



Research and
Development Center

人形机器人行业报告(六): 机器人量产时刻, 互动感知能力有望成为迭代重点

2025年3月21 日

证券研究报告

行业研究

行业深度报告

电力设备与新能源

投资评级 看好

上次评级 看好

武浩 电力设备与新能源行业首席分析师

执业编号：S1500520090001

联系电话：010-83326711

邮箱：wuhao@cindasc.com

孙然 电力设备与新能源行业分析师

执业编号：S1500524080003

联系电话：18721956681

邮箱：sunran@cindasc.com

机器人量产时刻，互动感知能力有望成为迭代重点

2025年3月21日

本期核心观点

- **人形机器人量产渐进，Optimus 量产时间表明确。** 特斯拉上调2025年Optimus 量产预期至几千-1万台，相比原先预期进一步提升，同时特斯拉将量产计划将分为多个阶段，2025年生产的机器人将在特斯拉工厂测试，2026年有望对外销售。软件赋能方面，英伟达大模型、数据、开发平台三大核心领域打造机器人底层开发生态，并与14家人形机器人企业合作，有望加速机器人落地。
- **产业趋势明显，国内外大厂纷纷布局。** 海外方面，除了特斯拉和英伟达以外，各家科技巨头也纷纷布局人形机器人产业，主要集中在人形机器人企业投资、模型开发和应用方向等；国内阿里、百度、腾讯等诸多互联网企业都开始尝试入局人形机器人；以小米、小鹏等为首的造车相关企业也在不断推进人形机器人产业化，我们认为汽车企业强大的生产制造能力有望降低人形机器人制造成本，加速人形机器人的落地。与此同时，国内人形机器人新势力逐步开启量产模式，智元机器人2025年1月累计下线1000台机器人、傅里叶机器人2024年交付100台，国内人形机器人厂商已经初步开启小批量验证。
- **灵巧手是机器人核心硬件，传感层变化有望引起重视。** 灵巧手是人形机器人核心配件之一，技术壁垒较高，是机器人触达真实物理世界的部件。目前，特斯拉灵巧手将自身11自由度灵巧手升级为22个自由度灵巧手，国内宇树机器人也规划升级灵巧手，我们认为灵巧手有望成为机器人下一个迭代方向，而手部传感器作为机器人感知周围环境的重要组成部分，有望引起重视。随着机器人功能性提升，传感器使用数量和种类有望进一步提升。国内企业发力传感器领域，未来有望通过并购+自主研发的方式扩展传感器版图，看好如华培动力等的传感器企业在机器人传感器领域发展。
- **投资建议：** 人形机器人产业化进展加速，国内+海外企业加速推进机器人落地，我们看好国内人形机器人产业链。建议关注**华培动力、汇川技术、恒立液压、科达利、三花智控、拓普集团、鸣志电器、兆威机电、北特科技、伟创电气、雷赛智能、蓝黛科技**等企业。
- **风险因素：** 核心技术发展不及预期；人形机器人量产不及预期；地缘政治风险&宏观经济下行风险。

信达证券股份有限公司

CINDA SECURITIES co.,LTD

北京市西城区宣武门西大街甲127号

金隅大厦B座

邮编：100031

目 录

一、人形机器人量产元年或至	5
1.1 人形机器人量产时刻，Optimus 进展迅速	5
1.2 产业趋势明显，国内外大厂纷纷布局	10
1.3 机器人百家争鸣，家庭+工业场景有望率先落地	13
二、灵巧手是机器人核心硬件，传感层变化有望引起重视	17
2.1 特斯拉灵巧手再升级，传感层是核心环节	17
2.2 MEMS 传感器应用广泛，并购整合有望成为发展之路	21
三、投资建议	25
四、风险因素	26

图 表 目 录

图表 1: 特斯拉人形机器人规划	5
图表 2: 特斯拉人形机器人主要更新情况	6
图表 3: Cosmos 世界基础模型(WFM) 平台	7
图表 4: 智元机器人数据采集工厂	7
图表 5: 特斯拉 Dojo 芯片量产后算力规模大幅提升	7
图表 6: 机器人与自动驾驶算法主链路对照	8
图表 7: 英伟达三层模型	8
图表 8: 英伟达发布Cosmos 世界基础模型	9
图表 9: 英伟达合作的人形机器人企业	9
图表 10: 海外部分大厂布局情况	10
图表 11: 国内互联网大厂布局情况	11
图表 12: 小米铁大人形机器人	11
图表 13: 小鹏 Iron 机器人	12
图表 14: 比亚迪逐步布局人形机器人领域	12
图表 15: 华为“造车”路径	13
图表 16: 国内机器人企业情况	13
图表 17: 宇树机器人产品	14
图表 18: 宇树机器人平衡性较好	14
图表 19: 彭志辉发布人形机器人原型机“远征A1”	15
图表 20: Figure 在宝马工厂应用	16
图表 21: 1X机器人在家庭领域有所应用	16
图表 22: 人手骨骼结构	17
图表 23: 特斯拉人形机器人22自由度灵巧手	18
图表 24: 特斯拉第二代灵巧手专利	18
图表 25: 腱绳驱动原理	18
图表 26: 用于灵巧手的感知，感知方法及其操作	19
图表 27: 灵巧手内部传感器分布情况	19
图表 28: 灵巧手外部传感器分布情况	20
图表 29: 机器人和人类的多传感器和柔性电子皮肤	21
图表 30: 机器人传感器分类	21
图表 31: 传统机器人主要传感器情况	21
图表 32: 不同人形机器人传感器情况	22
图表 33: MEMS 传感器在机器人上应用广泛	23
图表 34: 华培动力传感器部门深入布局汽车产业链	24

图表35: 主要标的情况	25
--------------------	----

一、人形机器人量产元年或至

1.1 人形机器人量产时刻，Optimus 进展迅速

人形机器人量产渐进，Optimus 量产时间表明确。2025年1月30日特斯拉召开24Q4 业绩会，特斯拉上调2025年Optimus 量产预期至几千-1 万台，相比原先预期进一步提升。同时，特斯拉已经开始招募机器人开发相关的招聘信息，涵盖制造工程师、生产经理、流程主管等关键职位，量产进程加速推进。

Optimus 的量产计划将分为多个阶段。从未来预期来看，特斯拉2025年将生产1万台Optimus 机器人，产能扩展至每月1000台；2026年每月产能将达到1万台，2027年进一步提升至每月10万台，远期量产规划明确。2025年生产的机器人将首先用于特斯拉内部工厂的测试和应用验证，2026年下半年开始对外销售。

图表 1：特斯拉人形机器人规划



资料来源：界面新闻，机器人大讲堂，信达证券研发中心

特斯拉人形机器人迭代迅速：

- 1) 概念阶段：2021 年8月，特斯拉首次提出“Tesla Bot”概念，并将人形机器人通用化作为目标。
- 2) 原型机阶段：2022年2月推出了人形机器人原型机，标志着从概念走向现实的重要步骤。
- 3) Gen 1: 2022年 9 月，Optimus 首次公开演示了直立行走、搬运和洒水等动作，并多次升级迭代，在2023年9月，机器人已经具有自我校准、多任务处理、姿态控制及自平衡能力。
- 4) Gen 2: 2023年12月，特斯拉公布第二代人形机器人，展示了自我校准、多任务处理、姿态控制及自平衡能力。
- 5) Gen3: 2024 年11月，特斯拉展示新一代-22个自由度灵巧手，灵巧手有望成为第三代人形机器人升级重点。

