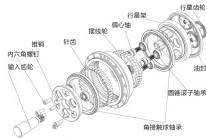
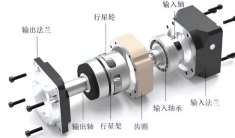
资料来源：各公司官网、公开信息、幸福招商行研院整理

人形机器人核心模组/零部件

精密減速器

精密减速器是机器人转动关节的核心零部件，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。

精密减速器主要分为谐波减速器、RV减速器、精密行星减速器，三种减速器根据性能特点分别用于机器人不同部位。当前，精密减速器已经被应用于主流人形机器人的旋转关节中，但技术路径尚未收敛，主要采用谐波减速器+行星减速器的方案。

	谐波减速器	RV减速器	行星减速器
结构示意			
结构组成	柔轮+刚轮+波发生器	两级传动结构，渐开线行星齿轮传动+摆线针轮行星传动	行星轮+太阳轮+内齿圈
优点	高传动比、高精度、结构简单，体积小、重量轻	大体积、高负载能力和高刚度	高刚性、高耐磨性、高扭矩、高传动效率、寿命长
缺点	承载能力弱、散热较差、损耗功率大	外形尺寸大，零部件多，结构复杂，加工难度大，价格贵	多级传动体积过大、传动比低，输出扭矩较低
应用场景	机器人小臂、腕部或手部等轻负载领域	多关节机器人中机座、大臂、肩部等重负载的位置	直角坐标机器人及传统工业自动化
价格	1000-5000元/台	5000-8000元/台	200-2000元/台

各品牌人形机器人采用的减速器类型

公司名称	机器人名称	采用的减速器类型
特斯拉	Optimus	谐波减速器
智元机器人	远征A1	谐波一体关节
优必选	Walker X	谐波减速器
达闼	Cloud Ginger	智能柔性执行器SCA2.0采用优化行星减速器
追觅科技	通用人形机器人	行星及其衍生的行星传动类型

资料来源：来福谐波官网、鑫松自动化官网、川铭精工官网、华安证券研究所

注：企业排名不分先后

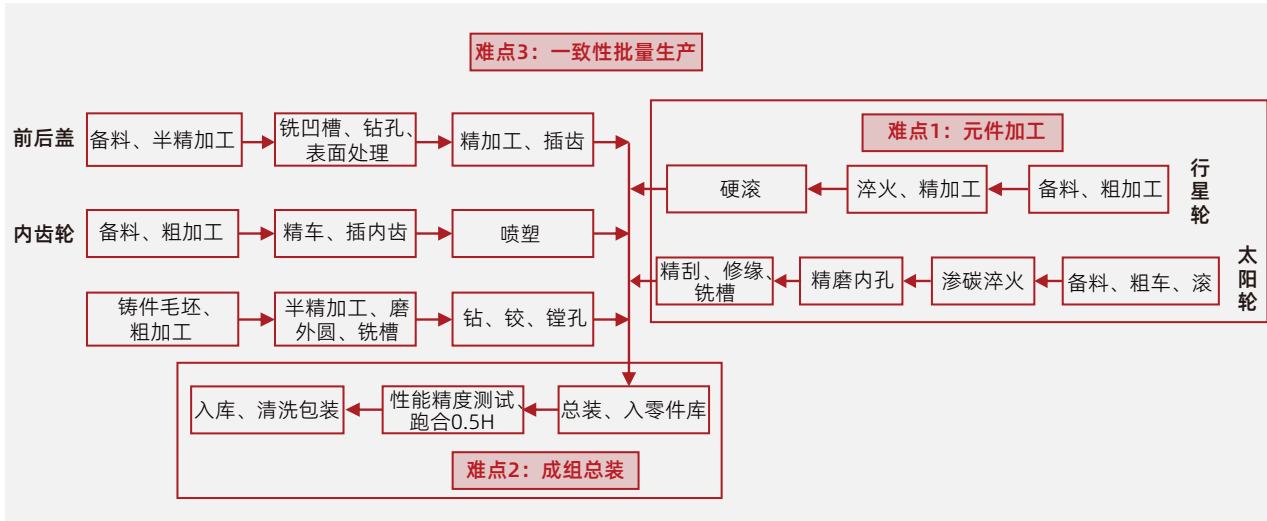
人形机器人核心模组/零部件

精密减速器

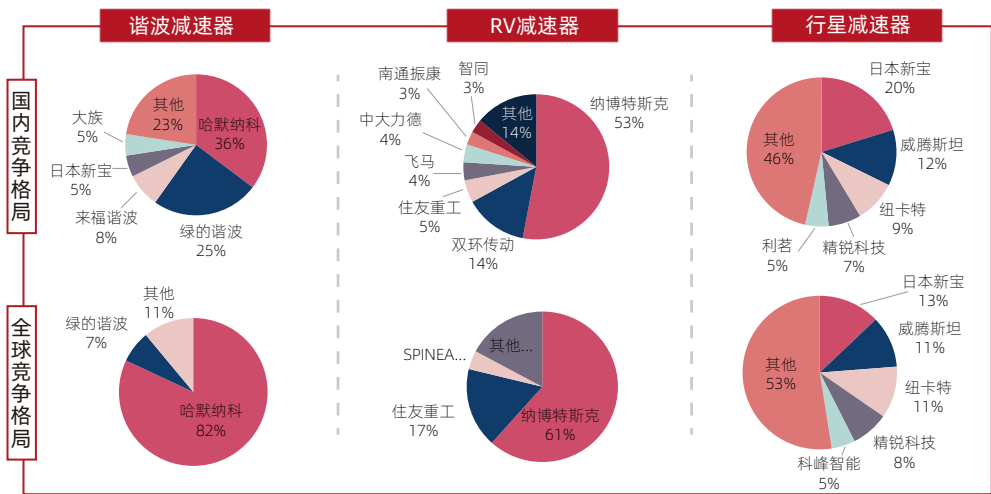
精密减速器作为技术密集型行业，制造整体是一个“系统工程”，在研发设计、材料处理、设备采购、工艺制造、装配成组、稳定批产等多环节均存在较高壁垒，因此先进入者具备先发优势。

目前精密减速器市场主要由德日等外资品牌主导，如日系龙头哈默纳科、纳博特斯克分别占据全球谐波减速器、RV减速器市场 82%、61%的市场份额，寡头效应明显。

减速器制造难点梳理



减速器国内与全球竞争格局



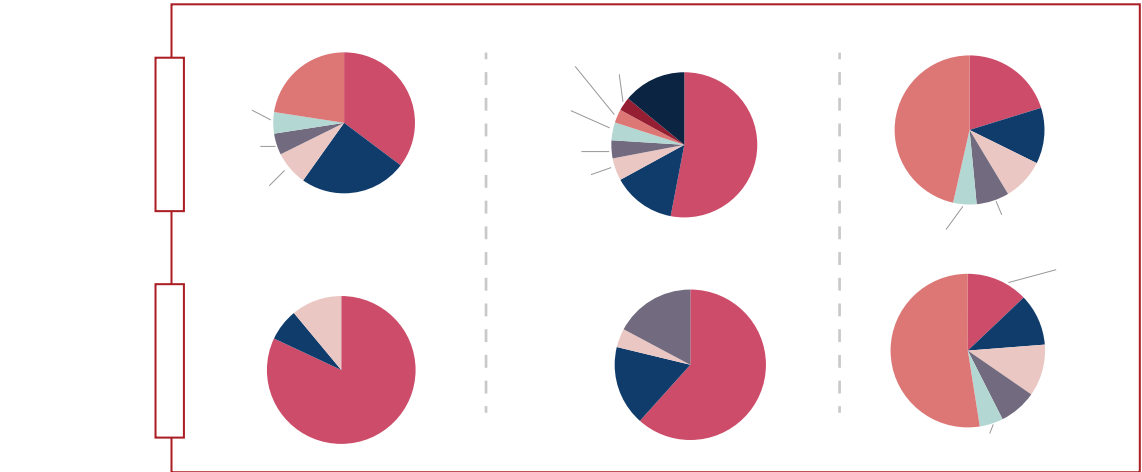
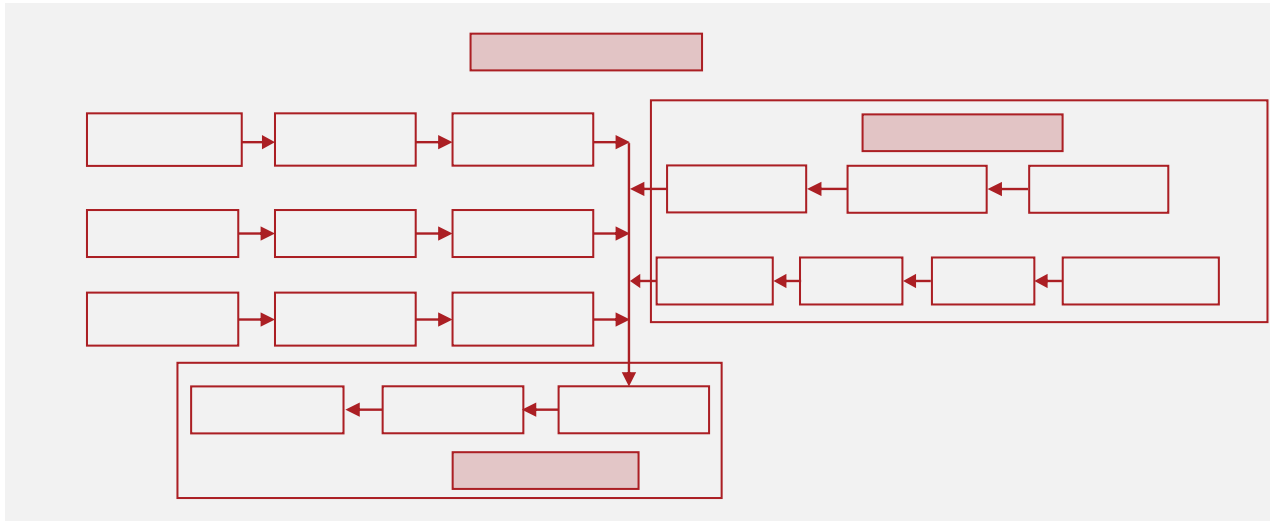
资料来源：GGII、QY Research、科峰智能招股说明书、国信证券经济研究所

