

机械设备/通用设备

2026 年 04 月 20 日

标配 (首次评级)**一年内行业与大盘对比走势：****证券分析师**

平敬伟 13052267730
S0400524050002
Pingjingwei@cdzq.com

研究支持

王映霄 18019075726
S0400124070045
wangyingxiao@cdzq.com

人形机器人行业深度报告

——聚焦核心部件，迈向规模量产

研报摘要：

- **人形机器人是人工智能与高端制造的终极融合形态，正成为全球科技竞争新高地。**作为“具身智能”的物理载体，它通过模仿人类形态与运动方式，集成了感知、决策、执行等尖端技术，旨在实现与物理世界的自主、智能交互。其发展已历经从基础行走、动态运动到当前 AI 大模型驱动的智能阶段，技术架构围绕“大脑”（决策）、“小脑”（控制）、“肢体”（执行）协同演进，正从实验室演示快速走向工程化与场景验证。
- **产业链价值高度向上游核心零部件集中。**执行系统的电机、丝杠、减速器以及感知系统的传感器等部件，在整机成本中占比最高，是决定性能与成本的核心。这些领域普遍具有高技术壁垒，当前国产化程度呈现分化：部分环节（如中低端电机）已实现突破，而高端精密部件（如行星滚柱丝杠、高端传感器）仍由海外主导。同时，灵巧手、智能“大小脑”等技术路线快速迭代，是提升机器人自主性与实用性的关键。
- **行业正处于从“0 到 1”向“1 到 100”规模化跨越的关键期，清晰商业化路径已然显现。**当前产业驱动力正从技术想象转向量产与订单验证，预计 2026 年将成为小批量交付元年。商业化将遵循“先易后难”的渐进路径：短期内将聚焦于汽车制造等结构化工业场景，中长期逐步向商业服务、最终向家庭等开放场景渗透。强劲的劳动力替代需求、老龄化趋势及明确的政策支持，共同构成了行业长期发展的坚实基本盘，市场空间广阔。
- **竞争格局呈现多元化，科技巨头、专业厂商等多方力量共同催化产业成熟。**特斯拉、科技公司、专业机器人企业及跨界车企等五大类玩家凭借各自在算法、数据、供应链或场景方面的优势同台竞技，推动技术快速迭代与生态初步形成。国产厂商在部分领域已实现从“跟跑”到“并跑”，订单获取与量产规划进展积极，正成为全球市场中不可忽视的力量。
- **风险提示：**量产进度不及预期风险；技术发展不及预期风险；上游原材料价格波动风险；下游需求不及预期风险。

目录

1. 行业简介：技术集大成者，具身智能的物理载体	5
2. 产业链全景：核心部件构筑基石，技术创新驱动演进 .	7
2.1 聚焦高价值、高技术壁垒的核心零部件	7
2.1.1 电机：核心驱动部件，国产化进程加速	8
2.1.2 丝杠：直线运动核心，技术壁垒高筑	9
2.1.3 减速器：精密传动，人形机器人的“肌腱”	11
2.1.4 灵巧手：技术路线尚未收敛，迭代空间广阔	12
2.1.5 大小脑：产业化核心制约因素	14
2.1.6 传感器：机器人感知系统核心，价值量占比较高	16
3. 商业化进程：处于关键跨越期，落地路径清晰	17
3.1 行业处于从“0 到 1”向“1 到 100”跨越的关键期	17
3.2 多方入局，国产崛起	17
3.2.1 五大类厂商同台竞技，生态初现	17
3.2.2 规模化量产前夜，海内外厂商共同催化	18
3.3 从结构化的工业场景逐步迈向开放的生活场景	20
3.4 需求明确，长期空间广阔	21
4. 风险提示	23

图表目录

图 1 : 机器人是 AI 落地的载体	5
图 2 : 人形机器人特点	5
图 3 : 人形机器人的分类（按形态划分）	5
图 4 : 人形机器人的分类（按功能划分）	5
图 5 : 人形机器人发展历程	6
图 6 : 人形机器人的组成	6
图 7 : 特斯拉 Optimus 零部件主要组成部分	8
图 8 : 特斯拉 Optimus 成本拆解	8
图 9 : 无框力矩电机图解	9
图 10 : 空心杯电机图解	9
图 11 : 行星滚柱丝杠结构组成	10
图 12 : Optimus 的关节由行星滚柱丝杠驱动	10
图 13 : 减速器按照控制精度分类	11
图 14 : 灵巧手是核心末端执行器	13
图 15 : 大模型可以分为非具身大模型、具身智能大模型	14
图 16 : Hi Robot 分层模型	14
图 17 : 谷歌 RT-2 端到端大模型	14
图 18 : “大小脑”分层模型的功能架构	15
图 19 : 具身智能发展阶段：从模块化走向 One Model 端到端	16
图 20 : 人形机器人传感器应用示意	16
图 21 : 全球人形机器人产业商业化进程	17
图 22 : 海内外人形机器人商业化进度	18
图 23 : Optimus 在电池工厂执行分拣任务	20
图 24 : Figure 02 在宝马工厂布置汽车零部件	20
图 25 : 2025—2040 年中国人形机器人产业规模预测	21
图 26 : 中国劳动力需求与供给情况	21
图 27 : 中国劳动力缺口情况	21
图 28 : 中国智慧养老市场规模	22
图 29 : 中国养老机器人市场规模	22
图 30 : 全球人形机器人市场规模预测	23
 表 1 : 人形机器人产业链上中下游结构及代表企业	 7
表 2 : 无框力矩电机市场空间预测	9
表 3 : 丝杠加工工艺需要多种高端加工设备	10
表 4 : 行星滚柱丝杠市场空间预测	11

表 5 : 精密减速器主要分类介绍	11
表 6 : 谐波减速器及 RV 减速器市场空间预测	12
表 7 : 灵巧手三大核心环节的技术方案与迭代方向	13
表 8 : 端到端模型能助力人形机器人简化系统、提升泛化能力	15
表 9 : 优必选 2025 年已披露订单详情	19
表 10 : 国内部分人形机器人本体厂商量产规划	19
表 11 : 人形机器人单位制造成本已具备理论优势	22
表 12 : 人形机器人相关政策梳理	22

1. 行业简介：技术集大成者，具身智能的物理载体

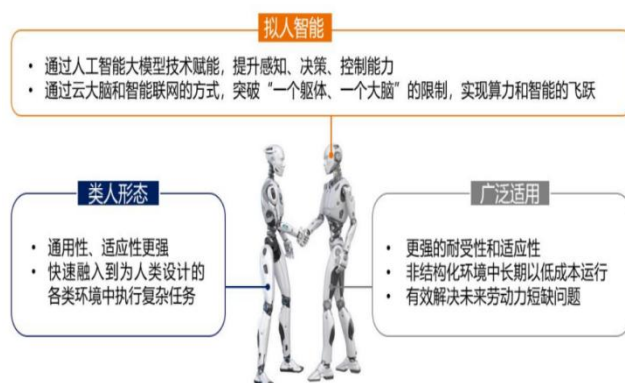
人形机器人指模仿人类外观和行为，具备较高智能化水平的机器人，与传统工业机器人、服务机器人相比，其核心特征在于具备与人类相似的“肢体”结构、运动方式和感知方式。从技术本质上看，人形机器人是具身智能（Embodied AI）的重要载体——即通过身体与环境的实时互动来获取和进化智能，而不仅限于算法层面的运算。

图 1：机器人是 AI 落地的载体



资料来源：发那科官网，财达研究

图 2：人形机器人特点



资料来源：中国信息通信研究院，财达研究

人形机器人目前可按形态与应用场景分类。形态上主要分为轮式、半身足式以及全能型；应用场景则包括特种作业、工业、医疗、教育、娱乐、公共服务、家庭服务及通用型等多个类别。因完全拟人研发难度大，企业常采用反关节、轮腿结合、简化的灵巧手等设计，在功能实现与落地效率间寻求平衡。