图表2: 特斯拉人形机器人主要更新情况

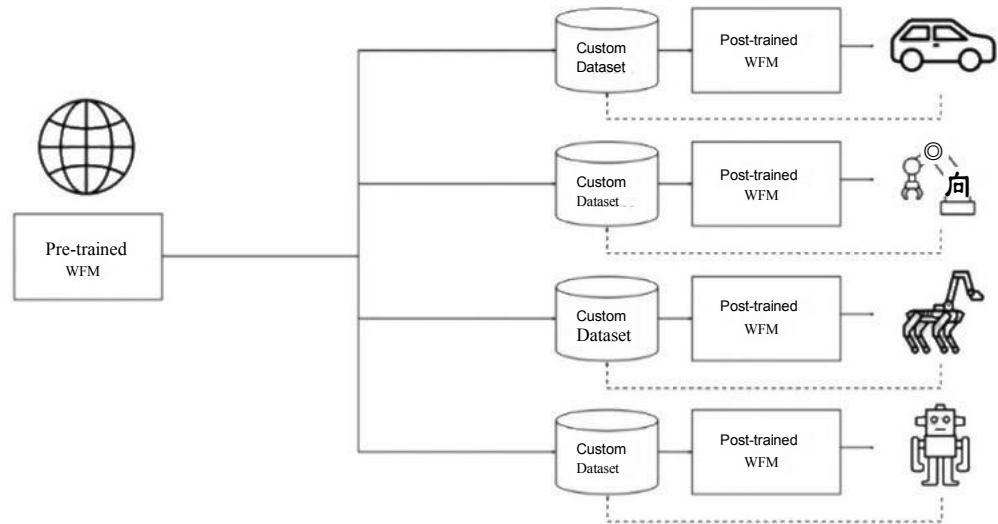
阶段	时间	主要内容
概念及原型机	2021年8月	特斯拉AI DAY公开展示概念机Tesla Bot。
	2022年2月	推出了人形机器人原型机，标志着从概念走向现实的重要步骤。
Gen 1	2022年9月	Optimus首次公开演示了直立行走、搬运和洒水等动作。
	2023年2月	在Investor Day上通过视频展示了Optimus自由行走和拧螺丝等简单工作。
	2023年5月	展示了Optimus的行走、挥手和摇摆动作，并分享了其在汽车工厂中的应用视频。
	2023年9月	特斯拉在社交平台发布了展示Optimus自我校准、多任务处理、姿态控制及自平衡能力的视频。
Gen 2	2023年12月	发布了Optimus Gen-2视频，展示了更灵活的行走和更精细的动作，如二指拿鸡蛋和左右手转移动作，展示了先进的运动和质心控制能力。
	2024年2月	展示二代Optimus步行能力。
	2024年5月	特斯拉展示了Optimus分拣电池、行走、执行工厂任务的能力。
	2024年10月	展示机器人多台设备协同工作、独立的规划与决策能力以及自动充电等。
Gen 2-Gen 3	2024年11月	展示新一代-22个自由度灵巧手。
	2024年12月	展示了Optimus在复杂地形上的行走能力

资料来源：甲子光年，工业机器人，上海证券报，有连云，科创板日报，机器人大讲堂，信达证券研发中心

人形机器人通用性需要依赖软件和硬件两个层面的迭代，从2022年到目前人形机器人的发展离不开AI模型和国内零部件企业的迭代升级：

- 1) 大模型：** AI 模型大模型出现加速了具身智能产业的发展，近年来各种文本、图像、多模态大模型层出不穷。2024年英伟达重磅推出的人形机器人通用基础模型 GROOT。
- 2) 数据训练方面：** 国内方面，智元机器人联合上海人工智能实验室、国家地方共建人形机器人创新中心和上海库帕思科技公司，发布了基于全域真实场景的百万真机数据集开源项目 AgiBot World, 覆盖100多种真实场景，其中家居场景占40%，餐饮和工业场景各占20%，商超和办公场景各占10%；海外方面，英伟达推出“世界基础模型” NVIDIA Cosmos。
- 3) 硬件端：** 国内人形机器人零部件企业进展迅速，以拓普集团为代表的国内企业已开始筹备机器人电驱系统生产基地。国内企业有望将电机、执行器、减速器、丝杠、传感器等零部件规模和成本优势迁移到人形机器人产业上，加速人形机器人产业发展。

图表3：Cosmos世界基础模型(WFM)平台



资料来源：北京市高级别自动驾驶示范区，信达证券研发中心

图表4：智元机器人数据采集工厂



资料来源：上海经信委，信达证券研发中心

图表5：特斯拉Dojo芯片量产算力规模大幅提升

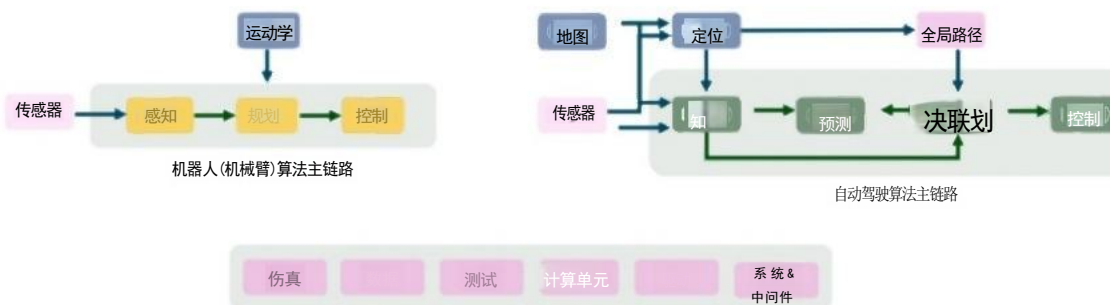
Trained On Extremely
Large Compute



资料来源：42号车库，信达证券研发中心

特斯拉兼具软件和硬件优势，FSD模型为机器人通用化打下基础。 特斯拉智能驾驶FSD模型已更新至FSD 12，可以根据摄像头等传感器的图像数据，直接生成车辆的转向、刹车和加速度信号去控制车辆，即“感知决策执行一体化”，自动驾驶技术逐步成熟。Optimus可以直接迁移FSD模型，利用纯视觉方案加之各类传感器收集周围环境信息、自身状态，实现人形机器人的智能化，未来随着端到端模型的成熟，叠加Dojo芯片量产算力赋能下的人形机器人模拟仿真训练的提升，人形机器人的落地渐近。

图表 6：机器人与自动驾驶算法主链路对照



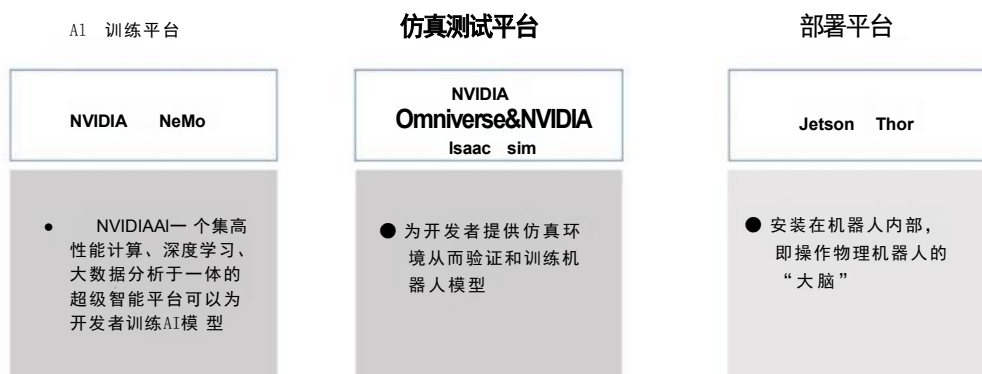
资料来源：深蓝具身智能，信达证券研发中心

英伟达搭建人形机器人平台，缩短人形机器人开发周期。2019-2022年，英伟达开启了在智能机器人领域的全方位布局：2019年推出的Isaac 软件开发套件SDK、2021年推出的Omniverse 平台，以及2022年推出的Isaac Nova Orin等。2023年，英伟达发布了新一轮的“生成式 AI+ 机器人”蓝图，对智能机器人领域展开了强有力的进军。2024年2月，NVIDIA 还成立了通用具身智能体研究实验室 GEAR，专注于多模态模型、通用目的机器人、虚拟世界基础智能体、仿真和合成数据等方向的研究，推动跨多模态、多场景的智能应用。