人形机器人核心模组/零部件

精密减速器

我国精密减速器行业起步晚，但内资品牌持续技术突破。伴随国内制造业智能化、自动化升级，工业机器人市场规模扩大，带动精密减速器需求增长，国内企业扩充产能、切入下游，内资份额明显提升。

近年国产厂商规模与技术实力取得了显著进步，产品布局完善，市场占有率提高，并逐步进军日系垄断的中高端市场，国产替代趋势明显。



国内主要减速器玩家及进展

公司	产品	减速器进展
双环传动	RV、谐波等	RV 减速器：国产RV减速器市占率连续第一，年化产能10万台左右。 谐波减速器：已有6年积累，多型号产品批量供货。
中大力德	RV、谐波、行星	从2008年开始研发减速器，目前已掌握RV减速器生产加工所需的工艺、组合和装配技术。
秦川机床	RV等	突破RV减速器关键零件的瓶颈工序及核心工艺装备，主要技术指标均达到国际同行业先进水平；实现小批销售。
绿的谐波	谐波	国内谐波减速器龙头，核心团队从事精密传动领域超20年，产品关键性能指标已达行业前列。2023年完成年产50万台精密减速器的扩产项目的土建及设备采购，在国内率先实现谐波减速器的工业化生产和规模化应用，打破国际垄断。
科达利	谐波	2024年公司投资设立深圳科盟公司进入减速器行业，以合资方式成立新公司进行深度的合作，进一步扩大整体的经营效益。
精锻科技	行星	机器人减速器的研发工作进行中，在研机器人关节行星减速器，目前正与客户讨论应用场景，确认设计的边界设计，以建立设计试验规范。
丰立智能	谐波、行星	公司成功研发多种类常规型号产品以及用于机器人的超薄款谐波减速器，用于灵巧手的直锥齿轮等产品。已与人形机器人、协作及工业机器人等部分客户合作，并产生小量营业额。
来福谐波	谐波	产品批量运用在工业机器人、服务机器人、医疗器械、高精密自动化设备等领域。

资料来源：各公司官网、高工机器人、公开信息、幸福招商行研院整理

注：企业排名不分先后

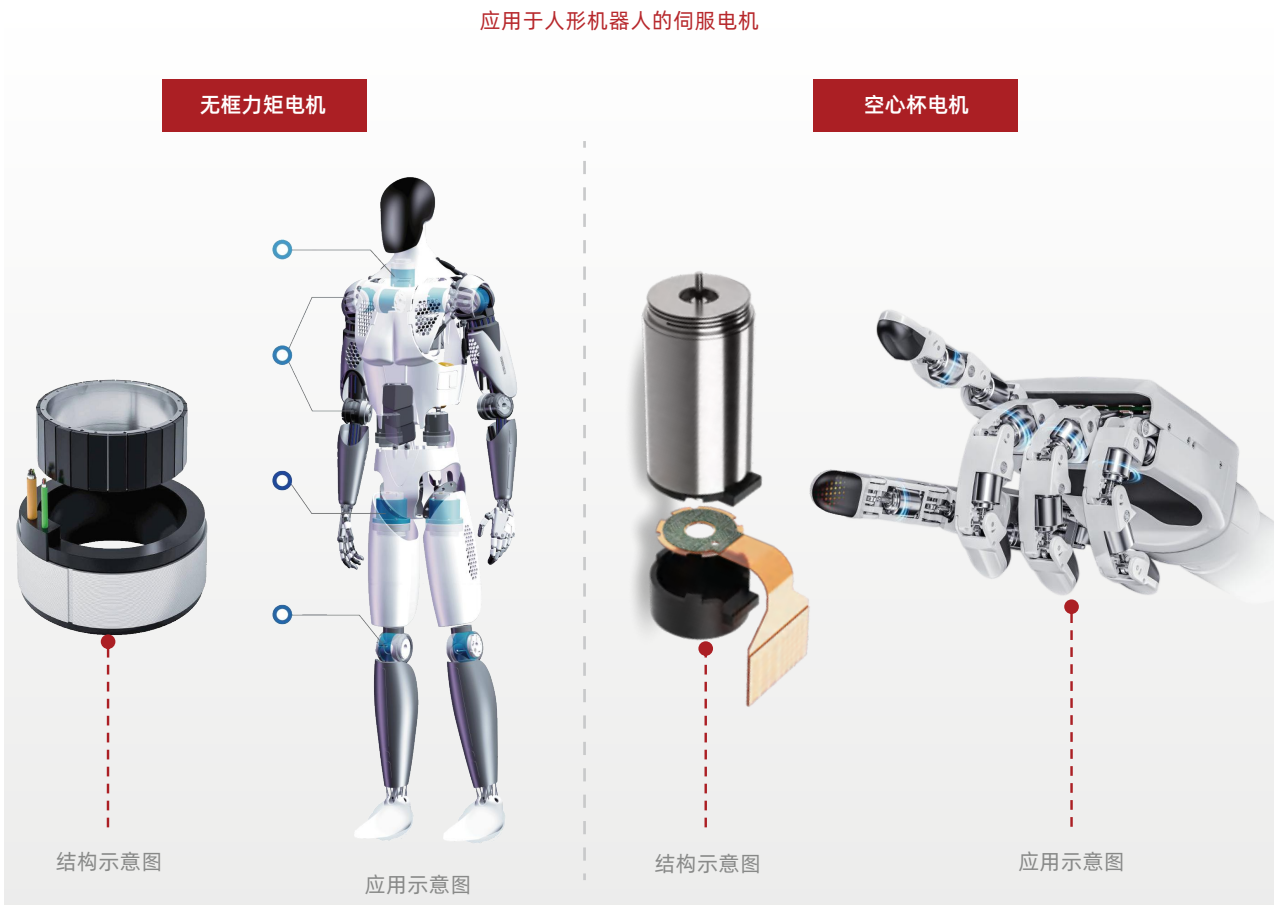
人形机器人核心模组/零部件

伺服电机

伺服电机是一种精确运动控制的执行电动机，是人形机器人关节运动的核心动力源，它能将电信号转化为精确的机械运动，使其实现各种灵活动作，如行走、奔跑、抓取、操作工具等。

应用于机器人电机需具备快速响应、起动转矩惯量比大、运动控制精度高等特性。目前人形机器人中用到的电机主要是**无框力矩电机**和**空心杯电机**，分别适配在机器人的关节和灵巧手部位。

伺服电机作为人形机器人的核心零部件，价值量占比在18%-20%之间，以特斯拉机器人为例，通常包含28个应用于大关节的无框力矩电机和12个应用于手指的空心杯电机，价值量占比分别为15%、4%。



图片来源：荷兰Tecnotion、零差云控、兆威机电官网

人形机器人核心模组/零部件

伺服电机

无框力矩电机

无框力矩电机由定子和转子两部分组成，无传统电机外壳和轴承，通过嵌入设备内部实现紧凑化设计和高效传动。

无框力矩电机具备体积小、功率高、低转速输出大扭矩等特性，由于无框力矩电机的中空式设计，减小电机所占空间，更利于机器人轻量化发展。同时其在低转速情况下能输出更大扭矩，并且性能上不受高压、高温等环境影响，是人形机器人关节驱动中电机的较优选择。目前，无框力矩电机在磁路和工艺设计上存在较高的技术壁垒，市场主要由海外厂商如美国科尔摩根、德国 TQ-RoboDrive、美国 Aerotech、奥地利 AVS Mechatronics GmbH 等企业占据。

我国无框电机行业尚处于起步阶段，市场参与者数量较少，产品质量与海外发达国家相比存在一定差距，主要依靠价格优势抢占市场份额。在人形机器人产业需求驱动下，国内无框力矩电机企业正在快速追赶，随着国产替代需求的推动，未来国产无框力矩电机渗透率将有望进一步提升。

中国无框力矩电机市场主要玩家及进展

公司	无框力矩电机进展
步科股份	在协作机器人用无框力矩电机细分领域市场份额领先，2024年销量达2.4万台
昊志机电	无框力矩电机已批量用于协作按摩机器人
雷赛智能	年产能可达30万台，目前，无框力矩电机已经有数十家客户批量试用成功，意向订单已经突破10万台
信质集团	信质集团无框力矩电机通过了宇树科技测试，正对接特斯拉Optimus电机选型
禾川科技	已为宇树 H1 等国产人形机器人提供可靠动力支持
鼎智智能	处于研发和送样测试阶段，尚未大批量供货；于2025年获得智元机器人首届供应商大会优秀合作伙伴奖
大族电机	人形机器人领域相关产品包括无框力矩电机、空心杯电机、关节模组等
卧龙电驱	已与多家头部企业，包括海外客户建立深度合作
伟创电气	无框力矩电机在灵巧手上的小型化应用已有部分样品交付
正德智控	2024年出货量突破5万台（包括多个应用领域）
微光股份	无框力矩电机已取得小批量订单