图 3：人形机器人的分类（按形态划分）



资料来源：中国信息通信研究院，财达研究

图 4：人形机器人的分类（按功能划分）

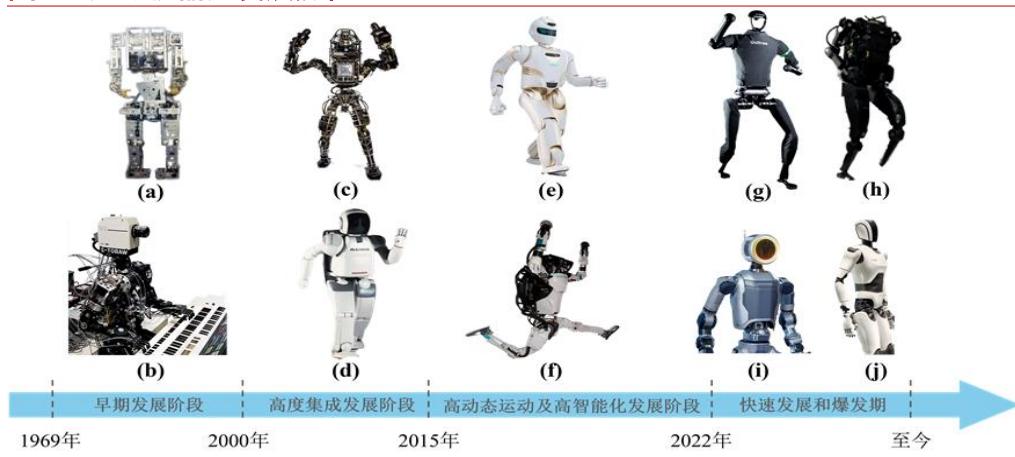


资料来源：中国信息通信研究院，财达研究

人形机器人的发展历程历经四个阶段。早期发展期（20 世纪 60-90 年代）以实现基础双足行走为目标，初步构建拟人结构；集成发展期（本世纪初至 2010 年）以本田 ASIMO 为代表，通过集成感知与智能控制

实现简单环境交互与稳定运动；高动态发展期（2010—2022 年）运动能力显著突破，本田 ASIMO 与波士顿动力 ATLAS 分别通过电驱与液压技术实现精细操作与高动态动作；智能化发展阶段（2022 年至今）由 AI 大模型驱动，以特斯拉 Optimus 等为代表，感知、决策与交互能力飞跃，电驱成为主流，端到端神经网络实现更自主、流畅的任务执行。

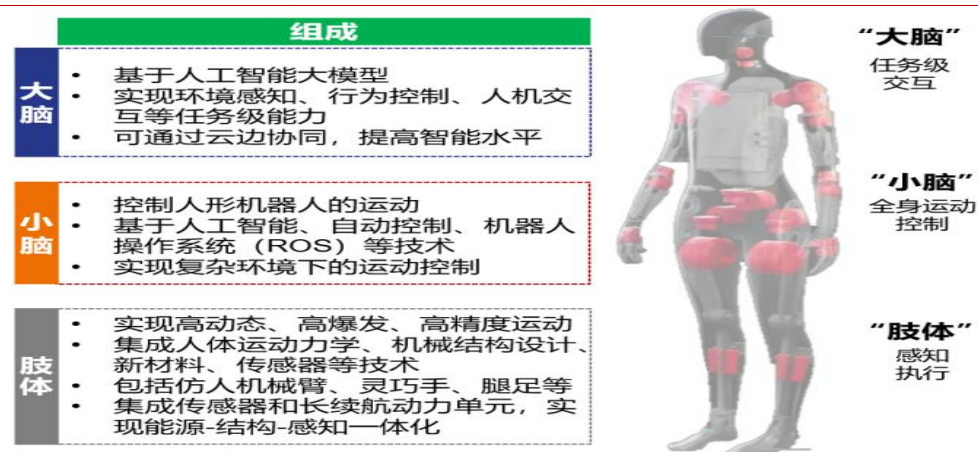
图 5：人形机器人发展历程



资料来源：机器人大学，财达研究

从当前主流技术架构看，人形机器人可分为三大核心系统：“大脑”依赖 AI 大模型及云边协同，实现环境感知、决策与人机交互；“小脑”基于先进控制算法与 ROS 等，负责全身运动规划与稳定控制；“肢体”则通过精密机械、仿生设计及传感器融合，集成高动态关节与灵巧末端，执行精准动作。三者协同，构成机器人的智能、运动与执行能力。

图 6：人形机器人的组成



资料来源：中国信息通信研究院，财达研究

2. 产业链全景：核心部件构筑基石，技术创新驱动演进

2.1 聚焦高价值、高技术壁垒的核心零部件

人形机器人产业链可分为上游零部件与软件、中游整机制造与系统集成、下游应用场景三大环节。上游是技术壁垒最高、价值最集中的部分，涵盖感知、控制、执行三大系统；中游以整机设计与集成为主；下游则覆盖工业、服务、特种作业等多个领域。

表 1：人形机器人产业链上中下游结构及代表企业

产业链环节	细分领域	关键部件/内容	代表企业
上游	感知系统	视觉传感器、3D 摄像头、激光雷达	奥比中光、思特威、索尼、凌云光、速腾聚创
		力/触觉传感器、电子皮肤	苏州能斯达（汉威科技）、奥迪威、帕西尼感知科技、海伯森技术
		位置/惯性/速度传感器	柯力传感、东华测试、汇川技术、德国博世、霍尼韦尔
	运动与执行系统	精密减速器（谐波、行星、RV）	绿的谐波、中大力德、双环传动、秦川机床、哈默纳科、纳博特斯克
		丝杠（滚柱、滚珠、梯形）	鼎智科技、秦川机床、新剑传动、Ewellix
		驱动电机（无框力矩、空心杯、盘式）	步科股份、鸣志电器、江苏雷利、吴志机电、拓普集团、Faulhaber、Maxon
		灵巧手	兆威机电、因时机器人、遨博智能
	控制与能源系统	执行器总成（旋转、线性、关节）	特斯拉、三花智控、拓普集团
		专用芯片（AI、控制）	英伟达、特斯拉、英特尔、寒武纪、地平线
		动力电池、充电装置	宁德时代、比亚迪、欣旺达
	基础软件与数据	热管理系统	三花智控、拓普集团、银轮股份
		操作系统、中间件、控制算法	华为、特斯拉、英特尔、禾川科技
中游	整机制造	AI 大模型、仿真平台	英伟达、OpenAI、科大讯飞、阿里巴巴
		本体研发、测试、生产制造与系统集成	国际：特斯拉、波士顿动力、1X Technologies、Figure AI； 中国：优必选、小米、小鹏汽车、智元机器人、傅利叶智能、宇树科技、追觅科技
下游	工业制造	汽车装配、零部件搬运、质量检测	特斯拉超级工厂、比亚迪、广汽集团、富士康
	商业服务	迎宾接待、导览讲解、餐厅服务	优必选、小米、海底捞（试点）
	家庭服务	情感陪伴、家居管理、整理家务	追觅科技、1X Technologies
	医疗康养	老龄看护、康复训练、医护辅助	傅利叶智能（GR-1）、联影医疗
	高危作业	辐射事故处理、矿山救援、电力巡检	国家电网、中国石化（研发测试阶段）
	教育培训	教育助手、创新教育、科研平台	优必选、各大高校（如清华大学、北京理工大学）
	国防与安防	边境巡逻、物资运输、危险品处置	波士顿动力（与军方合作）、中国相关军工院所