英伟达三层计算平台出击市场，在围绕大模型、数据、开发平台三大核心领域打造机器人底层开发生态：

- 1)AI 训练平台-NVIDIA NeMo:** 开发者可以在NVIDIA 平台上使用NVIDIA NeMo 来训练和微调生成式AI 模型。
- 2)AI 测试平台:** 在 NVIDIA OVX服务器上运行的NVIDIA Omniverse通过 NVIDIA Isaac sim等应用程序编程接口和框架，为测试和优化物理AI 提供了开发平台和仿真环境。开发者可以使用 Isaac sim 来仿真和验证机器人模型，或者生成大量基于物理的合成数据来引导机器人模型的训练。
- 3)部署平台:** 训练好的 AI 模型被部署到运行时计算机上。NVIDIA Jetson Thor 机器人计算机专为满足紧凑型板载计算需求而设计，由控制策略、视觉和语言模型组成的模型集合构成了机器人的大脑，并部署在一个节能的板载边缘计算系统上。

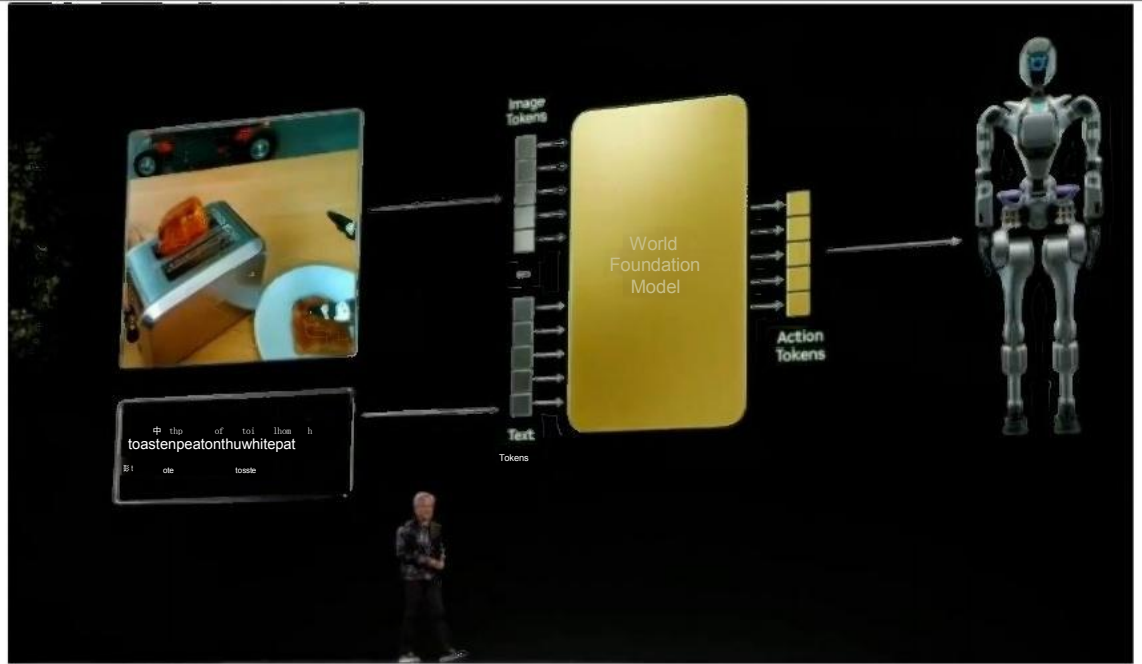
图表 7：英伟达三层模型



资料来源：高工人形机器人，信达证券研发中心

英伟达开发Cosmos 世界基础模型平台，为机器人训练提供高质量数据。NVIDIA 在 CES 2025 上发布了又一新组成部分——世界基础模型平台Cosmos。机器人训练需要高质量数据，需要“理解物理世界与物理规律”的世界基础模型。谷歌和特斯拉的数据显示，其采集数据的成本非常高，仅仅13万条数据花费了17个月、16个工程师以及13台机器人，特斯拉的内部系统设备以及整套数据采集的过程，需要耗费高达百万的成本。Cosmos 的出现则有望帮助人形机器人企业训练机器人的物理智能。

图表8：英伟达发布Cosmos世界基础模型



资料来源：高工人形机器人，信达证券研发中心

英伟达合作14家人形机器人企业，加速机器人落地。NVIDIA 在 CES 2025 上与14家人形机器人企业合作：其中包括 1X、Agile Robots、Agility、Uber 等知名企业，国内人形机器人包括星动纪元、智元、傅里叶智能、银河通用、宇树科技、小鹏。

图表9：英伟达合作的人形机器人企业



资料来源：银创机器人行业资讯，信达证券研发中心

1.2 产业趋势明显，国内外大厂纷纷布局

海内外大厂加码机器人产业，产业趋势显现。2024年以来，我们认为国内外大厂纷纷加码人形机器人产业，布局人形机器人模型、应用方向、本体等，这证明了人形机器人产业化浪潮临近，产业趋势显现。

海外方面，除了特斯拉和英伟达以外，各家科技巨头也在布局人形机器人产业，主要集中在人形机器人企业投资、模型开发和应用方向等：

- 1) **谷歌**：谷歌曾投资Appttronik 3.5亿美元，加速其人形机器人规模化量产能力，Appttronik正在探索汽车制造领域应用。谷歌通过DeepMind布局大模型，研发的基础世界模型Genie 2有望推动具身智能产业落地。
- 2) **微软**：2024年2月，英伟达(Nvidia)、OpenAI 基金、微软等投资Figure AI 6.75 亿美元。
- 3) **亚马逊**：2023年，亚马逊在其仓库运营中测试一款人形双足机器人Digit。
- 4) **苹果**：苹果研发了一套名为ARMOR 的新型以自我为中心的机器人感知系统，可以在机器人手掌和手臂上进行布置。
- 5) **Meta**：Meta 开发手指形触觉传感器 Digit 360。此外，Meta 在Reality Labs 硬件部门内成立了一个新团队，专注于AI 人形机器人的研发。Meta 的人形机器人计划初期将聚焦于家务助理领域，旨在开发能够执行家庭日常任务的智能机器人，未来希望打造包含AI、传感器和软件在内的完整生态系统。

图表10:海外部分大厂布局情况

企业	产品	合作/投资机器人企业	目标
谷歌	大模型	Appttronik	目前公司主要方向为开发机器人相关AI模型
微软	\	Figure AI	目前主要是投资方式
亚马逊	\	Digit	探索机器人在物流仓储场景应用
苹果	ARMOR	\	\
Meta	触觉传感器	\	打造一个包含AI、传感器和软件在内的完整生态系统