数据来源：公开信息、幸福招商行研究院整理

注：企业排名不分先后

人形机器人核心模组/零部件

伺服电机

空心杯电机

空心杯电机是一种采用无铁芯转子的直流永磁伺服控制电机，主要是由轴、轴承、电刷、换向器、转子、转轴、线圈、滑动轴承、外壳、定子等组成。

空心杯电机可以分为有刷空心杯电机和无刷空心杯电机。一般来说，无刷空心杯电机体积和重量相对较小，同时还具有转速高、响应快、精度高等优势，比较适用于人形机器人灵巧手。空心杯电机技术含量高、生产难度大，同时下游不同应用领域对产品的性能要求存在差异，需要制造厂商具备一定的定制化生产能力。目前，全球空心杯市场仍以海外厂商为主导，市占率为80%左右。

相较于国际厂商，中国空心杯电机厂商起步较晚，在技术、市场份额等方面仍存在一定差距。不过，近年来在相关政策的扶持以及市场需求的强劲推动下，国内企业积极投身该领域，加大研发与生产的投入，取得了显著进展。在此过程中，涌现出了一批具有竞争力的本土化企业，例如鸣志电器、江苏雷利等，它们凭借着自身的努力与创新，逐渐在国内市场崭露头角。未来随着国内企业技术实力的不断提升以及产业生态的逐步完善，空心杯电机国产化趋势将愈发明显。

国内空心杯电机厂商基本情况	
公司名称	空心杯电机情况
鸣志电器	公司通过多次收购掌握核心技术：收购美国LinEngineering、瑞士TechnosoftMotionAG、鼎智科技。空心杯电机已处于中小批量供货阶段。
雷赛智能	运动控制领域的国内领军企业，主要产品为伺服系统、步进系统、可编程运动控制器。空心杯电机已经成功应用于人形机器人灵巧手、协作机器人关节、AGV/AMR移动机器人等领域。
拓邦股份	已成功研发出高密度无框力矩电机等核心产品，空心杯电机具有高性能、低噪音、低功耗等特点，转速可达到数千转每分钟，适合用于需要高精度控制的机器部件。
兆威机电	转矩直流电机、无刷空心杯电机、8mm永磁步进电机均已形成系列产品，正开展4mm直径无刷空心杯电机攻关，以突破国外技术壁垒。
伟创电气	公司产品可以达到13毫米8万转的功率密度，后续也会进一步推进研发10毫米、8毫米、6毫米，包括10万转的更高功率密度的产品。
江苏雷利	公司已自研完成 8mm 有刷空心杯和 10mm 无刷空心杯，最高转速可达 10 万转，16mm 空心杯电机已实现批量生产，并供货于海外市场。
昊志机电	公司已具备多尺寸空心杯电机，产品性能领先行业，且其空心杯电机具备体积小、可控性高、噪音小等优点，契合人形机器人灵巧手需求。
鼎智科技	鼎智科技的空心杯电机技术已基本成熟，其最小直径 8mm，最大转速 8 万转/分钟，性能处于国内领先水平。

资料来源：幸福招商行研院整理

注：企业排名不分先后

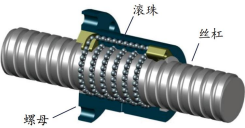
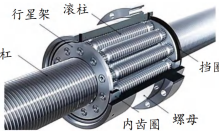
人形机器人核心模组/零部件

丝杠

丝杠的基本功能是通过电机驱动实现旋转运动，并借助螺纹结构将旋转运动精确地转换为直线运动，从而提供机械设备所需的直线位移和推力传递。

丝杠在人形机器人中主要应用于关节驱动和运动控制，如手臂、腿部以及灵巧手等，是机器人线性驱动的关键组件，直接影响机器人的运用精度、稳定性等，如同人形机器人的“肌腱”。

目前，人形机器人主流丝杠方案包括梯形丝杠（滑动丝杠）、滚珠丝杠和行星滚柱丝杠等，其中行星滚柱丝杠凭借传动效率高、传动精度高、寿命长、负载能力大等优势，与人形机器人有较好的适配性，但制造成本也较高，目前国产化率也较低。

	梯形丝杠	滚珠丝杠	行星滚柱丝杠
示意图			
优势	结构简单	精度高 效率高	承载力强 耐冲击 体积小
劣势	精度差	价格高	结构复杂 加工难度高 成本昂贵
国产率	高	超60%	很低

资料来源：观研天下、国投证券、幸福招商行研院整理

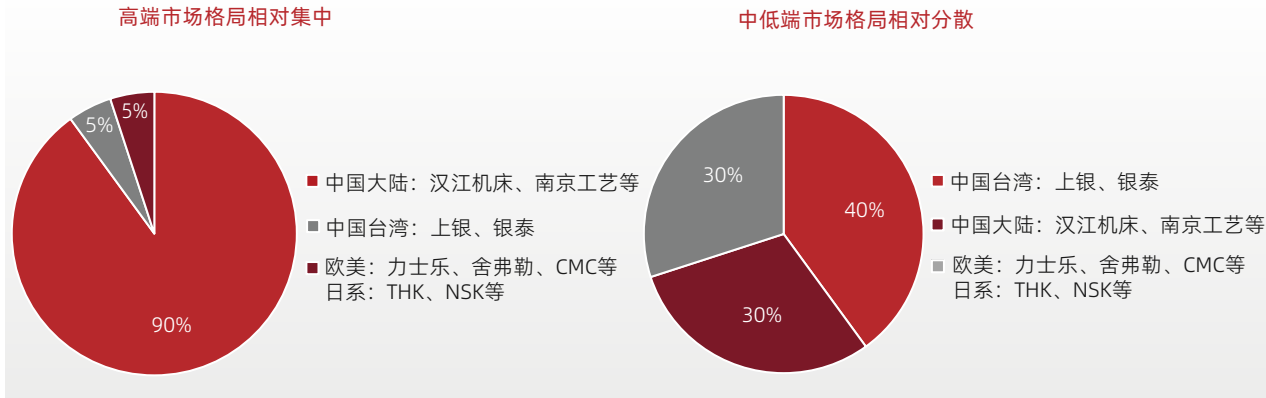
人形机器人核心模组/零部件

丝杠

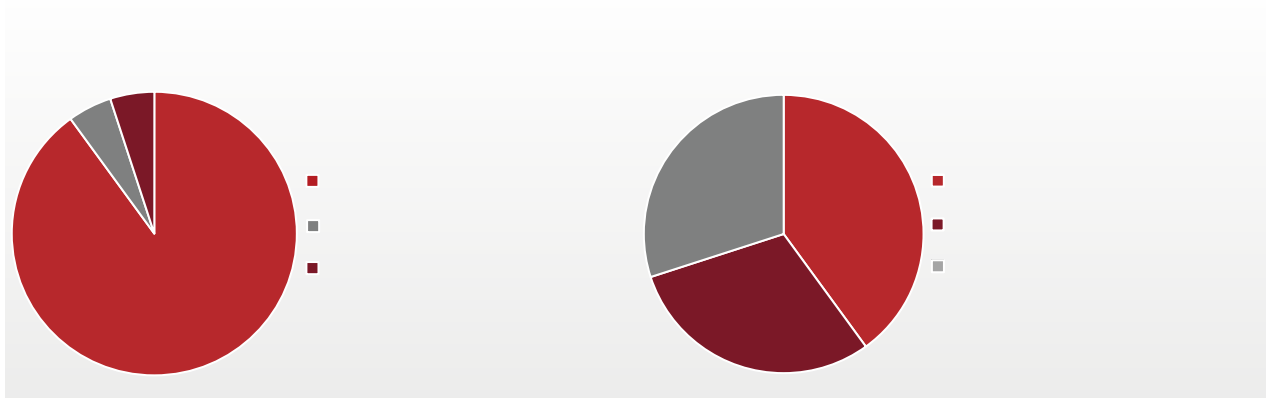
从市场格局来看，全球丝杠市场呈现国际巨头主导、本土企业追赶的态势。海外厂商在技术、品牌上优势明显，长期占据高端丝杠市场。

尽管近年来我国在高端制造领域取得了长足进步，但在滚珠丝杠技术上，国内企业仍面临诸多制约。主要原因在于核心技术、关键加工设备和高精度检测仪器均严重依赖国外进口，导致生产成本低、产品稳定性和精度难以与国际顶尖产品匹敌。同时，国内企业在品牌建设、质量控制和售后服务体系上尚未形成国际竞争力，这使得国产产品在国际市场中缺乏竞争优势。

相关数据显示，在国内高端市场，欧美日企业市场占有率高达90%，中国大陆、中国台湾制造商市场份额各约5%；中低端市场，大陆制造商拥有份额约30%，市场格局相对分散。