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）》，各公司官网，财达研究

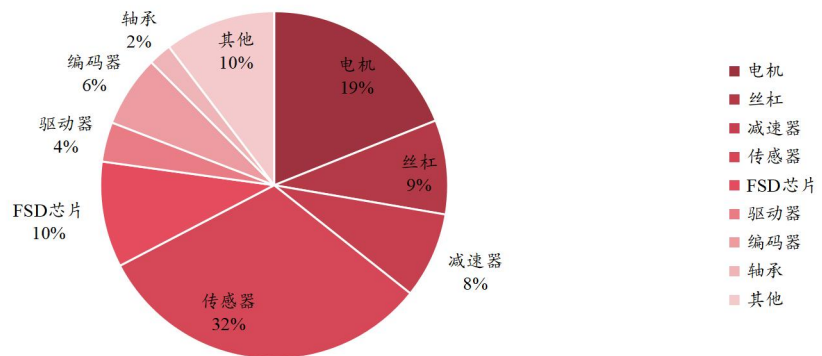
零部件方面，传感器、减速器、电机以及丝杠等核心零部件在整机成本中价值占比较高。以特斯拉的 Optimus 为例，拆解其零部件主要组成部分和供应商，因六维力矩传感器单价较高，传感器部件约占人形机器人整机成本的 32%，位居第一；其次为电机和丝杠，占整机成本比分别约 19%、9%。

图 7：特斯拉 Optimus 零部件主要组成部分



资料来源：特斯拉 AI Day，财达研究

图 8：特斯拉 Optimus 成本拆解

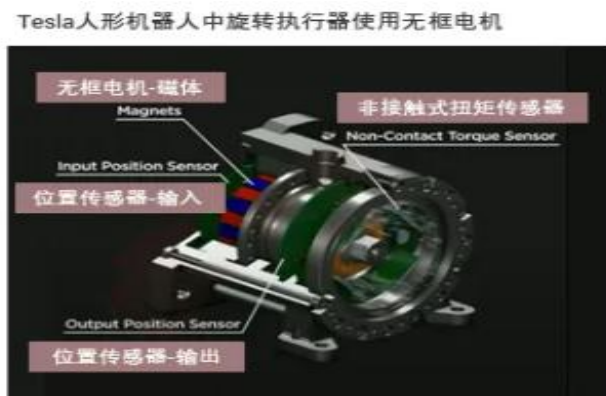


资料来源：特斯拉 AI Day，财达证券预测

2.1.1 电机：核心驱动部件，国产化进程加速

电机将电能转化为机械能的设备，用于产生旋转运动或线性运动，为各关节的运动提供精准的驱动力与扭矩控制。在人形机器人中，主要采用无框力矩电机与空心杯电机两类方案，分别应对主关节的高功率需求与灵巧手的微型化要求。

图 9：无框力矩电机图解



资料来源：头豹研究院，财达研究

图 10：空心杯电机图解



资料来源：头豹研究院，财达研究

无框力矩电机集成于关节模组, 具有高扭矩密度、快速响应的特点, 是旋转与直线关节的主流选择。据测算, 基于瑞银保守的人形机器人出货量预期, 其全球市场至 2030 年有望达到约 24 亿元。该领域技术壁垒较高, 但中低端市场已基本实现国产化, 高端应用仍由科尔摩根等海外厂商主导。

表 2：无框力矩电机市场空间预测

类别	2025 年	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年	2030 年
人形机器人需求 (万台)	1.86	3	4.2	6.3	9.6	15.6
每台装备数量 (个)	28	28	28	28	28	28
单价 (元)	1000	750	700	650	600	550
市场空间 (亿元)	5.21	6.30	8.23	11.47	16.13	24.02

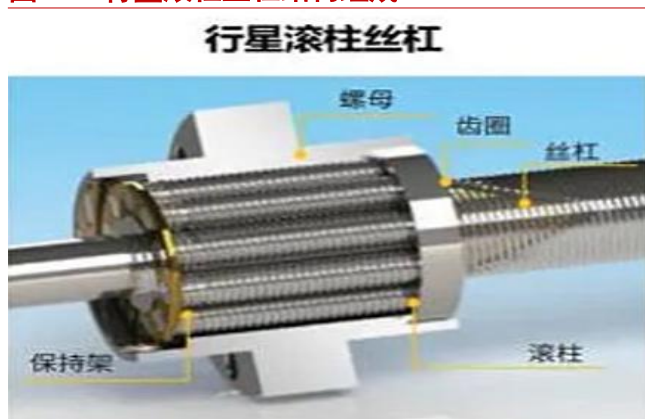
资料来源：瑞银，各公司官网，财达研究预测

空心杯电机体积小、功率密度高, 专用于灵巧手驱动, 单手机用量可达 6 个以上。当前市场高度集中, 由 Faulhaber、Maxon 等外资企业主导, 国内厂商正加速追赶。

2.1.2 丝杠：直线运动核心，技术壁垒高筑

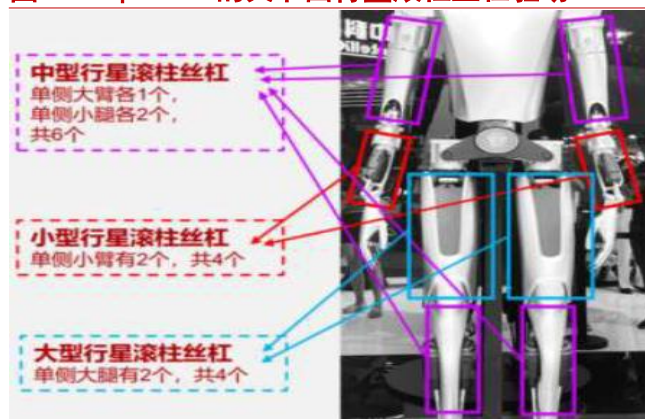
丝杠是人形机器人关节驱动系统中实现高精度、高负载直线运动的核心传动装置, 其核心作用是将电机的旋转运动精确转化为直线位移, 根据结构原理, 丝杠主要分为梯形丝杠、滚珠丝杠和行星滚柱丝杠。其中, 行星滚柱丝杠凭借其体积紧凑、精度高、承载能力强、耐冲击寿命长等综合优势, 正逐步成为高端传动的主流方向, 特斯拉 Optimus 的线性关节即由 14 个行星滚柱丝杠驱动。

图 11：行星滚柱丝杠结构组成



资料来源：人形机器人执行与感知大会，财达研究

图 12：Optimus 的关节由行星滚柱丝杠驱动



资料来源：特斯拉 AI Day，财达研究

行星滚柱丝杠属于技术密集型重资产赛道，其量产面临原材料、精密工艺与高端设备三大壁垒。制造过程涉及特种金属材料、复杂的热处理与磨削工艺，并高度依赖高精度螺纹磨床等设备，因此行业门槛高，当前市场仍主要由欧洲厂商主导（瑞士 Rollvis、GSA 等）。

表 3：丝杠加工工艺需要多种高端加工设备

	粗加工	热处理	精加工	平衡校正
设备	车床（车削）	真空热处理炉、感应淬火设备	数控磨床	自动校直机
作用	齿轮毛坯为模锻而成；采用数控车床在一次装夹的条件下完成毛坯的外圆表面、内孔表面和端面的车削，保证齿坯具有较好的精度，为后续的高质量加工提供基础	真空热处理炉：可分为正火炉、退火炉、淬火炉、回火炉。真空热处理炉热效率高，可实现快速升温 and 降温，可实现无氧化、无脱碳、无渗碳，可去掉工件表面的磷屑，并有脱脂除气等作用，从而达到表面光亮净化的效果； 感应淬火设备：丝杠综合力学性能的提升，关键在于提高其表面硬度和耐磨性的同时保持心部组织不变，仍具有良好的塑性和韧性。为了达到这种工艺水平，国内外主要通过感应淬火技术对丝杠进行表面热处理	通过磨削工艺加工高精度螺纹，精度最高，但效率低、工艺周期长，成本高。 螺纹磨床是丝杠设备技术门槛最高的设备，基本由德日厂商占据	消除丝杠在热处理、磨削等工序中产生的弯曲变形，确保直线度。通过多点位微调，优化内部应力分布，避免后续使用中的二次变形。直接关联丝杠传动性能，尤其对高精密丝杠（C0-C5 级）至关重要