资料来源：创业邦，新智元，金融界，机器人大讲堂，华尔街见闻，财联社，智能感知工程，信达证券研发中心

国内阿里、百度、腾讯等诸多互联网企业都开始尝试入局人形机器人。国内互联网企业多在大模型领域有所积淀，因此主要通过“投资+大模型”的方式布局人形机器人：

- 1) **百度**：自身拥有文心大模型，同时选择的是与人形机器人头部企业优必选联手，共同探索中国AI 大模型+人形机器人的应用。Walker S已有的多模态感知与运动控制能力上，通过接入文心大模型，已经获得了高级的意图理解能力和细粒度规划能力。此外，旗下投资基金也投资了上海智元新创技术有限公司。
- 2) **阿里**：近年来阿里一直致力于投资AI 大模型创业公司，在大模型领域出资了包括月之暗面、MiniMax、智谱 AI、零一万物以及百川智能等国内主要的大模型创业企业。机器人方面投资了深圳逐际动力科技有限公司。
- 3) **腾讯**：主要是投资和自研。投资乐聚和优必选等人形机器人企业，自身研发GPTs大模型，腾讯RoboticsX 机器人实验室也把AI 模型应用到了自研的机器狗上。

- 4) **字节**：拥有豆包大模型。2024年10月，字节正式对外发布了第二代机器人模型 GR-2，投资大寰机器人等企业。
- 5) **美团**：投资银河通用、宇树机器人。
- 6) **科大讯飞**：研发讯飞星火认知大模型，2023年10月发布自身人形机器人产品，并与大连蒂艾斯科技发展股份有限公司合作。

图表11:国内互联网大厂布局情况

企业	大模型	合作/投资机器人企业	自研产品
百度	文言一心	优必选、智元机器人等	\
阿里	通义千问	深圳逐际动力等	\
腾讯	GPTs大模型	乐聚、优必选	机器狗等
字节	GR-2、豆包	大寰机器人等	\
美团	\	宇树、银河通用	\
科大讯飞	星火大模型	大连蒂艾斯科技	自研本体

资料来源：机器人大讲堂，深蓝具身智能，深圳市人工智能产业协会，信达证券研发中心

多家车企宣布切入人形机器人赛道。 小米、小鹏、蔚来等多家汽车产业链公司宣布切入“人形机器人”赛道。其中小米旗下CyberOne（铁大）在自家制造产线分阶段落地，定位为家庭护理、陪伴等多场景仿生机器人。理想汽车也表示未来会涉足人形机器人领域。小鹏汽车则透露，其AI机器人Iron将搭载自研芯片，拥有15个自由度及拟态双手。此外，参考华夏时报数据，全球已有至少18家车企接入了人形机器人赛道。我们认为汽车行业与机器人技术之间存在着天然的契合点，在电机、减速器、传感器、电池等零部件具有相似之处，车企的入局有望加速机器人硬件的迭代速度，同时汽车企业强大的生产制造能力有望降低人形机器人制造成本，加速人形机器人的落地。

图表12：小米铁大人形机器人



资料来源：智能 HeadLine, 信达证券研发中心

我们认为国内造车相关企业方面小米、小鹏在机器人布局进度上有望领先，比亚迪补足智驾短板后，有望逐步发力人形机器人产业。

1) **小米**：2025年2月，小米团队宣布了人形机器人进展——正推进旗下CyberOne（铁大）在自家制造产线上的分阶段落地。而早在2022年，小米发布了人形机器人 CyberOne，这款昵称为“铁大”的机器人展现了小米在机器人领域的技术积累。

2) **小鹏**：参考前瞻网信息，早在2020年，小鹏便收购了四足机器人公司，成立了鹏行智能，后将其整合为内部事业部。该战略思路与宇树类似，都是从四足机器人逐步发展到人形机器人。2021年，小鹏发布了首款智能机器马，在动力模组、运动控制和智能交互等方面取得了突破。2023年，小鹏推出了首款双足人形机器人 PX5,2024 年11月推出其研发的 AI 机器人 Iron。目前，Iron 已经在小鹏汽车工厂的部分岗位上开始实训，承担搬运、分拣和打包等任务。

3) **比亚迪**：2024年比亚迪开始对具身智能人员招聘，逐步布局人形机器人。我们认为比亚迪拥有较强的制造能力，随着汽车智驾短板补齐，有望强化公司人形机器人领域布局能力。

图表13：小鹏 Iron 机器人



资料来源：电子发烧友，信达证券研发中心

图表14：比亚迪逐步布局人形机器人领域

招聘岗位	研究方向
高级算法工程师	深度学习、控制算法、伺服驱动器、感知、交互算法等
高级结构工程师	人型机器人、双足机器人、四足机械狗、多模态机械结构等
高级仿真工程师	分析仿真结果、有限拆分、有限元
高级工艺工程师	切削加工、钣金、焊接、涂胶、铸造、冲压、线切割、3D打印
高级硬件工程师	原理图、PCB、嵌入式ARM系统
高级测试工程师	嵌入式软件功能测试
高级机器人工程师	机器人维护、机器人售前售后工作
高级感知算法工程师	感知、Pytorch、TensorFlow、感知模态交互
高级软件系统工程师	Modern C++、Linux、人工智能、大模型、SoC体系架构
高级软件工程师	ProfiNET、EtherCAT、CANopen、MODBUS、ROS、ROS2

资料来源：机器人前瞻，信达证券研发中心

华为入局，平台赋能有望加速国产人形机器人落地。2024年11月，华为（深圳）全球具身智能产业创新中心成立，华为在具身智能关键技术和产业生态上已经提前做了技术储备和产业布局，并已与超百家企业共同搭建了具身智能和机器人产业的合作生态。2024年11月15日，华为与乐聚机器人、大族机器人、拓斯达、中坚科技、中软国际、禾川人形机器人、兆威机电等16家企业签署了战略合作备忘录。我们认为，华为正式入局人形机器人，加上盘古大模型的加持，有望赋能机器人赛道，加速国产人形机器人项目落地。

华为未来在人形机器人领域的参与方式，我们可以参考华为入局汽车行业的方式发展。华为在在汽车领域分别有标准零部件模式/HI 模式/智选三种合作模式：

- 1) **标准零部件模式**：华为向车企提供激光雷达、毫米波雷达、摄像头等零部件以及一些电控解决方案，合作参与度较低；
- 2) **HI 模式**：合作企业包括北汽极狐 HI版、长安阿维塔11等，用华为全栈的智能汽车解决方案，合作参与度较高，华为通过计算和通讯架构等方式赋能车企；
- 3) **智选模式**：华为不仅提供全栈智能汽车解决方案，还做整车的产品定义，产品设计，制造工艺设计，用户体验设计，产品市场营销和产品销售。在智选模式中，车企负责的部分只是传统的机械工程、底盘调校和工厂的生产制造。在智选模式下，华为选择了赛力斯作为合作车企。

图表 15：华为“造车”路径



资料来源：踢车帮，信达证券研发中心

1.3 机器人百家争鸣，家庭+工业场景有望率先落地

国内人形机器人逐步开启量产模式，进展迅速。国内以智元机器人、宇树机器人等为主的机器人企业机型迭代迅速，双足人形机器人已初步具有一定功能性，如智元机器人2025年1月累计下线1000台机器人、傅里叶机器人2024年交付100台，国内人形机器人厂商已经初步开启小批量验证。在应用场景方面，国内机器人也在探索，傅里叶探索机器人在导览咨询、学术科研、医疗康复等领域应用，优必选探索机器人在整车厂等工业场景应用，国内机器人发展迅速。

图表16: 国内机器人企业情况

厂家	机器人名称	发布时间	产品情况	商业化进展
宇树	G1	2024年	Dex 3-1力控灵巧手，身高127cm, 体重35kg, 最大关节扭矩120N.m, 总自由度43个，续航2小时	定价9.9万起，已商业化量产
智元	远征A2	2024年	身高160cm, 重量60kg, 续航2小时，最大行走速度1m/s, 单手负载1kg	以开始量产，2025年1月通用机器人累计下线1000台