数据来源：金属加工杂志社、国投证券



人形机器人核心模组/零部件

丝杠

国产替代的推进不仅需要技术上的突破，更需要形成完善的产业链和供应链协同效应，通过不断加大研发投入、改进加工工艺和优化检测系统，逐步缩小与国际先进水平的差距。

目前，在人形机器人产业发展机遇下，国内头部企业也在行星滚柱丝杠领域积极布局。

国内丝杠厂商基本情况

公司名称	丝杠产品进展
南京工艺	公司主营以滚珠丝杠副、滚动导轨副为代表的滚动功能部件，目前，南京工艺行星滚柱丝杠副在淬火后的硬度可达HRC58以上，主要应用于伺服电动缸。
新剑传动	专注微型丝杠研发，直径3mm产品突破100万次寿命测试，与智元机器人签订独家供应协议，投入10亿元建设年产100万台人形机器人丝杠项目，机器人合作伙伴包括小米、小鹏、智元机器人、科沃斯机器人等。
博特精工	前身是山东济宁丝杠厂，公司先后成功开发了行星滚柱丝杠副、重载滚珠丝杠副、高速机械主轴、电主轴等新产品。
汉江机床	拥有行星滚柱丝杠的研发、制造基础，近年来已有多种产品供给某些特殊行业，部分新型号产品正在研制和试验验证。
贝斯特	通过收购德国KISSLING切入高精度行星滚柱丝杠，人形机器人行星滚柱丝杠为25年批量供货做好了技术和设备储备。
恒立液压	目前滚珠丝杠产品已进行送样和小批量供货。依托液压缸全球渠道（市占率35%），推出“丝杠+伺服电机+编码器”集成化解决方案，与特斯拉联合开发模块化执行器，2024年产能规划50万套。
鼎智科技	全球唯一量产微型空心滚柱丝杠（直径<5mm），适配机器人手指关节滚珠丝杠等产品订单增长，相关丝杠正样机测试。
震裕科技	建有一条机器人线性关节核心零部件行星滚柱丝杠样品线。根据设计方案，一条全自动中试线预计能达到日产行星滚柱丝杠100套的产能。
北特科技	汽车齿条冷锻工艺改良，丝杠生产效率提升3倍，成本较切削工艺降低40%。规划建设行星滚柱丝杠研发生产基地项目，目前在上海嘉定工厂投资建设了相应的小批量产线。
丰立智能	为人形机器人客户配套的产品有谐波/行星减速器、小伞齿、小圆柱齿、丝杠等。
禾川科技	正在推动直线导轨和丝杠研发项目的研制，应用于高端机床、航空航天、机器人等领域，部分产品已量产。
双林股份	将汽车零部件领域的表面渗氮工艺创新应用于丝杠制造，于2024年5月完成车用滚珠丝杠样件制造，样件在三方验证中；人形机器人滚柱丝杠产品已研发出样品，试制产线也在建设之中。
斯菱股份	计划逐步开发和量产谐波减速器、执行器模组、丝杠三大类产品，丝杠类产品已初步完成样品打造。
恒而达	线导轨已有百种以上型号，在进行滚珠丝杠副研发。
秦川机床	研磨床优先供应内部丝杠产线，良率较外购设备提升15%，2024年丝杠业务毛利率突破45%。
国华智能	人形机器人用高性能行星滚柱丝杠处于小批量试制阶段。
日发精机	五轴联动加工中心技术赋能丝杠精密制造，加工精度达±0.003mm；为日本THK、台湾上银代工高端丝杠。
凯特精密	公司产品包括直线模组、直线导轨、钳制器、滚珠丝杠等，具有二十多年的行业制造经验。

资料来源：公开信息、幸福招商行研院整理

注：企业排名不分先后

人形机器人核心模组/零部件

传感器

传感器是一种检测装置，能感受到被测量的信息，并能将感受到的信息，按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

在人形机器人中，多种传感器协同工作，使其能感知外部环境并监测自身状态，从而完成复杂的交互与操作任务。感知层传感器构建了软件控制与硬件执行之间的桥梁，是连接物理世界与数字系统的关键接口，也是实现具身智能的核心支撑。

人形机器人的传感器几乎遍布机器人全身。按其功能可划分为内部传感器与外部传感器两大类：**内部传感器**主要用于检测机器人自身的状态，例如位置、角度、速度和力矩等，主要包括速度传感器和位置传感器等；**外部传感器**则通过视觉、听觉、触觉等系统与外界交互，感知环境信息，主要包括力觉传感器、视觉传感器、听觉传感器、触觉传感器、温度传感器等。

目前在人形机器人的应用中，**力觉传感器、触觉传感器/柔性电子皮肤、视觉传感器、高性能惯性测量单元IMU**等具有较高的价值和市场潜力。

人形机器人传感器与人类感知功能的对应关系

人类感知功能	机器人传感器
视觉：物体的大小、明暗、动静	CCD、CMOS、Lidar、深度相机等
听觉：高音（高调）、音响（音强）、音色（音质）	Mic振动传感器等
触觉：触摸的压迫感	触觉传感器
痛觉：机械/温度/化学等刺激导致疼痛	力度传感器、温度传感器等
前庭觉：平衡觉	IMU
本体觉：本体的位置与姿态	盘码、超声波距离传感器等

资料来源：传感器专家网、行行查研究中心

人形机器人核心模组/零部件

传感器

力觉传感器

力觉传感器主要将力学信号转变为电学信号，按测量维度划分，力传感器可以分为一维、三维和六维力传感器。

一维力传感器仅检测一个方向的作用力或者力矩，在工业中应用相对广泛，价格也较为便宜（大多为数百元）。多维力传感器仅包括三维力和六维力传感器，均需要标定XYZ坐标轴，区别在于应变片的数量及解耦算法。六维力传感器是最高端的力矩传感器，同时测量XYZ轴向力和环绕轴的力矩，内部的算法可以解耦各个方向的力和力矩的干扰，较多应用于高端机器人和精密设备中，价格也十分昂贵（大多在数千元至上万元）。

人形机器人中主要使用一维和六维力传感器，一维力传感器适合单一运动方向场景，如直线或旋转关节；六维力传感器提供全方位力觉反馈，用于复杂作业场景的手部末端力控，是人形机器人实现智能化控制的核心；三维力传感器往往作为低成本环境下六维力传感器的补充，二者存在一定替代关系。

多维度力传感器对比

类别	示意图	力的方向和作用点
一维力传感器		力的方向和作用点固定
三维力传感器		力的方向随机变化，力的作用点不变且与标定参考点重合
六维力传感器		力的方向和作用点都随机变化

资料来源：海伯森技术官网、湘财证券、中金公司

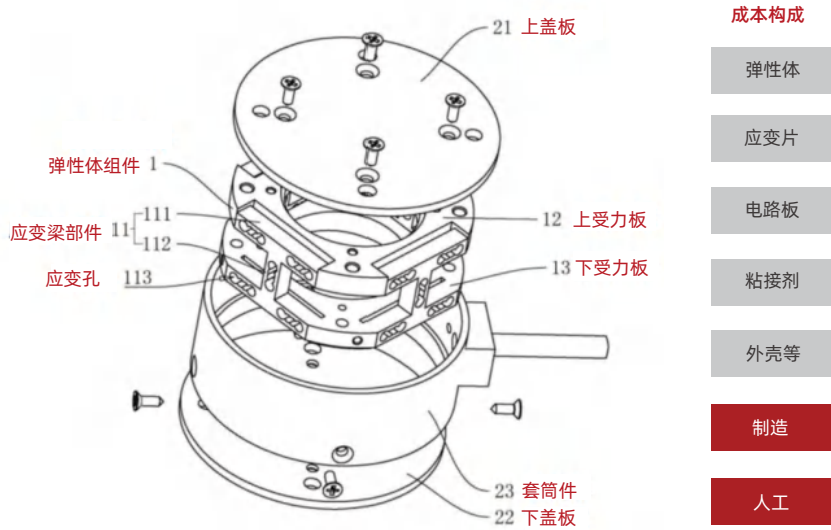
人形机器人核心模组/零部件

传感器

力觉传感器

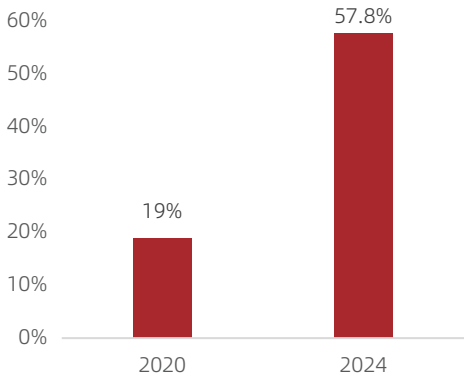
六维力传感器是机器人从“自动化机器”向“智能化生命体”跃迁的关键一环，但其开发难度和壁垒极高，制造流程复杂，导致其成本高昂；相关资料显示，六维力传感器成本构成中大部分成本来自于应变片和人工加工成本。

精度六维力传感器的爆炸图及成本构成



在人形机器人浪潮爆发后，六维力传感器从小众市场变成备受瞩目的焦点，目前虽然仍以具有先发优势的外资品牌为主，但在降本需求的驱动下，国内品牌凭借供应链优势，市场份额也大幅提升。

六维力传感器国产厂商市场份额提升



六维力传感器国产厂商代表

生产商	参考型号
宇立仪器	M33XX系列、M38XX系列、M35XX系列
坤维科技	KWR36系列、KWR63系列
蓝点触控	Wrist系列-ST型、Wrist系列-EQ型
鑫精诚	XJC-6FM-D26-H19、XJC-6F-D30-C、XJC-6F-D40-H18-A、XJC-6F-D50-H19、XJC-6F-D62-H27-A、XJC-6F-D65-H24、XJC-6F-D75-H19-A
海伯森	HPS-FT025、HPS-FT060S、HPS-FT120、HPS-FT060E
神源生智能	DTH系列
埃力智能	六维力传感器仅一个型号
昊志机电	DSA-16050、DSA-8025、DSA-4003、DSA-2008、DSA-1003
瑞尔特测控	T521M2

资料来源：《一种高精度六维力传感器_吴美贞等》、《一种微型应变式六维力传感器及其标定装置_王鹏等》、焉知机器人，MIR、幸福招商行研究院整理

人形机器人核心模组/零部件

传感器

柔性触觉传感器（电子皮肤）

触觉传感器本质上是将接触面形状、压力、摩擦力、温度等信息进行感知识别和转换的传感器。柔性触觉传感器囊括法向力、切向力、温度等更多维度，能够扩展可感知的信息，柔性触觉传感器集成信号处理电路、算法等模块形成电子皮肤。