资料来源：新智库，财达研究

受益于人形机器人产业的兴起，行星滚柱丝杠市场空间显著扩大。据测算，基于保守的出货量预期，截至 2030 年全球行星滚柱丝杠市场空间有望达到约 15 亿元。

表 4：行星滚柱丝杠市场空间预测

类别	2025 年	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年	2030 年
人形机器人需求量 (万台)	1.86	3	4.2	6.3	9.6	15.6
每台装备数量 (个)	14	14	14	14	14	14
单价 (元)	2000	1500	1200	1000	800	700
市场空间 (亿元)	5.21	6.3	7.06	8.82	10.75	15.29

资料来源：瑞银，各公司官网，财达研究预测

2.1.3 减速器：精密传动，人形机器人的“肌腱”

减速器是人形机器人关节运动的核心传动部件，被誉为机器人的“肌腱”，其功能是精确调节各关节的转动角度与输出扭矩，直接决定了机器人的运动精度、负载能力与整体可靠性。按照控制精度与应用领域，减速器主要分为精密减速器与一般传动减速器。

图 13：减速器按照控制精度分类



资料来源：人形机器人联盟，财达研究

目前人形机器人关节的主流方案是谐波减速器与行星减速器的组合。谐波减速器精度高、传动比大，主要用在肩、肘、腕和手部等对动作精细度要求高的部位。行星的优势在于成本低、满足基本负载需求，有助于产品在早期阶段控制整机成本。髌、膝等下肢关节承重大、冲击频繁，理想选择是 RV 减速器，但其体积大、自重大、价格高，现阶段实际装机有限。随着轻量化设计突破与规模化生产降本，预计 RV 减速器在重负载关节领域将迎来显著增长。

表 5：精密减速器主要分类介绍

行星减速器	谐波减速器	RV 减速器
核心 行星齿轮组	发生器、柔轮、钢轮、柔性轴承	两级传动装置，第一级是渐开线行星齿轮传动机

传动部件

构，包括行星直齿轮、偏心轴和中心轮等；第二级是摆线针轮行星传动机构，包括摆线轮、偏心轴、针齿轮和行星架等

运用原理

依托纯齿轮机构运行，通过齿轮间的力矩实现减速效果

靠波发生器装配上柔性轴承使柔性齿轮产生可控弹性变形，并与刚性齿轮相啮合来传递运动和动力的齿轮传动

第一级减速是对输入和输出齿轮进行外啮合，第二级减速是通过正齿轮驱动偏心轴，带动 RV 齿轮做偏心运动，从而实现转速的传递

核心优势

成本低、制造难度小

体积小、质量小、传动比大、运动精度高

传动比范围大、传动效率高、承载能力强、运行平稳、精度高、寿命长

主要缺点

精度相对较低

抗冲击性较弱、寿命受材料疲劳影响

体积大、成本高

应用

部分手部关节、对成本敏感的其他关节

人形机器人的小臂、腕部、手部等轻负载部分

人形机器人的重负载位置，如髋、膝

资料来源：人形机器人联盟，财达研究

随着全球人形机器人产业化进程加速，谐波减速器市场需求呈现爆发式增长。根据瑞银集团预测，到 2030 年全球人形机器人需求量有望达到 15.6 万台。据此测算，届时人形机器人领域谐波减速器市场空间预计约 12 亿元，RV 减速器市场空间预计约 13 亿元。

表 6：谐波减速器及 RV 减速器市场空间预测

项目	2025 年	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年	2030 年
人形机器人出货量（万台）	1.86	3	4.2	6.3	9.6	15.6
谐波减速器						
每台用量（个）	14	14	14	14	14	14
单价（元）	1000	750	700	650	600	550
市场空间（亿元）	2.60	3.15	4.12	5.73	8.06	12.01
RV 减速器						
每台用量（个）	0	2	2	4	6	6
单价（元）	4000	3200	2500	2000	1600	1400
市场空间（亿元）	0.00	1.92	2.10	5.04	9.22	13.10

资料来源：瑞银，各公司官网，财达研究预测

2.1.4 灵巧手：技术路线尚未收敛，迭代空间广阔

灵巧手是人形机器人实现与环境精细物理交互的核心末端执行器，其性能直接决定了机器人能否完成抓取、操作工具等高价值任务，是人

形机器人从“可行走”迈向“可工作”的关键，被视作衡量产业化进程的重要指标。

图 14：灵巧手是核心末端执行器



资料来源：IROS 2025 展馆，财达研究

灵巧手是驱动、传动、感知三大系统的高度集成。驱动系统以空心杯、无刷电机为主，提供动力；传动系统以腱绳、微型丝杠等复合方案为主，传递运动与力；感知系统正向“视觉+触觉”多模态融合演进，以电子皮肤为载体，实现环境感知。

表 7：灵巧手三大核心环节的技术方案与迭代方向

环节	主流技术方案	核心特点与优势	主要挑战与局限	当前迭代方向
驱动	空心杯电机	功率密度高、响应快、体积小，适合高精度、空间受限场景(如指尖关节)。	成本较高，绕制工艺复杂，量产一致性要求高。	通过自动化工艺降低成本，提升功率密度与可靠性。
	直流无刷电机	大功率、高负载、寿命长、成本具有下降趋势，适合基础抓握与力量型动作。	动态响应相对较慢，依赖高精度传感器进行控制。	优化控制算法与传感器集成，进一步提升能效与性价比。
	无框力矩电机	扭矩密度高、结构紧凑，可直接嵌入关节，适合作为大型关节的驱动选项。	磁路设计复杂，散热要求高，成本较高。	优化热管理，探索与关节模组的一体化设计。
传动	腱绳传动	极大降低指端惯量，支持高自由度布置，柔性好，最接近人体肌腱仿生原理。	存在摩擦、蠕变和耐久性问题，张力控制复杂，维护成本较高。	采用新型超高分子量聚乙烯纤维材料，优化路径设计与张力控制算法。
	微型滚珠丝杠传动	设计成熟、控制精准、成本可控，在直线传动中可靠性高，已快速普及。	传统钢球存在磨损和疲劳问题，承载能力有一定上限。	陶瓷球（如氮化硅）替代钢球，以提升耐磨性、降低摩擦并延长寿命。
感知	多模态融合（电子皮肤）	集成触觉、力觉、温度等多种感知能力，是实现精细操作和自适应抓取的关键载体。	工程化难度大，在可靠性、一致性与大规模量产成本方面仍需突破。	发展“视觉+触觉”融合，提升材料自修复与柔性耐久性，并向更高密度与集成度演进。

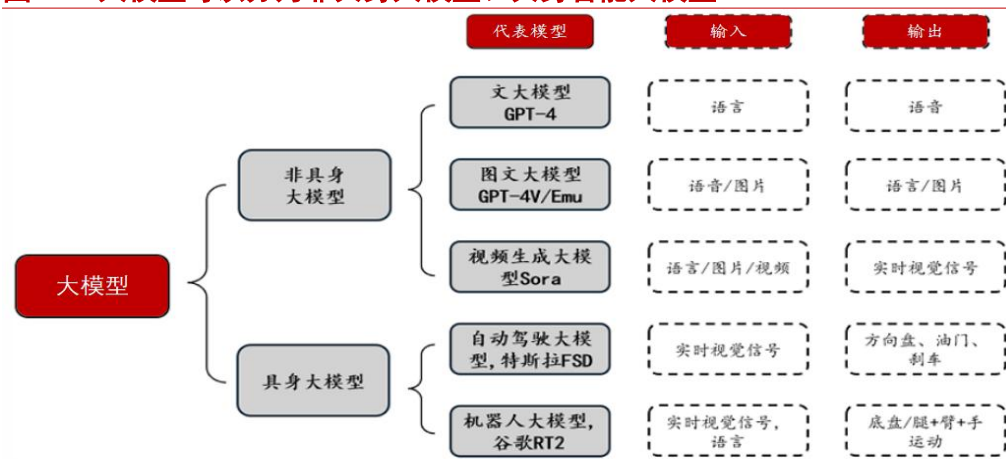
资料来源：头豹研究院，财达研究

2.1.5 大小脑：产业化核心制约因素

目前,制约人形机器人产业化进程的核心技术瓶颈主要在于以机器人“大脑”为核心的智能化能力水平。“大脑”作为高阶认知中心,负责环境感知、任务理解与决策规划,其能力直接由具身大模型决定。