傅里叶	GR-2	2024年	身高达到175cm, 体重63kg, 全身共有53个自由度, 单臂运动负载达3kg, 能够完成更复杂的操作, 续航时间2小时。	GRx系列人形机器人已在导览咨询、学术科研、医疗康复等领域实现广泛落地应用, 2024年已交付了100台
乐聚	KUAVO 3.0	2023年	搭载鸿蒙系统, 体重45kg, 自由度超过38个, 连续跳跃高度超过20cm	可以在展厅/导购智能引导讲解
优必选	Walker S	2023年	身高170cm, 体重65kg, 自由度达到41个, 单臂600mm灵活伸展, 伺服关节转矩高达300Nm	/
星动纪元	STAR1	2024年	共有55个自由度。最高关节扭矩达400Nm, 最高转速达25rad/s, 能完成自然步态下的稳定行走、奔跑、跳跃等复杂运动。	可以完成精细操作, 适应多种场景需求
众擎	SE01	2024年	SE01身高170厘米, 重约55公斤, 关节最大扭矩为330N·m, 整机共32个自由度, 常态行走速度为2m/s, 能够完成上下蹲、俯卧撑、转圈走、抓取、跑跳等高难度动作, 主要面向工业应用场景。	2025年, 众擎机器人预计将生产1000台SE01人形机器人。
银河通用	Galbot G1	2024年	身高173cm, 操作范围0~240cm, 臂展190cm, 身体升降高度可达65cm。	/

资料来源: 宇树官网, 智元机器人, 傅里叶, 浦东发展, 乐聚机器人, 机器人大讲堂, 优必选, 深圳发布, 第一财经, 中国机器人网, 星动纪元, 电子发烧友, 星河频率, IT之家, 信达证券研发中心

宇树机器人: 迭代迅速, 行业先行者。杭州宇树科技专注于消费级、行业级高性能通用足式/人形机器人及灵巧机械臂的自主研发、生产和销售, 2016年公司公开零售四足机器人, 2017年成为全球四足机器人领航者。2024年宇树发布了人形机器人——Unitree G1 人形智能体, 并受邀参加蛇年春晚。人形机器人产品性能上, 公司迭代迅速, 人形机器人 G1 可以克服更多危险地形, 轻松通过平衡木、梅花桩, 稳定地走过多个面积狭小约20 厘米宽、间距不一的踏脚石, 机器人平衡性较强。

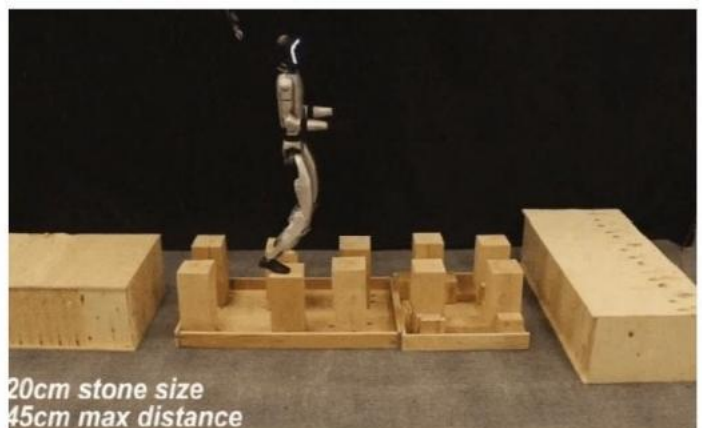
目前, 宇树科技已全自研电机、减速器、控制器、激光雷达等机器人关键核心零部件和高性能感知及运动控制算法, 并整合机器人全产业链。同时与英伟达等企业在模型层面有所合作。

图表17: 宇树机器人产品



资料来源: 宇树科技, 信达证券研发中心

图表18: 宇树机器人平衡性较好



资料来源: 科创板日报, 信达证券研发中心

智元机器人：开启批量量产。上海智元新创技术有限公司成立于2023年2月，是一家致力于以 AI+ 机器人的融合创新打造世界级领先的具身智能机器人产品及应用生态的创新企业。创始团队包括“稚晖君”彭志辉在内的多位业内资深人士，背景综合互补，具有深厚的核心技术背景、产业管理经验和产业资源。截止到目前智元机器人已完成了天使轮、A 轮、A1 轮、A1+轮、A2 轮、A3 轮、A4 轮等多轮融资。

2023年8月，智元机器人发布第一代通用型具身智能机器人原型机—远征 A1。

2024年8月，智元机器人家族系列商用产品发布，在交互服务、柔性智造、特种作业、科研教育及数据采集等场景开启商用量产。

在数据采集和模型方面，智元机器人联合上海人工智能实验室、国家地方共建人形机器人创新中心以及上海库帕思，正式开源百万真机数据集AgiBot World, 数据质量从实验室级上升到工业级标准，后续还将发布具身基座大模型。据智元机器人方面介绍，AgiBot World 是全球首个基于全域真实场景、全能硬件平台、全程质量把控的百万真机数据集。此前，具身智能训练领域大规模的开源数据集是 Google 的 Open X-Embodiment。相较于前者，AgiBot World 长程数据规模高出10倍，场景范围覆盖面扩大100倍，数据质量也从实验室级上升到工业级标准。我们认为随着机器人数据采集的完善，机器人商用落地有望加速。

图表 19：彭志辉发布人形机器人原型机“远征 A1”



资料来源：临港集团，信达证券研发中心

海外机器人企业发力商业化场景落地。

1) Figure AI: 2023 年，Figure AI 的第一款人形机器人 Figure 01 面世，不仅能完成搬箱子等简单的体力任务，还能通过观看人类示范视频学会冲咖啡等。与 OpenAI 合作后，再加上自身的“端到端”神经网络技术，机器人迭代迅速。2025年2月，Brett Adcock 宣布终止与 OpenAI 合作，并直言公司在完全自主研发的端到端机器人 AI 方面取得重大突破。一个月不到，他们的端到端通用模型 Helix 闪亮登场。从2025年初开始，Figure AI 加速推进商业化，与宝马等企业合作开展商业化场景落地，公司预计未来四年能交付10万台人形机器人。

- 2) **Agility:** 建造了全球首家人形机器人自主生产工厂 RoboFab, 该工厂旨在扩大其人形物流仓储机器人 Digit 的生产规模, 已在2024年10月投产, 目标年产一万台。舍弗勒计划从 Agility 购买大量人形机器人, 用于整个舍弗勒全球工厂网络。
- 3) **1X:** 挪威人形机器人公司 1X 发布了其最新的家用机器人 Neo Gamma。该仿人系统将接替 2024年8月份推出的尼奥-贝塔 (Neo Beta)。与前几代产品一样, Neo Gamma 也是专为在家庭环境中进行测试而设计的原型机。据1X 介绍, 它可以执行一些家庭任务, 如煮咖啡、洗衣服和吸尘。

图表20:Figure 在宝马工厂应用



资料来源: 科创板日报, 信达证券研发中心

图表21:1X 机器人在家庭领域有所应用



资料来源: 机器之心, 信达证券研发中心

二、灵巧手是机器人核心硬件，传感层变化有望引起重视

2.1 特斯拉灵巧手再升级，传感层是核心环节

机器人灵巧手是核心硬件之一。人手具备23个自由度，重量仅为人体重量约1/150，但运动功能占全身运动功能的54%，是体现人类以及人形机器人工作能力的关键部件。而灵巧手也是人形机器人核心配件之一，技术壁垒较高。人形机器人目标是帮助人类完成一些重复性、危险工作，灵巧手是机器人触达真实物理世界的部件，也是机器人执行各种各样的任务的末端执行器，需要具备较好的负载能力、触觉感知能力、较好的运控能力和自由度。