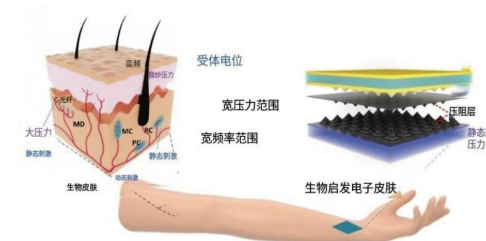
按照转换信号原理的不同，目前厂商电子皮肤主要采用的技术路线包括电阻式、电容式、压电式等。技术路径来看，目前压阻式较为主流。

电子皮肤技术路径优缺点对比

技术	调节参数	优点	缺点
压阻式 (FSR)	电阻值	动态范围大，频率响应高，空间分辨率高，耐用，原材料易得，测量电路简单	涂层剂纯度低，填料粒径误差大；国内油墨还没有实现量产
电容式	电容值	灵敏度高，空间分辨率高，动态范围大	存在寄生电容，对噪声敏感，测量电路复杂；可弯曲性不足
压电式	电荷	灵敏性度高，动态范围大，经久耐用，材料机械性能好，同时感知力和温度变化	仅适用性高动态检测；空间分辨率差；灵敏度过高，易受非目标物体和高频信号影响；测量电路复杂；材料特性衰减
光电式	光强度	空间分辨率高，无电气干扰，响应速度快，成本低	整体结构缺乏柔性，对弹性体依赖性强
电磁式	磁场强度	灵敏度高，体积小，可感知切向力	结构设计复杂，分辨率低
超声式	超声波	空间分辨率高，不受电磁干扰	布线困难，存在滞后和非线性，易受外部超声干扰

电子皮肤包含基底层、传感器层、封装层。其中，基底层的柔性基材提供支撑和保护，传感器层负责将物理刺激转换为电信号并传输，封装层负责保护电子组件免受物理、化学损伤等。这些材料和结构的选择直接影响电子皮肤的性能，如灵敏度、动态范围和稳定性。

生物皮肤和电子皮肤



电子皮肤结构

	材料/技术	功能及特点
基底层	柔性材料 (PDMS、PET、PI、PE等) 涂布工艺/静电纺丝/3D打印	作为电子皮肤的基础，提供支撑和灵活性，使设备可以贴合不规则表面。
传感器层	微型传感器（纳米/微米级材料）	检测压力、温度、湿度、化学物质等，实现高灵敏度和快速响应。
保护封装层	防水、防尘材料	保护电子组件免受物理损伤、化学腐蚀和水分侵入，同时保持传感器对外部环境的敏感性。

资料来源：《柔性触觉传感器在机器人上的应用综述》、中金公司

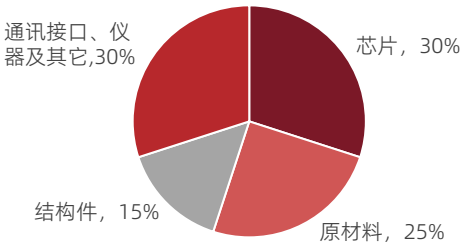
人形机器人核心模组/零部件

传感器

柔性触觉传感器（电子皮肤）

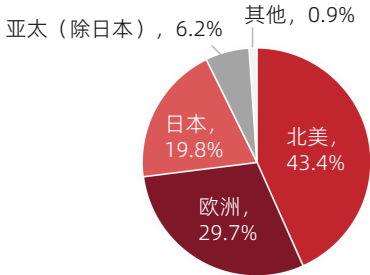
电子皮肤的生产成本包括前端采集材料、芯片以及结构件等部分。其中前端采集材料占总成本的20%~30%，芯片占约30%，结构件占15%~20%，剩下的20%~35%包括通讯接口、仪器及其他部分。

电子皮肤的成本构成

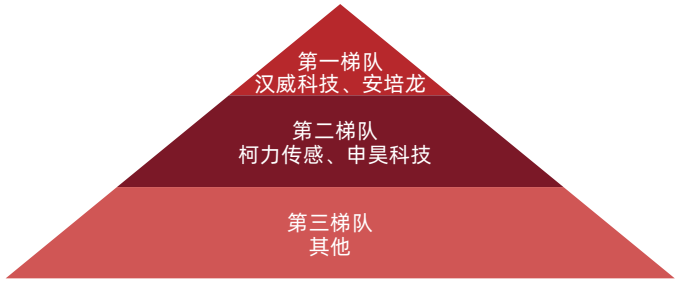


在市场格局方面，北美、欧洲、日本占据全球智能传感器九成以上份额，是全球智能传感器最主要的生产基地，其中北美智能传感器产值最高，达43.3%。目前，中国仅少部分头部企业掌握电子皮肤核心技术，但在抗干扰能力、精度与国外企业仍有差距。

全球智能传感器产值分布（总和不等于100%，多0.1%）



中国电子皮肤企业竞争格局



中国电子皮肤代表企业

企业名称	产品类型
汉威科技	柔性压阻/电容/压电传感器、电子鼻系统（嗅觉感知）
福莱新材	电阻式柔性传感器
帕西尼	PX系列多维触觉传感器
苏州能斯达(汉成科技控股)	柔性压力/压电/应变/温湿度/电容传感器、智能织物
钛深科技	触觉传感器、压力阵列传感器、压电薄膜传感器
三三智能	压电薄膜振动传感器、柔性薄膜
力感科技	薄膜压力传感器、阵列传感器
慧闻纳米	柔性薄膜压力传感器、MEMS气体传感器
初和科技	弹性应变传感器、弹性导线

资料来源：传感器专家网、各公司官网、华龙证券、幸福招商行研究院整理

注：企业排名不分先后

人形机器人核心模组/零部件

传感器

IMU 惯性传感器

惯性传感器又称惯性测量单元（IMU：Inertial Measurement Unit），是测量物体三轴姿态角及加速度的装置。IMU的核心装置是陀螺仪和加速度计，部分IMU还包括磁力计。IMU可测量物体在三维空间中的角速度和加速度，并以此计算出物体的姿态，是机器人保持平衡和稳定行走的关键传感器，相当于人的小脑。根据精度的要求，IMU可分为战略级、导航级、战术级、消费级四个层级；按照技术路线分，可分为MEMS、光纤、激光等；目前，MEMS技术在小型化、轻量化、易于批量化生产方面的优势尤为明显，逐步成为人形机器人惯性传感器领域主流技术路线。

IMU的精度层级划分

类别	战略级	导航级	战术级	消费级
应用领域	航空航天	航空航天	高端工业、汽车、飞行器	消费电子
零偏稳定性(°/h)	<0.01	0.01-0.15	0.15-15	>15
标度因数精度(ppm)	<1	1-100	100-1000	>1000
角度随机游走(°/h)	<0.01	0.01-0.05	0.05-0.5	>0.5
精度	极高	高	中	低
单价	数十万元	数十万元	千元-万元	千元以下

人形机器人IMU方案

品牌	IMU方案
特斯拉 Optimus	Optimus通过神经网络模型Occupancy Networks和Dojo D1超级计算芯片，接收并处理来自包括IMU在内各种传感器的数据，以识别环境空间并执行任务。
波士顿动力	Atlas使用集成 IMU、联合位置和力传感器来控制自身的肢体动作，并通过感知地面来保持平衡，但仍需要TOF深度相机等辅助感知障碍物并完成导航。
宇树机器人	H1通用人形机器人复用公司在四足机器人积累的控制技术和模型处理IMU等传感器数据，并配有3D激光雷达+深度相机，实时获取高精度的空间数据，实现全景扫描。
小米	CyberOne 机器人所搭载的Mi-Sense 深度视觉模组是由小米设计，欧菲光协同开发完成，据欧菲光公开的资料，其机器视觉深度相机模块主要由 iToF 模组、RGB 模组、可选的 IMU模块组成。
智元机器人	远征A1内置 RGBD相机、激光雷达、IMU 和麦克风阵列，全身拥有49个自由度，能够在各种复杂场景下自主完成移动和操作任务。

资料来源：芯动联科招股书、中金公司、各公司官网、机器之心、巨丰财经、华安证券

人形机器人核心模组/零部件

传感器

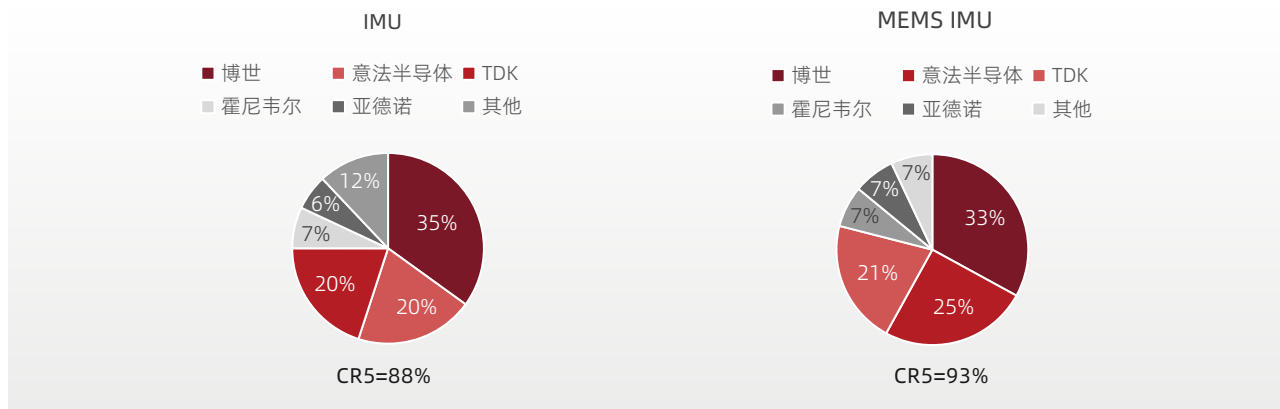
IMU 惯性传感器

惯性技术发展之初主要用于国防军工领域，鉴于其战略敏感性，国外对高精度惯性技术和器件实施严密封锁，对任何国家都执行禁运政策。这种技术壁垒直接导致当前惯性传感器市场呈现寡头垄断的竞争格局。