从物理空间的角度来划分,大模型可以分为非具身大模型、具身智能大模型。它们的区别是能否生成运动姿态(例如夹爪的末端位姿等),即是否能跟物理机器人联系起来。

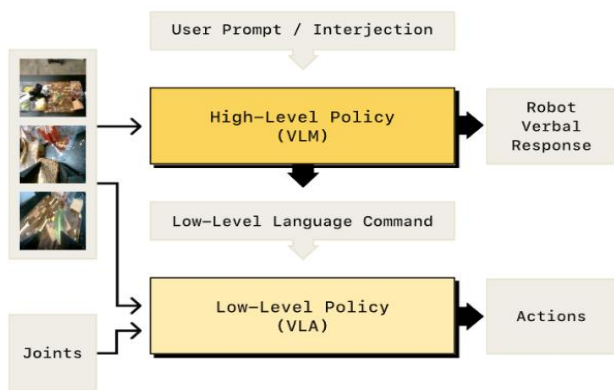
图 15: 大模型可以分为非具身大模型、具身智能大模型



资料来源: 中关村智用人工智能研究院, 财达研究

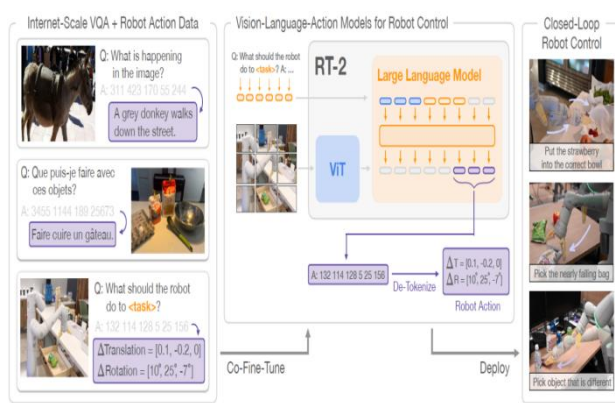
当前,具身大模型可以分为两大流派,一类是分层大模型,一类是端到端大模型。

图 16: Hi Robot 分层模型



资料来源: Hi Robot, 财达研究

图 17: 谷歌 RT-2 端到端大模型



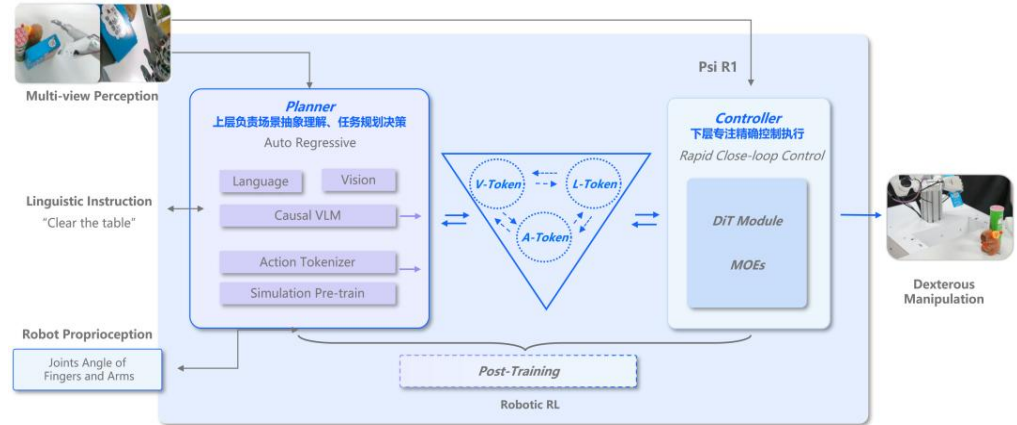
资料来源: CSND, 财达研究

“大脑+小脑”的分层模型是目前人形机器人应用最成熟的方案。其中“大脑”对应机器人的感知与规划决策系统,当前技术路线主要分为四类: 1) LLM (大语言模型) 和 VFM (视觉基础模型) 组合, 实现人机语言交互、任务理解、推理和规划, 目前最为成熟; 2) VLM (视觉-语言模型), 弥合视觉与语言之间的语义鸿沟, 提升任务规划的准确性; 3) VLA (视觉-语言-动作模型), 在 VLM 基础上增加运动控制, 解决机器人运动轨迹决策问题; 4) 多模态大模型, 融合视觉、

触觉、语音等多维度信息，实现对物理世界的全面感知与理解，是未来的主要研究方向。

“小脑”则专注底层运动控制，其实现方式主要有两类：基于模型的控制方法以及基于学习的控制方法。分层架构优势在于分工明确、稳定性强，但存在决策与执行链路割裂、系统复杂的缺点。

图 18：“大小脑”分层模型的功能架构



资料来源：灵初智能，财达研究

端到端模型能够直接从感知输入映射为动作指令，简化人形机器人智能系统并提升泛化能力。然而，其发展受制于两大瓶颈：一是数据严重匮乏，机器人模态数据量远少于文本或图像；二是算力与实时性挑战，大模型推理速度尚难以满足高动态场景的实时控制需求。

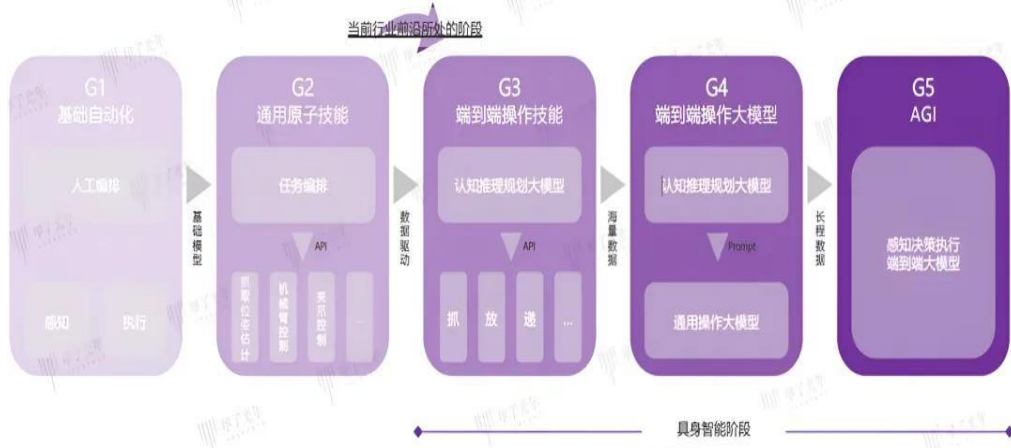
表 8：端到端模型能助力人形机器人简化系统、提升泛化能力

维度	分层模型	端到端模型
核心特点	模块化分层设计，高层“大脑”负责感知与规划，底层“小脑”负责运动控制	单一模型实现从感知到动作的端到端映射，形成“感知—决策—动作”闭环
典型案例	Hi Robot 分层模型	谷歌 RT-2 端到端大模型
优点	系统稳定可靠，控制精度高； 技术相对成熟，易于分模块优化； 可结合传统控制方法与学习方法，灵活性较强	系统结构简化，减少模块间信号转换损失； 泛化能力强，适应新场景与新任务； 学习与迭代效率较高，适合数据驱动演进
缺点	决策与执行存在割裂，响应链路过长； 系统复杂度高，集成与调试难度大； 依赖模块间接口设计，整体优化受限	对训练数据规模与质量要求极高； 实时性受限于大模型推理速度； 可解释性相对较弱，调试与安全保障难度大
适用场景	任务结构清晰、对运动稳定性与可靠性要求高的场景（如工业操控、精密作业）	环境变化多样、需强泛化与自适应能力的场景（如家庭服务、开放场景交互）