图表 22：人手骨骼结构



资料来源：刘羿伯等《软体仿人灵巧手的研究进展》，信达证券研发中心

灵巧手是目前机器人迭代核心：

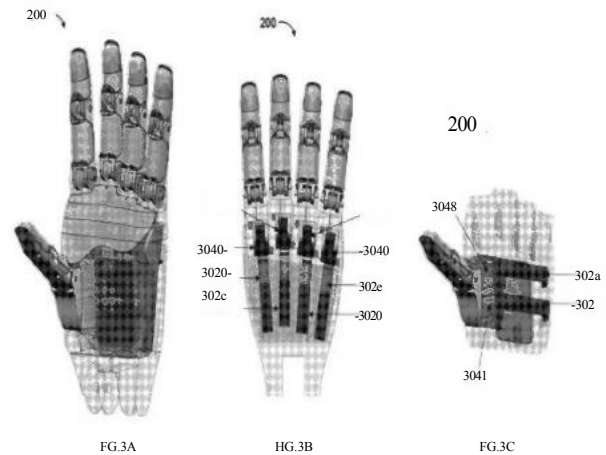
- 1) 特斯拉更新第三代人形机器人，灵巧手升级为22个自由度灵巧手。从目前人形机器人更新来看，我们认为，扩展触觉传感集成、通过肌腱实现更精细的控制、减轻前臂重量有望成为潜在发展方向。从特斯拉2024年4月公布的灵巧手专利来看，第二代灵巧手采用线绳的欠驱动模式，自由度为11个自由度，三代灵巧手自由度大幅提升。
- 2) 宇树机器人：宇树机器人是国内人形机器人代表之一，从目前视频开看，机器人具有较好的平衡性，运控能力很强，灵巧手相比特斯拉 Optimus 有较大进步空间。参考钛媒体 AGI 消息，宇树科技近期全新建立了自研“灵巧手”项目，目前已广泛招聘 AI 算法工程师、机电全栈工程师、机械工程师等职位，需要包括嵌入式机电系统软件的开发等要求，灵巧手成为发展重点。

图表23: 特斯拉人形机器人22自由度灵巧手



资料来源: 财联社, 信达证券研发中心

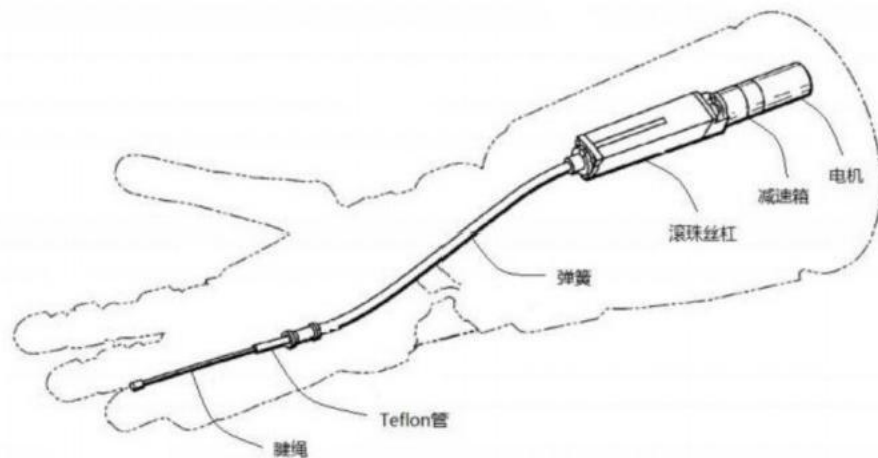
图表24: 特斯拉第二代灵巧手专利



资料来源: 机器人前贴, 信达证券研发中心

我们认为特拉斯目前22自由度灵巧手方案可能采用腱绳驱动方案, 采用行星齿轮箱+丝杠+腱绳设计。参考韩运崢《空间五指灵巧手控制系统设计》, 腱绳驱动的原理如下图所示, 电机和滚珠丝杠外置于手臂中, 电机通过减速箱带动滚珠丝杠, 电机轴的转动被转化为丝杠螺母的平移运动, 丝杠螺母拉动腱绳, 腱绳另一端连接到手指指骨上, 拉动手指绕关节轴旋转。由于手腕的俯仰和侧摆运动会扭动腱绳的位置和形状, 消除手腕运动对腱绳的影响, 在腱绳外面套上硬质弹簧, 类似自行车刹车线的原理。

图表25: 腱绳驱动原理

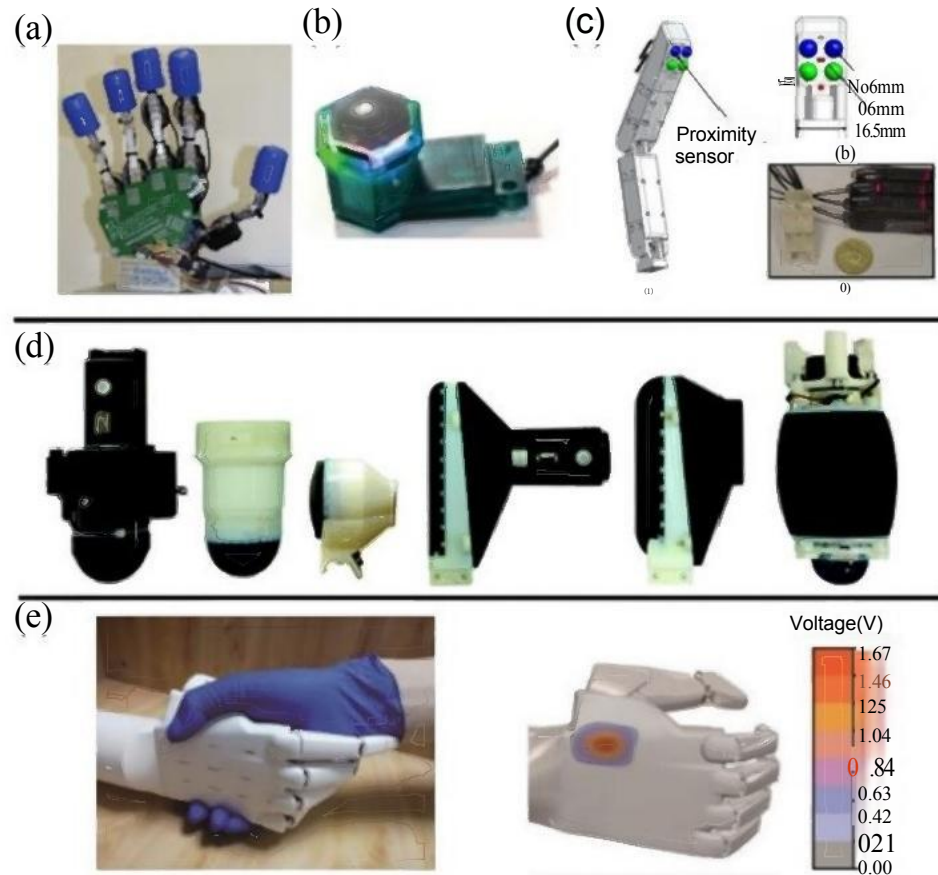


资料来源: 韩运崢《空间五指灵巧手控制系统设计》, 信达证券研发中心

传感器是灵巧手实现感知功能的核心环节。参考Ziwei Xia et al《A review on sensory perception for dexterous robotic manipulation》, 灵巧手传感器分为内部感知传感器和外部感知传感器, 而机器人灵巧手的感知分为三个等级分别为规划级 (planning level)、控制级 (control level) 和学习级 (learning level) 感知。