聚焦到IMU行业来看，其竞争格局与惯性传感器整体市场高度耦合，博世、意法半导体、TDK、亚德诺等国外企业占据主要市场份额；国内企业在MEMS加速度计和陀螺仪领域已具备一定的设计能力，但在MEMS IMU领域与国际先进技术水平仍有一定差距，在业务规模和收入体量上相对较小。

在人形机器人行业的快速发展驱动下，国内企业已在中低端市场实现突破，代表厂商有芯动联科、华依科技、兆易科技、敏芯科技、原极科技等。

国内IMU市场竞争格局



国内IMU代表厂商

企业	代表产品	企业	代表产品
芯动联科	XDA1201V	原极科技	FSS-AHRS400
华依科技	ARU8010	上海矽睿	QMI8A01
兆易创新	GD32 MCU产品矩阵	导远科技	导远IMU系列模组
戴世智能	IM1R系列6轴惯性测量模组	士兰微	SC7I22系列6轴惯性传感器
敏芯股份	机器人用 IMU	美泰电子	MSI328/MSI326

资料来源：时代伯乐、艾邦机器人

注：企业排名不分先后

人形机器人应用场景

三大核心应用场景

人形机器人凭借其与人高度相似的构造设计，展现出强大的环境适配能力，能够无缝融入专为人打造的各类空间场景。这一特性使其不仅能作为人类劳动力的替代者完成高强度、高重复性或高风险的任务，还可作为智能助手为人类提供精准、高效的协同支持，在多领域应用中释放出不可替代的价值。

具体而言，其核心应用场景可归纳为三大方向：

- **工业制造场景：**主要包括汽车、电子等生产线的装配、操作、维护、质检、搬运等重复性工作。
- **服务场景：**涵盖了商用服务和家用服务场景。其中，商用服务主要包括零售快消、酒店旅游、教育服务、医疗服务等场景；家用服务主要包括家庭陪伴、家务劳动、康健服务等场景。
- **极端作业场景：**主要指替代人工在危险/恶劣环境下执行任务，如能源化工，灾害救援，水下/太空作业、军事行动等。



图片来源：AI生成

人形机器人应用场景

应用场景呈阶梯式落地

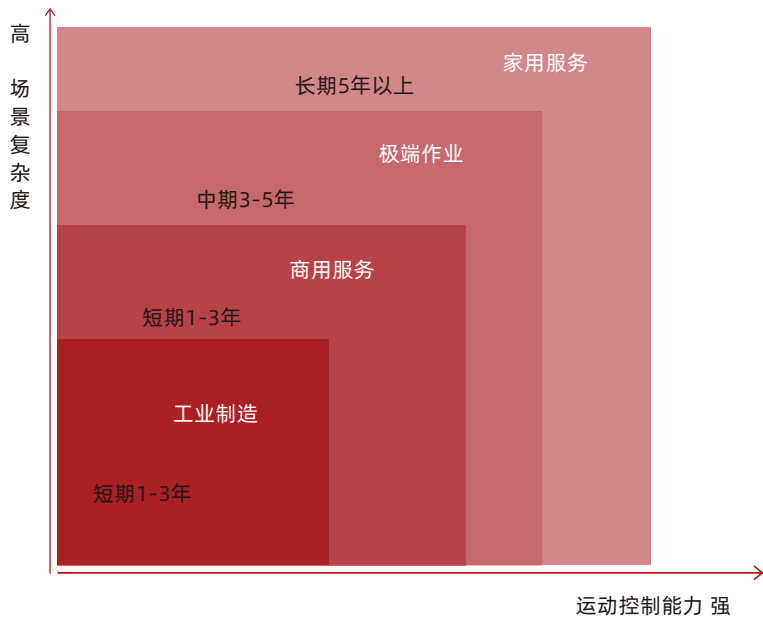
人形机器人应用场景的商业化落地将呈现阶梯式渗透路径，遵循“封闭场景B端→标准化C端→特种场景B端→开放场景C端”的演进逻辑，形成“技术验证-场景适配-市场下沉”的跃迁模型。

首先，工业制造中，人形机器人在精密装配和物料搬运等环节切入时间早、技术成熟度高，目前已具有较高应用渗透率。

其次，商业场景的强交互性与环境动态性驱动技术迭代，基于酒店、商场等标准化服务场景，人形机器人可较快实现落地及规模化复制。

针对探测、救援、采矿、建筑等危险作业场景，人形机器人的需求尤为迫切，这将倒逼技术突破，随后人形机器人将向该特种应用拓展。

最终，随着技术和市场的成熟，人形机器人将进入家庭市场，承担陪伴、教育和家务等多种角色，完成技术价值向社会价值的终极转化。



资料来源：亿欧智库

人形机器人应用场景

工业制造场景

工业制造场景因其单一性和重复性特点，是人形机器人应用最易实现落地的场景。其中，汽车工厂将成为最先落地的应用场景，一方面，汽车工厂因规模大、标准化高，适合人形机器人实训获取高质量训练数据；另一方面，汽车产业的自动驾驶和传感器技术与人形机器人技术相通，技术接受度高，双方合作实现协同效应。



人形机器人在工业制造领域应用案例：

- 1、目前，Figure02在美国南卡罗来纳州的宝马汽车工厂进行用例训练。
- 2、2024年10月14日，优必选发布全新一代工业人形机器人Walker S1，现已进入东风柳汽、吉利汽车、一汽红旗、一汽大众青岛分公司、奥迪一汽、富士康、顺丰等工厂实训，并获得多家车厂的意向订单。

资料来源：M2研究&分析、公开信息

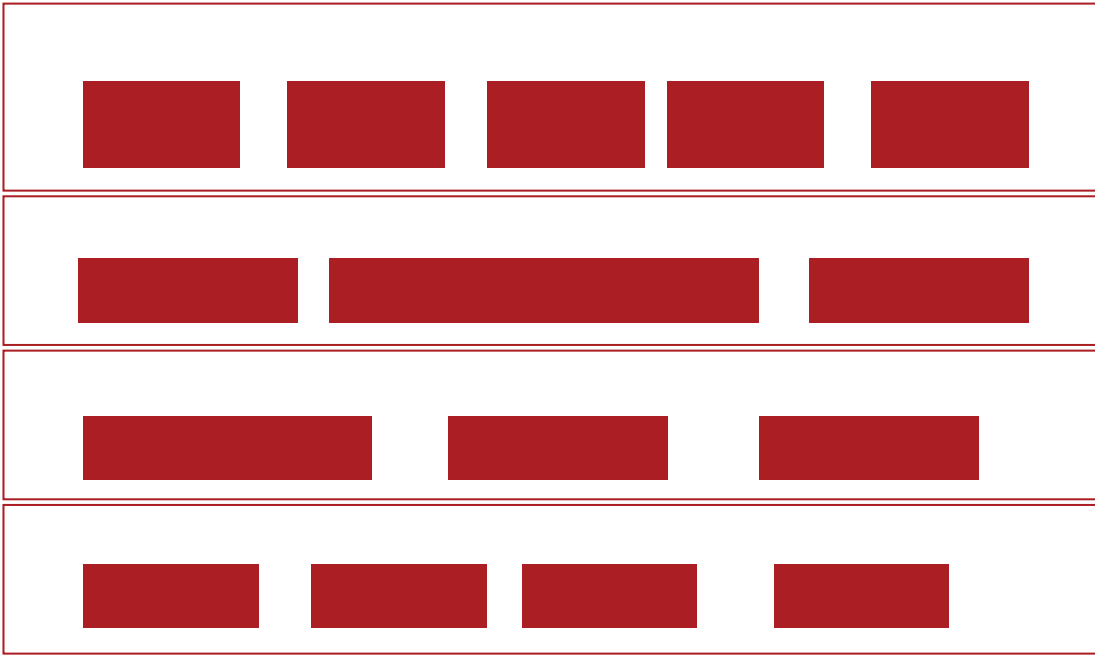
人形机器人应用场景

商用及家用服务场景

人形机器人作为人工智能与机器人技术的集大成者，在商用服务和家用服务场景中展现出巨大的应用潜力，正逐步重塑服务行业的运作模式与家庭生活方式。

在商业服务领域，目前人形机器人主要应用在封闭环境的室内场景中，首先落地的包括迎宾接待、导览讲解、需求解答、舞蹈表演等对运动性能要求不高的场景。未来将在餐饮快消、教育科研、医疗服务等场景展现出巨大潜力。在家庭服务领域，人形机器人作为陪伴型机器人，能提供家政、教育、娱乐等多种服务，如照顾老人与儿童、进行简单的家务劳动、辅导孩子学习等。目前，人形机器人在家庭服务的应用处于起步阶段，主要集中在基础陪伴、娱乐互动及简单家务劳动。随着未来成本进一步下降，人形机器人将逐步承担家务、陪护等任务。

商用及家用服务场景



人形机器人在服务领域应用案例：

- 1、Everon（美国安保服务商）在2023年与1X Technologies达成战略合作，在一些楼宇内试点部署一批轮式人形机器人执行保安执行巡逻任务。
- 2、2025年，蚂蚁集团旗下灵波科技推出了首款R1服务人形机器人，已在多地投入试点，应用于包括导游、厨房服务、分拣药品、健康咨询等实际场景。