资料来源：Hi Robot，《RT-2: Vision-Language-Action Models》，财达研究

端到端模型目前已在自动驾驶等复杂动态场景得到验证,该技术迁移至人形机器人仍具备渐进落地路径。长期来看,有望从局部运动控制等基础模型切入,逐步融合感知、规划与决策模块,帮助人形机器人实现全身 VLA 一体化端到端大模型。

图 19：具身智能发展阶段：从模块化走向 One Model 端到端

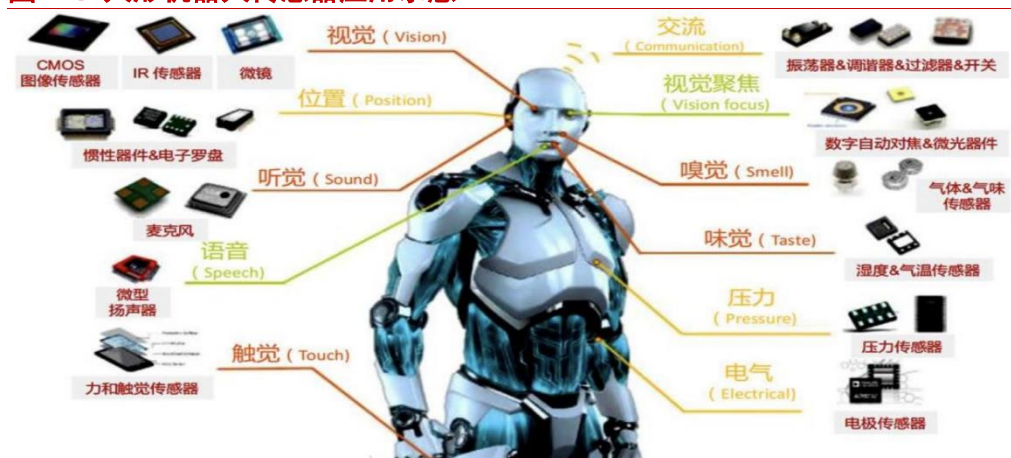


资料来源：甲子光年，财达研究

2.1.6 传感器：机器人感知系统核心，价值量占比较高

传感器是人形机器人感知物理世界、实现与环境自身交互的关键部件，负责实时采集位置、力、触觉、视觉等多维度信息，并转化为电信号，为运动控制、决策规划与环境理解提供数据基础。传感器主要分为以下几类：1) 力觉/力矩传感器，核心为六维力传感器，用于精密力控；2) 视觉传感器，包括 2D/3D 摄像头、结构光、飞行时间法与双目视觉等方案，提供环境图像与三维信息；3) 触觉传感器，以微机电系统 (MEMS) 和电子皮肤为主，感知压力、纹理与温度；4) 定位传感器，如惯性测量单元 (IMU)，用于姿态感知与导航。

图 20：人形机器人传感器应用示意



资料来源：中华网，财达研究

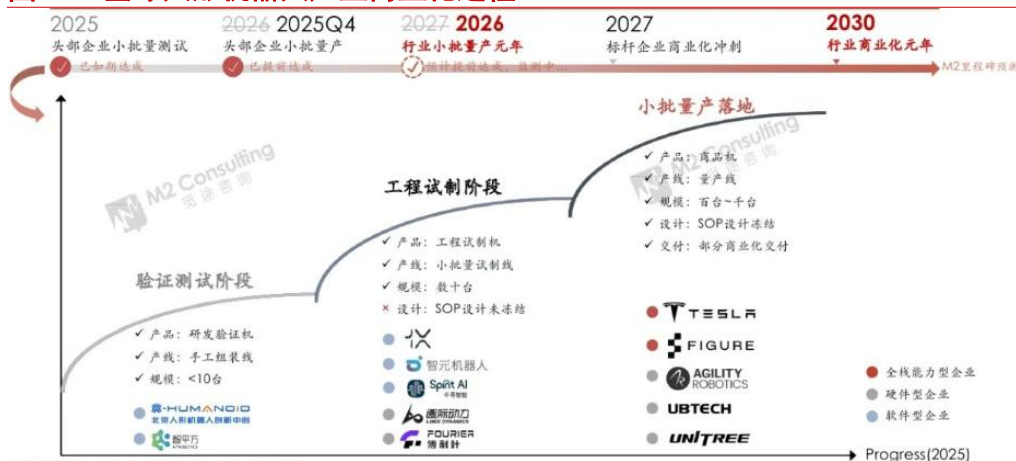
3. 商业化进程：处于关键跨越期，落地路径清晰

3.1 行业处于从“0 到 1”向“1 到 100”跨越的关键期

目前，人形机器人产业正处在从技术探索与产品原型（0 到 1）向规模化商业应用（1 到 100）跨越的关键阶段。根据 M2 具身智能研究院官方公众号，2025 年已成为行业验证与数据沉淀的关键年，头部企业实现百台至千台级的小批量试产。2026 年预计将成为“小批量交付元年”，产业驱动力将实现根本性切换，从由技术想象主导的“主题博弈”，全面转向由量产时间表与场景订单驱动的“价值验证”。

展望下一阶段，2027—2028 年构成产业从“技术可行”向“经济可用”过渡的攻坚期。若该阶段进展顺利，预计至 2030 年，产业将达到规模复制的临界点，真正步入“商业化元年”。

图 21：全球人形机器人产业商业化进程



资料来源：觅途咨询，财达研究

3.2 多方入局，国产崛起

3.2.1 五大类厂商同台竞技，生态初现

综合高工机器人产业研究所（GGII）对赛道参与者的梳理，当前布局人形机器人本体的核心力量大致可归入以下五类，各类企业依据自身禀赋差异形成了错位竞争的产业格局：

拥有长期积淀的专业机器人企业。以优必选、波士顿动力等为代表。此类企业自成立起即专注于机器人技术研发，在运动控制算法与精密机械设计领域积累了深厚工程经验，构成了其核心护城河。

具备技术锐度的初创型公司。宇树科技、智元机器人、傅利叶智能等均属此列。其创始团队普遍拥有顶尖科研背景，公司决策机制灵活、迭代效率高，是前沿技术路径的重要探路者；相对而言，商业化落地经验与大规模渠道网络尚处建设阶段。

携带场景与供应链优势的跨界参与者。主要来自汽车制造与消费电子领域，典型如特斯拉、小米、小鹏等。其核心能力在于雄厚的资本支撑、成熟的规模化制造体系以及自有业务场景（如智能工厂）所提供的天然验证场，构成了从技术到产品的转化加速器。

深耕工业自动化领域的“原生”机器人力量。发那科、新松等企业在工业机械臂与协作机器人赛道经营多年，对产线级工艺需求理解深入，并拥有经过验证的供应链管理与工程交付能力，在人形方案向工业场景嫁接时具备先天适配优势。

定义智能底座的科技平台型企业。英伟达、谷歌、华为等巨头构成这一层级。其竞争优势集中于“大脑”环节——依托大模型、高性能算力集群及基础软件生态，为产业提供通用智能底座或通过资本纽带赋能硬件层，在相当程度上塑造着人形机器人智能水平的上限。

3.2.2 规模化量产前夜，海内外厂商共同催化

全球人形机器人产业已跨越核心的技术演示期，步入以“量产能力”与“商业验证”为考核标准的新阶段。头部科技公司、车企及专业机器人公司形成战略共识，通过自研、投资、联盟等多种方式加速布局，竞争焦点正从单项技术突破转向工程化、供应链与成本控制的综合体系能力。