外部传感器包括近端传感器、触觉传感器和多模态传感器等。参考 Ziwei Xia et al 《A review on sensory perception for dexterous robotic manipulation》，外部传感器是机器人获取周围环境信息的必要组件。当面对未知的环境和物体时，外部传感器提供了足够的安全性和可操作性。为了实现灵巧的操作，机器人手需要在预操作阶段靠近目标物体，并在操作阶段用手形进行操作。近端传感器用于检测物体和机器人手之间的距离，当机器人手接触物体时，触觉传感器用于提供关于物体的物理信息和接触力。

图表 28：灵巧手外部传感器分布情况



资料来源：Ziwei Xia et al/《A review on sensory perception for dexterous robotic manipulation》，信达证券研发中心

参考 Ziwei Xia et al 《A review on sensory perception for dexterous robotic manipulation》，在早期阶段，触觉传感器研究的主要方向是压力和力的测量。此外，几乎所有的机械手都将配备这些传感器。这类传感器通常安装在指尖，以测量多维力。这些传感器的共同原理是压电效应，但这种类型的传感器可以检测力的方向，但对于检测接触位置不是那么可靠，因此多阵列触觉传感器应用逐步增多。

电子皮肤应用有望加速落地。多阵列触觉传感器通常感知单模态信息，但只能感知力方面信息，温度、纹理等其他信息不会被感知。因此，可以同时获得各种感知信息的多模态传感器-电子皮肤应用有望在机器人上落地。

图表29：机器人和人类的多传感器和柔性电子皮肤

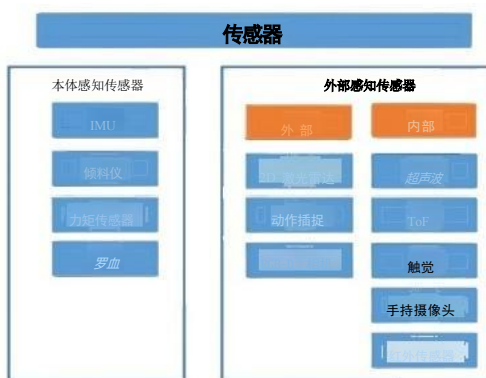


资料来源：人机交互研究院微信公众号，Libu Manjakkal et al.《Energy autonomous electronic skin》，信达证券研发中心

2.2 MEMS 传感器应用广泛，并购整合有望成为企业发展之路

传感器在机器人中应用广泛。机器人作为高度集成的机器，需要应用很多传感器，包括从光学编码器、电流传感器到惯性传感器、摄像头以及激光雷达 (LiDAR) 等。

图表30：机器人传感器分类



资料来源：麦姆斯咨询，信达证券研发中心

图表31：传统机器人主要传感器情况

	主要使用传感器情况
工业机器人手臂	摄像头、力矩传感器/力传感器、光电传感器
自动引导车(AGV)、自动移动机器人(AMR)	摄像头、超声波传感器、IMU、激光雷达/雷达
协作机器人	摄像头、力矩传感器/力传感器、触觉传感器
无人机	摄像头、定位传感器、IMU、高度计、超声波传感器、压力传感器
农业机器人	摄像头、超声波传感器、IMU、激光雷达/激光扫描/雷达
清洁消毒机器人	摄像头、激光雷达/雷达、悬崖感应器
社交机器人	摄像头、超声波传感器、IMU

资料来源：麦姆斯咨询，信达证券研发中心

人形机器人对传感器需求量有望提升。我们认为人形机器人的加速落地，有望带动相关传感器需求：1) 与人类感官类似，人形机器人通过传感器获得周围环境信息，按照不同的设计需求，可能有触觉、平衡、视觉、听觉、嗅觉和味觉等多种需求以适应不同工作环境；2) 人形机器人应用传感器较多，市场潜在空间大，量产后有望带动传感器需求。

图表32: 不同人形机器人传感器情况

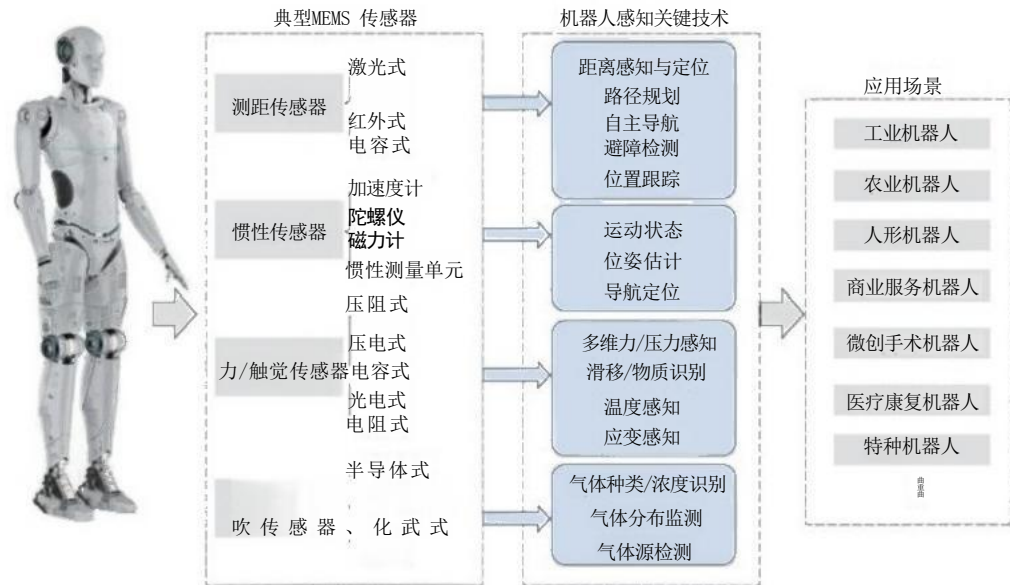
机器人名称	传感器模块	视觉模块
ATLAS(美国)	激光雷达、力/力矩、陀螺仪传感器等	1个激光测距仪+1个立体摄像机
ASIMO(日本)	激光、红外、超声波、压力传感器等	两个彩色摄像机
WABIAN-2R(日本)	六维力、位置、惯性导航、图像微传感器	有视觉但具体不明确
LUCY(比利时)	线性编码器、旋转式编码器等	不明确
先行者第四代(中国)	力/力矩、位置传感器等	有视觉但具体不明确
汇童2型(中国)	力/力矩、陀螺仪/加速度计传感器等	具有立体摄像头
THBIP-I	陀螺仪、六维力矩、位置传感器等	两个数字摄像头
优必选WALKER	六维力矩、超声波高精度惯导传感器等	1个1300万像素的高清摄像头

资料来源：邹离江《人形机器人的硬件系统设计》，信达证券研发中心

MEMS 传感器在机器人中应用广泛。MEMS 传感器是一种集成了微型机械、电路、传感器及控制器的复杂系统，具备微米甚至纳米级尺寸，在灵敏度、响应速度、尺寸和成本方面具有独特优势。MEMS 传感器广泛应用于压力、温度、加速度、角速度、力、扭矩和流量等物理量的测量，并在汽车、电子、工业自动化及机器人等领域发挥着重要作用。参考刘会聪等《基于 MEMS 传感器的机器人感知技术研究现状与发展趋势》，在机器人上应用的MEMS 传感器可以分为：