资料来源：幸福招商行研院整理

人形机器人应用场景

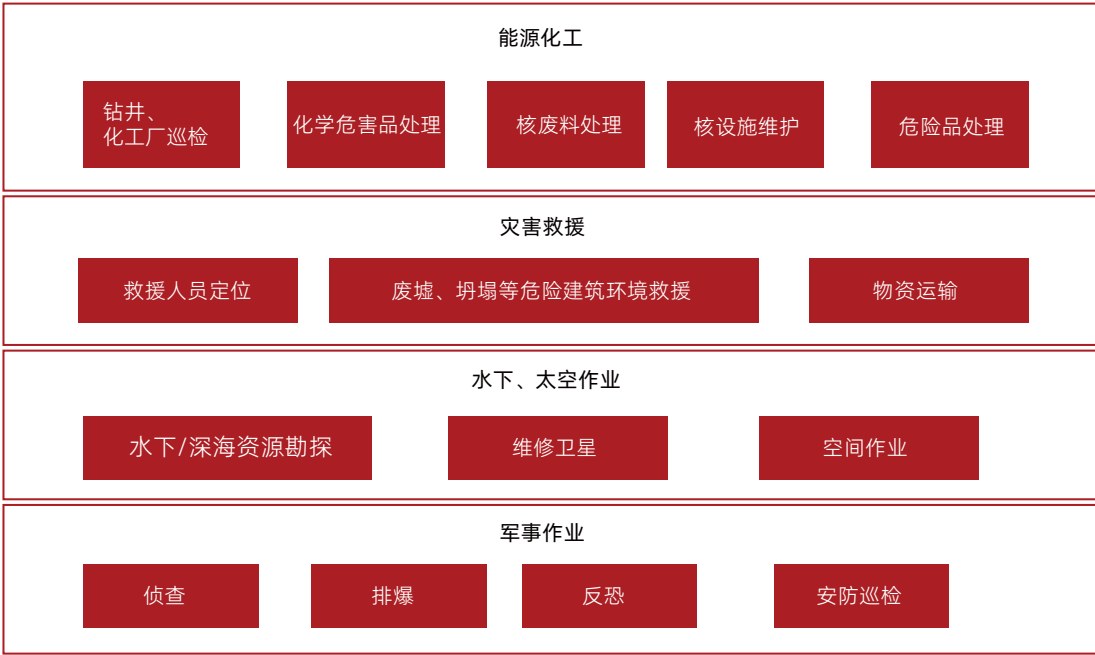
极端作业场景

极端作业场景对人形机器人有广泛的需求，人形机器人可在恶劣环境下帮助或替代救援人员操作，解决救援人员短缺及生命安全问题，从而提高救援效率、减少人员伤亡、提高物资运输效率等。

极端作业各细分场景的环境特征差异较大，人形机器人在某一特定场景下的训练难以泛化到其他场景，限制了其应用价值。

目前人形机器人运动控制能力有限，真正应用时需针对环境特点调整自身运动控制及任务执行能力。同时人形机器人本体安全防护能力、复杂任务智慧生成与高精度操作能力还需攻克。

极端作业应用场景



极端作业场景人形机器人案例：

2025年1月15日，天创机器人发布了全球首款达到II CT6最高防爆等级的人形机器人“天魁一号”。

资料来源：幸福招商行研院整理



政策与区域布局： 国家战略与地方实践





国家政策

战略引领，构建发展框架

近年来，国家政策层面高度重视人形机器人产业发展，出台多项关键政策，为产业发展指明方向，引导资源向人形机器人领域汇聚。

具体而言，技术创新方面，激励企业加大研发投入，推动“大脑、小脑、肢体”等关键技术突破；通过标准化建设规范市场、降低研发风险，加速科技成果转化；以及通过设定产业发展目标，如培育生态型企业、打造产业聚集区等，促进产业规模化发展。

回望2015至2025年的十年发展历程，中国机器人产业经历了从初步探索、快速追赶，到聚焦人形机器人领域前瞻布局演进，配套政策也随之走出清晰的升级路径：从“定方向”的宏观战略，到“扩规模”的全面扶持，再到“强核心”的精准发力。2023年10月，工信部印发《人形机器人创新发展指导意见》，首次将人形机器人纳入国家战略范畴，提出“三步走”发展目标（即2025年初步建立创新体系，2027年技术水平跻身世界先进行列），为产业绘制了政策牵引下的长期发展蓝图。

中国机器人产业发展政策脉络梳理

2015-2016年 战略布局期	立方向：以顶层设计明确机器人战略地位 《中国制造2025》 国务院 2015年5月 首次将机器人列为十大重点领域，奠定产业发展的国家战略基础
2016-2020年 规模扩张期	扩规模：从“宏观规划”转向“具体扶持”，工具多元，涵盖产业规划、标准制定与市场规范等 《机器人产业发展规划（2016-2020年）》 工信部等 2016年3月 首次为产业发展设定量化目标（产量、密度等），直指“高精度减速器、伺服电机、控制器”等核心零部件短板，并强调要推进工业机器人向中高端迈进，并大力发展服务机器人，标志政策进入系统化阶段
2021年至今 高质量发展期	强核心：“十四五”后，政策重心从“量”转向“质”，尤其将人形机器人推为核心方向，从“技术攻关”到“场景落地”精准发力 《“十四五”机器人产业发展规划》 工信部等 2021年12月 明确将人形机器人纳入未来产业重点发展方向，强调突破关键技术瓶颈，加速产业升级 《“机器人+”应用行动实施方案》 工信部等 2023年1月 十大应用重点领域：制造业（汽车、电子）、医疗健康（手术、康复）、养老服务、教育、商业服务、安全应急、农业、物流、能源、建筑 目标与要求：突破100种解决方案、推广200个典型场景，打造一批“机器人+”应用标杆企业，建设一批应用体验中心和试验验证中心
2023年 开始明确聚焦人形机器人	聚焦点：以专项政策锚定人形机器人核心地位 《人形机器人创新发展指导意见》 工信部 2023年10月 首个国家级人形机器人专项政策，聚焦人形机器人“大脑、小脑、肢体”三大技术群与重点产品和部件打造，将人形机器人定位为“继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品” 《关于推动未来产业创新发展的实施意见》 工信部等 2024年1月 将人形机器人纳入“十大标志性产品”，主攻“高转矩伺服电机、仿生感知、智能灵巧手”，推进智能制造、家庭服务等场景应用 《2025年政府工作报告》 国务院 2025年3月 “具身智能”被首次写入《政府工作报告》

地方政策

协同发力，加速产业布局

地方层面，全国各省市加速布局人形机器人产业，抢占新赛道先机。浙江、湖北省等省份，及北京、上海、深圳、杭州、苏州、武汉、宁波等城市纷纷出台具身智能/人形机器人专项政策或行动计划，积极打造人形机器人产业高地。

省级政策

政策名称	发布时间
《吉林省具身智能与人形机器人产业科技攻关实施方案（2025-2029）》	2025年7月
《安徽省人形机器人产业发展行动计划(2024-2027年)》（征求意见稿）	2024年12月
《浙江省人形机器人产业创新发展实施方案（2024-2027年）》	2024年9月
《河南省具身智能产业发展行动计划（2024-2027年）》	2024年8月
《湖北省人形机器人产业发展突破工程实施方案》	2024年3月

市级政策

政策名称	发布时间
《上海市具身智能产业发展实施方案》	2025年8月
《宁波市促进人形机器人产业创新发展的若干政策措施》	2025年7月
《杭州市促进人形机器人产业创新发展若干政策措施》	2025年6月
《武汉市加快人形机器人产业发展行动方案（2025-2027年）》 《武汉市加快人形机器人产业发展的若干政策措施》	2025年6月
《天津市促进人工智能创新发展行动方案（2025-2027年）》	2025年6月
《苏州市支持具身智能机器人产业创新发展的若干措施》 《苏州市具身智能机器人产业创新发展三年行动计划》	2025年4月
《北京具身智能科技创新与产业培育行动计划（2025-2027年）》	2025年2月
《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）》	2025年3月
《青岛市人形机器人产业发展行动计划（2024-2027年）》	2024年9月
《福州市促进人工智能产业创新发展行动方案（2024-2026年）》	2024年3月

区级政策

政策名称	发布时间
《合肥高新区具身智能机器人产业发展实施方案》	2025年9月
《北京经济技术开发区关于推动具身智能机器人创新发展的若干措施》	2025年8月
《广州开发区 黄埔区支持具身智能产业高质量发展若干政策措施》	2025年6月
《龙岗区具身智能机器人友好示范城区三年行动方案（2025-2027年）》	2025年5月
《苏州工业园区具身智能机器人产业发展行动计划（2025-2027年）》	2025年4月

注：公开资料，截止日期至2025年9月，统计范围为名称中包含“具身智能”/“人形机器人”的政策文件

地方政策

因地制宜，打造特色发展路径

各省市在人形机器人/具身智能产业政策布局上，既围绕应用场景开放、产业链协同、技术创新、专项基金及人才保障形成共性聚焦，凝聚产业发展合力；又基于区域资源禀赋与战略定位，呈现差异化发展路径。



中西部地区

民生服务与特种应用探索

聚焦医疗康养、农业、应急等垂直场景，政策强化“场景驱动型”补贴
《安徽省人形机器人产业发展行动计划(2024-2027年)》（征求意见稿）：对医疗、农业场景应用项目给予40%设备投资补贴，单个项目最高500万元；在合肥、芜湖建设2个特种机器人训练场，免费开放给本地企业测试

区域格局

四大集群，东部领跑、中西部追赶

中国人形机器人产业总体呈“东部领跑、中西部追赶”的东西联动、梯度发展态势，其中经济发达、产业链完善的东部沿海地区为核心集聚带，京津冀、长三角、珠三角三大区域凭借各自优势形成“三足鼎立”格局，而中西部地区则依托区域特色产业基础与东部形成互补协同；总体呈现京津冀协同创新、长三角全面布局、珠三角先发引领、中西部错位突破的区域发展特点。