图 22：海内外人形机器人商业化进度

企业/产品概况				量产/商业化进程		场景落地				
典型企业	国家	机器人名称	形态			工业生产	家庭服务	商业服务	仓储物流	特种应用
● Tesla	美国	Optimus V2	双足	▲	25年量产~5000台					
● Figure AI	美国	Figure 02	双足	▲	25年量产~2000台					
● 小米	中国	CyberOne	双足	▲	25年小批量~百台					
● 小鹏	中国	Iron	双足	▲	应用测试					
● 优必选	中国	Walker S1	双足	▲	25年~1000台					
● 宇树科技	中国	G1	双足	▲	25年计划量产 商业化交付					
● 乐聚	中国	Kuava 零壹	双足	▲	量产 商业化交付					
● 众擎机器人	中国	SE01/PM01	双足	▲	商业化交付					
● 松延动力	中国	Dora/N2/E1	双足	▲	商业化交付					
● 达闼机器人	中国	Cloud Ginger 2.0	轮式	▲	量产 商业化交付					
● Boston Dynamics	美国	Atlas	双足	▲	计划25年量产					
● Apptronik	美国	Apollo	双足	▲	计划25年量产，目标万台					
● Agility Robotics	美国	Digit	双足	▲	25年小批量~百台					
● 魔油摩子	中国	MagicBot Z1	双足	▲	应用测试					
● 美特	中国	MIRO	双足	▲	应用测试					
● 智元	中国	远征A2	双足	▲	25年量产~千台 商业化交付					
● 星宏智能	中国	Astribot S1	轮式	▲	销售					
● 星动纪元	中国	Xbot-L	轮式	▲	25年交付>200台					
● 千寻智能	中国	Moz1	轮式	▲	25年小批量50~100台					
● IX	挪威	NEO Gamma	双足	▲	25年小批量~百台					
● 浙江人形机器人创新中心	中国	领航者1号	双足	▲	25年小批量~百台					
● 昊堂	中国	CASBOT 01/02	轮式	▲	25年小批量~300台					
● 银河通用	中国	Galbot G1	轮式	▲	25年小批量~百台					
● 国地共建人形机器人创新中心	青岛	奇虎	双足	▲	未透露					
● 北京具身智能机器人创新中心	天津	天工	双足	▲	未透露					
● 开普勒	中国	先行者K2	双足	▲	应用测试					
● 智平方	中国	Alpha Bot 15	轮式	▲	应用测试					

资料来源：觅途咨询，财达研究

市场表现上，国产阵营已从“跟跑”转向部分“并跑”。2025年仅优必选一家企业的人形机器人订单总额就已超过12亿元¹。众多厂商

¹ 不含全尺寸科研教育人形机器人“天工行者”及小型人形机器人“AI 悟空”

已明确 2026 年为规模化量产起点,如优必选计划 2026 年将年产能提升至万台规模;小鹏全新一代 IRON 人形机器人将于 2026 年底量产;智元第 10000 台通用具身机器人远征 A3 已于 2026 年 3 月正式下线。整体来看,行业商业化路径从“产品展示”逐步转向“量产验证”,产业链正迎来初步放量周期。

表 9：优必选 2025 年已披露订单详情

时间	项目/合同	金额（万元）	应用场景
2025 年 3 月	东风柳汽部署 20 台工业人形机器人	未披露	汽车整车制造
2025 年 4 月	大型双足人形机器人采购合同	未披露	汽车工厂生产制造、商用接待
2025 年 7 月	中标觅亿汽车机器人设备采购项目	9,051.15	汽车机器人设备
2025 年 9 月	某国内知名企业采购合同	25,000	具身智能产品及解决方案
2025 年 9 月	与天奇股份签署采购订单	3,000	智慧物流场景
2025 年 10 月	中标广西具身智能数据采集及测试中心项目	12,600	数据采集及测试中心
2025 年 10 月	与某 A 股上市汽车科技公司签署订单	3,200	汽车产线改造
2025 年 10 月	中标自贡人形机器人数据采集中心项目	15,900	数据采集中心
2025 年 11 月	中标广西防城港市数据采集与测试中心及科创教育项目	26,400	数据采集与测试、科创教育
2025 年 11 月	中标江西九江市人形机器人数据采集与训练中心项目	14,300	数据采集与训练中心
2025 年 12 月	中标惠州市惠阳区人形机器人大湾区数据采集中心项目	5,962.02	数据采集中心
2025 年 12 月	与卓世科技签订销售合同	5,000	销售合同

资料来源：优必选公司官网，财达研究

表 10：国内部分人形机器人本体厂商量产规划

机器人公司	成立时间	产品名称	2025 年出货量	商业化计划	
				2026E	2027E
优必选	2012 年	WalkerS1、S2	预期全年交付量将超过 500 台	数千台	突破年产 1 万台
智元机器人	2023 年	远征 A1/A2, 灵犀 X1/X2, 精灵 G1/G2	预计超 5000 台	预计数万台	
乐聚机器人	2023 年	夸父	全年交付千台级	工业场景小批量出货	工业场景批量出货
小鹏汽车	2015 年	Iron		年底量产	
魔法原子	2024 年	Magic Bot	预计数百台	交付千台级别	
星尘智能	2022 年	Astribot S1			上千台

银河通用机器人	2023 年	Galbot G1	千台	成倍增长
星动纪元	2023 年	星动 L7、05	有望接近万台	

资料来源：各公司官网，财达研究

3.3 从结构化的工业场景逐步迈向开放的生活场景

人形机器人的实际应用目前仍以技术验证和数据积累为主。2025 年 H1，国内相关中标项目金额中高达 76%集中于教育科研领域，商业服务占比约 23%。本体厂商正批量建设数据采集中心（如智元、帕西尼），为算法迭代储备场景数据。同时，工业场景的试点应用已经开启，例如特斯拉 Optimus 在其电池工厂执行分拣任务，Figure 02 进入宝马工厂进行物流试点。这些试点标志着人形机器人正走出实验室，迈向真实工作环境。

图 23：Optimus 在电池工厂执行分拣任务



资料来源：特斯拉公开宣传资料，财达研究

图 24：Figure 02 在宝马工厂布置汽车零部件



资料来源：Figure AI 公开宣传资料，财达研究

基于任务复杂度与环境结构化程度，商业化将遵循一条清晰的“先易后难、渐进渗透”路径：

标准化制造场景：聚焦结构化工业场景。汽车装配、3C 制造等环境标准化、流程重复性高的领域，将成为规模化验证可靠性、实现成本下降的首要突破口。工业领域的大规模起量窗口预计在 2026 年前后开启，成为产业链降本的关键推手；

半开放商业服务场景：拓展至半结构化商业服务场景。随着感知与交互能力提升，机器人将逐步进入展览导览、酒店接待、零售辅助等商业服务领域，在相对可控环境中完成更灵活的任务。

全开放私域民生场景：渗透至开放式家庭与民生场景。最终实现在非结构化家庭环境中的长期陪伴、生活辅助及个性化服务，并延伸至医疗康复、应急救援等多元民生领域。

图 25：2025—2040 年中国人形机器人产业规模预测



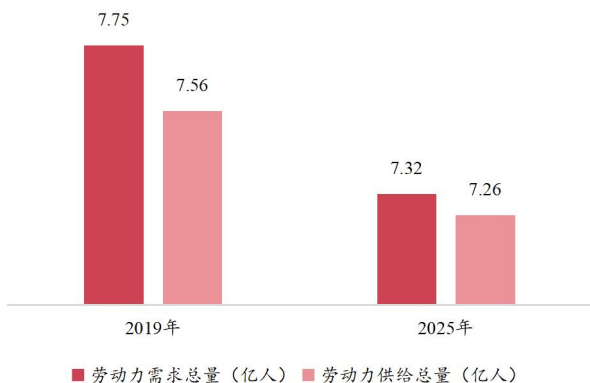
资料来源：亿欧智库，财达研究

3.4 需求明确，长期空间广阔

人形机器人的商业化进程由明确的社会需求、技术进步和政策支持三重力量共同驱动，并有望到 2035 年成长为万亿级产业（中国信息通信研究院预测）。核心驱动因素主要包括以下几个方面：