- 1) MEMS 测距传感器：MEMS测距传感器利用微型机械结构受到的变形或振动感知测量目标物体与传感器之间的距离变化，提升机器人的空间感知能力，广泛应用于机器人导航、避障、精密操作及虚拟交互等场景。具体种类可以分为 MEMS 激光测距传感器(如激光雷达)、MEMS超声波测距传感器、MEMS红外测距传感器、MEMS电容测距传感器等。
- 2) MEMS 惯性传感器：MEMS 惯性传感器通常由加速度计、陀螺仪和磁力计三种主要部件组成。通过测量物体的加速度、角速度及磁场等物理量，提供精确的运动和定位数据。具体种类包括加速度计、陀螺仪、磁力计、惯性测量单元等。
- 3) MEMS 力/触觉传感器：力/触觉传感器作为机器人的重要组成部分，能够为机器人与环境的交互提供力/触觉测量和反馈信息。具体包括MEMS 力/力矩传感器、MEMS 触觉传感器等。
- 4) MEMS 嗅觉传感器：嗅觉感知作为一种新兴的感知模式，通过模拟生物体的嗅觉功能，分辨常见气味/气体，实现特定气体浓度检测以及主动且动态地定位气味或气体源。

图 表 3 3 : M E M S 传 感 器 在 机 器 人 上 应 用 广 泛



资料来源：赛微电子，刘会聪等《基于 MEMS 传感器的机器人感知技术研究现状与发展趋势》，信达证券研发中心

传感器细分众多，并购有望成为传感器公司发展之路。传感器种类复杂，壁垒高，但下游应用需求种类多，如机器人不仅需要力/力矩传感器，也需要位置、触觉、位置等各类传感器。因此我们认为若通过独立研发模式，时间成本相对较高，难以获得规模收益，相反通过并购等方式可以实现下游客户复用，快速实现融合发展。

华培动力：并购+自主研发方式布局多种传感器，机器人传感器有望实现突破。

华培动力深耕传感器业务多年，客户覆盖多家整车厂。华培动力布局传感器多年，通过控股子公司盛迈克、盛邦、盛美芯，覆盖主要产品涵盖全压力量程范围的压力传感器、速度位置传感器、温度传感器、尿素品质传感器等多品类传感器及部分核心芯片。客户涵盖一汽解放、中国重汽、陕汽、三一重工等商用车及工程机械整机厂，潍柴动力、康明斯、博世、玉柴、锡柴、云内、常柴等国内外主流发动机厂商。乘用车方面，公司已经拿到比亚迪和小米的供应商代码，部分头部主机厂也在技术交流中。

图 表 34：华培动力传感器部门深入布局汽车产业链

传感器事业部-主要产品

发动机系统 Engine system

- 机油压力温度传感器 Oil pressure and temperature
- 水温传感器 Coolant temperature
- 电子机油液位传感器 e-oil level
- 曲轴箱压力传感器 Crankcase pressure
- 进气管压力温度传感器 TMAP
- 转速传感器 Rotate Speed
- 燃油压力传感器 Fuel pressure
- 气压力传感器 Cylinder pressure
- 温湿度传感器 Air Temperature and humidity

变速箱 Gearbox

- 油压传感器 Gearbox Oil pressure
- 档位传感器 Gear Position
- 转速传感器 Rotate Speed
- 温度传感器 Temperature



机舱环境 Engine room environment

- 空调压力温度传感器
- Air conditioning pressure and temperature

排放系统 Emission system

- 尿素泵压力传感器 Urea pump pressure
- 排气温度传感器 Exhaust temperature
- 尿素品质传感器 Urea quality

- DPF 压差传感器 DPF Differential pressure
- EGR 压力传感器 EGR pressure
- EGR 温度传感器 EGR exhaust temperature
- EGR 压差传感器 EGR Differential pressure

底盘 Chassis

- 悬架压力传感器 Suspension pressure
- 踏板位置传感器 Pedal position
- 离合器驱动压力传感器 Clutch actuating pressure
- 刹车气压传感器 Air brake pressure

新能源汽车零部件 New energy vehicle parts

- 动力电池系统传感器 Battery pack pressure/concentration
- PTC 水加热器 PTC water heater
- 电池热管理系统 Battery thermal management system
- 氢燃料电池系统传感器 Hydrogen Fuel cell system

资料来源：华培动力，信达证券研发中心

切入机器人传感器赛道，部分核心芯片自制。华培动力是国内少数自产力传感芯片的公司，可以和公司的力传感器高度拟合，在成本方面具有较大优势，同时公司下属芯片公司与传感器部门高度协同，具有领先的设计和成本优势。在人形机器人方面，公司将利用多年深耕汽车传感器业务的优势，切入机器人传感器赛道，通过并购+自主研发等方式布局磁编码器、MEMS 压力传感器、六维力矩传感器等多款传感器，部分产品将逐步送样各人形机器人企业。此外，公司有望深度介入机器人运控领域，将自身感知技术优势与机器人研发团队深度合作，参与人形机器人的整体设计，将公司的技术融入到机器人控制系统中，实现机器人运动控制的优化升级。

三、投资建议

人形机器人产业化进展加速，国内+海外企业加速推进机器人落地，我们看好国内人形机器人产业链。建议关注华培动力、汇川技术、恒立液压、科达利、三花智控、拓普集团、鸣志电器、兆威机电、北特科技、伟创电气、雷赛智能、蓝黛科技等企业。

图表35：主要标的情况

证券简称	证券代码	股价	市值	EPS			PE		
		(元)	(亿元)	2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E
华培动力	603121.SH	20.00	67.7	/	/	/	/	/	/
汇川技术	300124.SZ	71.52	1,927.17	1.85	2.21	2.61	38.68	32.36	27.37
恒立液压	603122.SH	7.37	29.3	/	/	/	/	/	/
科达利	300125.SZ	7.80	20.87	/	/	/	/	/	/
三花智控	603123.SH	8.91	71.2	/	/	/	/	/	/
拓普集团	300126.SZ	7.68	23.34	/	/	/	/	/	/
鸣志电器	603124.SH	74.50	108.6	/	/	/	/	/	/
兆威机电	300127.SZ	24.77	80.04	/	/	/	/	/	/
北特科技	603125.SH	19.66	54.9	0.76	1.19	1.72	26.04	16.52	11.43
伟创电气	300128.SZ	6.87	89.25	/	/	/	/	/	/
雷赛智能	603126.SH	7.09	43.3	/	/	/	/	/	/
蓝黛科技	603122.SH	7.37	29.34	/	/	/	/	/	/

资料来源：IFIND，信达证券研发中心

备注：股价为3月20日收盘价

四、风险因素

核心技术发展不及预期。 人形机器人核心技术发展对量产落地影响较大，若核心技术发展不及预期将影响企业未来预期。

人形机器人量产不及预期。 人形机器人若量产不及预期，将影响产业链企业相关订单落地情况。

地缘政治风险&宏观经济下行风险。 地缘政治风险及宏观经济下行可能影响机器人产业链，也可能影响海外传感器收并购。

研究团队简介

武浩，新能源与电力设备行业首席分析师，中央财经大学金融硕士，7年新能源行业研究经验，2020年加入信达证券研究开发中心，负责电力设备新能源行业研究。2023 年获得新浪金麒麟光伏设备行业菁英分析师第三名。研究聚焦细分行业及个股挖掘。

姚云峰，新能源与电力设备行业研究员，复旦大学硕士，曾任职于中泰证券、国金证券，目前主要从事新能源锂电池赛道研究，2024年加入信达证券研究开发中心。

孙然，新能源与电力设备行业分析师，山东大学金融硕士，2022年加入信达证券研发中心，负责人形机器人、工控及充电桩行业研究。

分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

免责声明

信达证券股份有限公司（以下简称“信达证券”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，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出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，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做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其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，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深300指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起6个月内。	买入 ：股价相对强于基准15%以上；	看好 ：行业指数超越基准；
	增持 ：股价相对强于基准5%~15%；	中性 ：行业指数与基准基本持平；
	持有 ：股价相对基准波动在±5%之间；	看淡 ：行业指数弱于基准。
	卖出 ：股价相对弱于基准5%以下。	

风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地了解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当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、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。