注：数据来自高工机器人产业研究所《人形机器人产业地图（2025H1）》，统计企业类型含人形机器人产业链上、中、下游全环节，以企业工商注册地址为统计依据

数据来源：高工机器人

三大地区人形机器人产业链企业数量及占比		
地区	企业数量（个）	占比（%）
长三角	133	40.06
粤港澳	93	28.02
京津冀	58	17.67
其他地区	48	14.45

重点城市

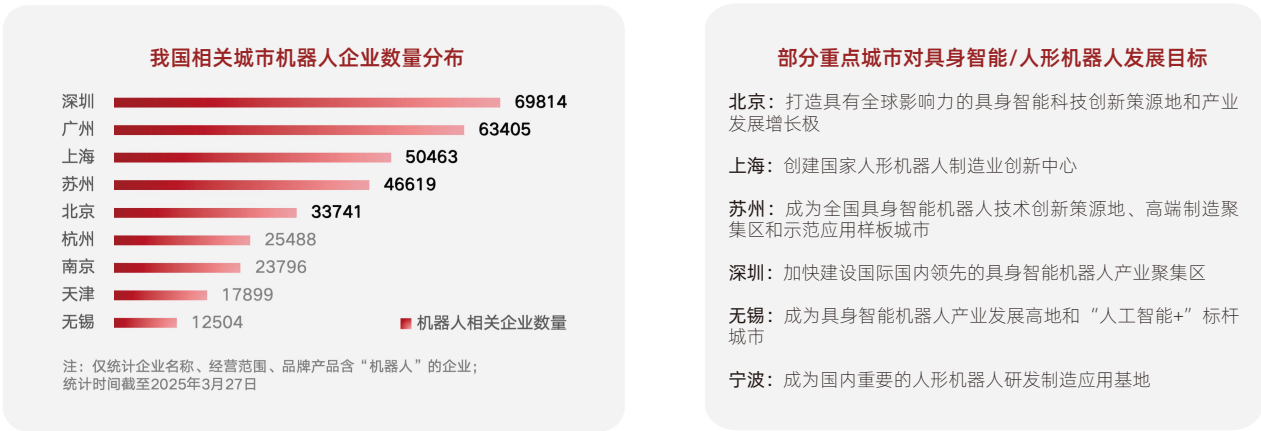
多点开花，各具优势

具体到重点城市，人形机器人产业已呈现明显的梯队分化趋势：

第一梯队为北上广深，四城综合实力最强、研发积淀最久，且是最早出台扶持政策的城市，目前已形成“上游核心零部件-中游整机本体-下游应用终端”的完备产业链，是全国产业发展的核心引擎；

第二梯队为苏州、杭州，苏州凭借深厚制造业底子与丰富落地场景承接产业落地，杭州则依托强劲AI技术实力与优质营商环境，聚焦技术创新与生态构建；

第三梯队为南京、重庆、成都等城市，虽明星整机企业规模不及第一梯队，但均以聚焦明确场景为特色，对务实型机器人创业者更友好；重庆作为“汽车重镇”，坐拥赛力斯、长安汽车、费迪电池等主机厂与电池厂本就是具身智能的核心落地场景；成都则围绕特色场景推进技术转化与产业配套，形成差异化竞争力。



北京：创新策源与政策引领高地

作为全国人形机器人创新策源地，依托清华、北大等高校资源与北京人形机器人创新中心等平台，聚焦具身大脑、运动控制算法、灵巧手等核心技术攻关。亦庄开发区集聚小米、北京人形机器人创新中心等300余家企业，同时开放工业装配、医疗辅助、应急救援等多元场景，推动技术从实验室走向产业化。

上海：全链协同与标准主导枢纽

以全产业链整合与标准制定为核心优势，主导全国过半人形机器人标准，同时依托开放环境吸引全球技术与人才，形成“研发-制造-应用”闭环。联动周边城市完善核心零部件配套，在工业康复高端服务等场景实现规模化落地。

深圳：整机制造与市场化落地龙头

全球人形机器人供应链核心集聚区，已集聚近4000家产业链企业形成高本地化率的“核心零部件-算法-整机-应用”生态闭环。依托政策支持与全域场景开放，商业化进程领跑全国。

苏州：核心零部件制造支撑基地

依托深厚制造业底蕴，聚焦减速器、伺服电机等关键环节形成技术壁垒。同时承接上海技术外溢，在系统集成领域培育集萃智造等企业，适配3C、汽车制造等本地优势场景，构建“零部件攻坚-集成应用”的特色产业路径，为全国产业链提供核心硬件保障。

广州：“制造+场景”双驱创新城市

依托汽车、电子制造产业基础，形成“企业多元布局、场景深度适配”的发展特色。本地企业深耕核心部件自研，同时依托主机厂资源，构建“车企需求-机器人研发-场景验证”的联动生态。

附录：参考资料

- 01、Y. Liu, J. Zhang, T. Li, K. Wu, Z. Wang, and L. Zhang, "Aligning Cyber Space with Physical World: A Comprehensive Survey on Embodied AI," arXiv, Jul. 2024.
- 02、华安证券《产业链梳理概况：人形机器人风起云涌》
- 03、华安证券《人形机器人深度：产业化渐行渐近，未来前景广阔》
- 04、2024世界机器人大会《人形机器人十大趋势展望》
- 05、中泰证券《人形机器人何时迎来量产？》
- 06、华安证券《人形机器人行业2025年度策略：从科幻到现实，人形机器人进入量产元年》
- 07、MoonFox《智能机器人行业产业研究报告2025》
- 08、中科创投研究院《中美机器人发展深度分析报告》
- 09、迈高证券《人形机器人行业深度报告：人形机器人迎量产元年，国产厂商有望超车》
- 10、华安证券《减速器行业深度：机器人核心部件》
- 11、中国信通院《人形机器人产业发展研究报告2025》
- 12、国金证券《智能驾驶和人形机器人培训专题》
- 13、方正证券《人形机器人走向AGI》
- 14、财信证券《人形机器人行业深度报告（一）：集技术大成之手，可否重塑未来？》
- 15、亿欧智库《2024年人形机器人核心场景发展洞察研究报告》
- 16、东吴证券《灵巧手行业深度报告：灵巧手赛道百花齐放，关注工艺收敛进程中的产业链机遇》
- 17、觅途咨询《2025人形机器人应用场景洞察白皮书》
- 18、头豹研究院《2025年中国人形机器人厂商全景报告》
- 19、长城证券《通信：灵巧手：人形机器人中必不可少，有望带动空心杯电机及传感器市场持续增长》
- 20、国信证券《人形机器人系列专题之减速器：国产品牌有望迎来产业升级机遇》
- 21、东莞证券《机器人系列报告（六）之电机：机器人核心零部件，紧抓增量市场机遇》
- 22、头豹研究院《2023年中国空心杯电机行业概览》
- 23、上海证券《人形机器人电机行业深度：电机是机器人核心驱动，人形机器人打开新成长》
- 24、东北证券《丝杠行业深度报告：人形机器人等多领域需求共振，国产替代正当时》
- 25、东吴证券《人形机器人行业深度报告：人形机器人行业风起，优质汽零有望延伸受益》
- 26、民生证券《人形机器人发展与展望：天工人巧日争新》
- 27、中泰证券《传感器行业深度研究：人形机器人产业系列报告》
- 28、中泰证券《人形机器人专题3：IMU传感器专题》
- 29、国投证券《2024年人形机器人专题策略：人形机器人催生丝杠需求，“卖铲人”有望优先受益》
- 30、国海证券《人形机器人行业深度报告：人形机器人从0到1，国产化&软件赋能带来行业变革》
- 31、华龙证券《人形机器人行业专题报告：电子皮肤：人形进化时，感知即未来》
- 32、华安证券《人形机器人&自动驾驶的下一个风口：高性能MEMS IMU》
- 33、民生证券《人形机器人系列深度报告》
- 34、商业切片《政策十年托举：从战略布局到人形机器人落地》
- 35、中国信息通信研究院《智能机器人技术产业发展白皮书（2023版）》
- 36、高工咨询《2025中国人形机器人产业发展蓝皮书》
- 37、禾略研究院《旋转 vs 直线：人形机器人关节百亿争夺战》
- 38、平安证券《人形机器人系列专题（一）：感知系统-多传感融合构建具身智能信息端口》
- 39、华西证券《运动控制专题研究：人形机器人核心部件，高壁垒环节》
- 40、中泰证券《人形机器人灵巧手专题：从“做出来”到“卖出去”II》
- 41、中国信通院《人形机器人产业发展研究报告》
- 42、吴帅帅，高国伟，等。高灵敏度柔性电子皮肤的研究与应用进展[J]. 传感器与微系统，2023, 42 (7): 1-5, 22.
- 43、曾凯，王耀南，谭浩然，等. AI大模型驱动的具身智能人形机器人技术与展望[J/OL]. 机器人, 2025.
- 44、国海证券_优必选(9880)公司深度研究：从Walker S1到未来，人形机器人PK的是什么？
- 45、东吴证券_优必选(9880)国内人形机器人领军企业，率先实现人形机器人商业化落地
- 46、东吴证券_瑞芯微(603893)AIoT SoC芯片领军者，拥抱端侧AI新机遇
- 47、东吴证券_柯力传感(603662)力传感器龙头企业，平台化拓展新兴应用领域
- 48、国金证券_柯力传感(603662)利润超预期，六维力出货量近千台
- 49、广发证券-鸣志电器(603728)虎啸龙鸣跃步进，青云之志藏空心
- 50、海通证券-鸣志电器(603728)公司研究报告：HB步进电机全球领先，人形机器人开辟新增曲线