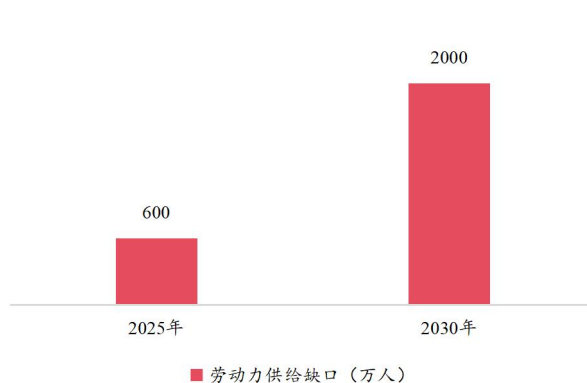
劳动力结构性短缺持续加剧。前瞻产业研究院数据显示，中国劳动力缺口预计将从 2025 年的 600 万人扩大至 2030 年的 2000 万人，为机器替代提供了刚性的应用环境。

图 26：中国劳动力需求与供给情况



资料来源：前瞻产业研究院，财达研究

图 27：中国劳动力缺口情况



资料来源：前瞻产业研究院，财达研究

人口老龄化持续攀升，劳动人口短缺及老年人养护问题愈加凸显。截至 2023 年，中国 60 岁及以上人口占比已达 21.1%，且比例将持续攀升。智慧养老市场规模预计将从 2023 年的 6 万亿元持续增长，到 2030 年养老机器人市场有望达 183 亿元。

图 28：中国智慧养老市场规模



资料来源：中商产业研究院，财达研究

图 29：中国养老机器人市场规模



资料来源：中商产业研究院，财达研究

人形机器人成本经济性拐点临近。当前人形机器人在制造业的作业时薪已具备初步竞争力。随着量产规模扩大，成本将进一步下降，相较于传统人力成本的优势将愈加显著。

表 11：人形机器人单位制造成本已具备理论优势

成本项	人形机器人	传统人力
初始投入成本	20 万—50 万元/台	/
每年持续投入成本	15%售价	8 万—12 万元/人（包含福利及社保）
单日工作时长	单日可工作 16+小时	8 小时
使用寿命	5 年	/
单年工作时长	5840 小时	2088 小时（52 个周末）
工作效率	60.00%	100%
时薪（以 5 年计）	19.98-49.94 元/小时	38.31-57.47 元/小时

资料来源：腾讯新闻，今日头条，造车网，财达研究

政策顶层设计全面护航。《“十四五”机器人产业发展规划》、《人形机器人创新发展指导意见》等政策密集出台，并将“具身智能”写入 2025 年政府工作报告，为产业发展提供了明确指引和强力支持。

表 12：人形机器人相关政策梳理

政策、规划名称	发布时间	主要内容
《政府工作报告》	2025	持续推进“人工智能+”行动，将数字技术与制造优势、市场优势更好结合起来，支持大模型广泛应用，大力发展智能网联新能源汽车、人工智能手机和电脑、智能机器人等新一代智能终端以及智能制造装备。
《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	2024	打造标志性产品要求做强未来高端装备，人形机器人要求突破高转矩密度伺服电机、高动态运动规划与控制仿生感知与认知、智能灵巧手、电子皮肤等核心技术。重点推进智能制造、家庭服务、特殊环境作业等领域产品的研制及应用。
《人形机器人	2023	到 2025 年，人形机器人创新体系初步建立，整机产品达

人创新发展
指导意见》

到国际先进水平，并实现批量生产，到 2027 年，技术创新能力显著提升。构建具有国际竞争力的产业生态，综合实力达到世界先进水平。

《“机器人+”应用行动实施方案》

2023

到 2025 年，制造业机器人密度较 2020 年实现翻番，聚焦 10 大应用重点领域，突破 100 种以上机器人创新应用技术及解决方案，推广 200 个以上具有较高技术水平、创新应用模式和显著应用成效的机器人典型应用场景。

《“十四五”机器人产业发展规划》

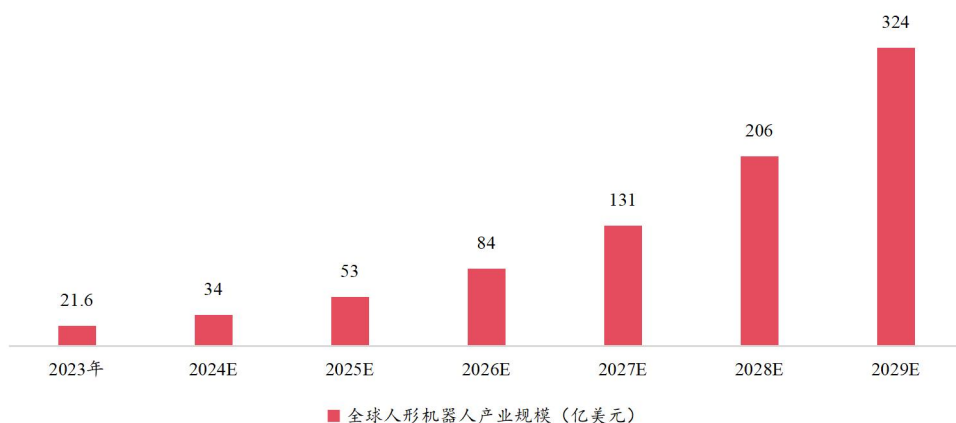
2021

到 2025 年，我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，机器人产业营业收入年均增速超过 20%。

资料来源：政府官网，财达研究

全球人形机器人市场规模预计持续增长。产业数据显示，人形机器人全球市场总量在 2023 年约为 21.6 亿美元。技术演进正推动其在工业、教育及家庭端的应用普及。预计至 2029 年，全球产业总规模有望扩张至 324 亿美元，展现显著增长潜力。

图 30：全球人形机器人市场规模预测



资料来源：中国人形机器人产业大会，财达研究

4. 风险提示

- (1) 量产进度不及预期风险；
- (2) 技术发展不及预期风险；
- (3) 上游原材料价格波动风险；
- (4) 下游需求不及预期风险。

信息披露

证券分析师承诺

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，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、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

股票投资评级说明

【市场指数评级】

看多——未来 6 个月内上证综指上升幅度达到或超过 20%

看平——未来 6 个月内上证综指波动幅度在-20%—20%之间

看空——未来 6 个月内上证综指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上证指数达到或超过 10%

标配——未来 6 个月内行业指数相对上证指数在-10%—10%之间

低配——未来 6 个月内行业指数相对弱于上证指数达到或超过 10%

【公司股票评级】

买入——未来 6 个月内股价相对强于上证指数达到或超过 15%

增持——未来 6 个月内股价相对强于上证指数在 5%—15%之间

中性——未来 6 个月内股价相对上证指数在-5%—5%之间

减持——未来 6 个月内股价相对弱于上证指数 5%—15%之间

卖出——未来 6 个月内股价相对弱于上证指数达到或超过 15%

法律声明和免责条款

1. 本报告基于本公司研究部门及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研获取的资料，但本公司及其研究人员对这些信息的真实性、准确性和完整性不做任何保证。本报告可能因时间和其他因素的变化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。
2. 本报告中的观点和陈述不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，投资者应自主做出投资决策并自行承担投资风险，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。
3. 本报告旨在发给本公司的特定客户及其他专业人士，但该等特定客户及其他专业人士并不得依赖本报告取代其独立判断。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，本公司的关联机构或个人可能在本报告公开发布之间已经了解或使用其中的信息。
4. 本报告版权归“财达证券股份有限公司”所有，未经本公司书面授权，不得对本报告进行任何形式的转载、翻版、复制、刊登、发表或者引用。
5. 财达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，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。