

海外人形机器人深度：人形机器人的GhatGPT时刻已至

--人形机器人深度报告之七

首席证券分析师：曾朵红

执业证书编号：S0600516080001

联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

联系电话：021-60199798

2025年2月10日

 公众号·人形机器人洞察研究

- ◆ **美国科技公司具备算力和大模型优势，引领人形机器人发展，进度看特斯拉 > 英伟达 > Google > OpenAI：**从进展看，特斯拉居首，且从芯片、数据训练、大模型到本体制造、运控模型均自研自产，25年已制定千台量产目标。其次为英伟达，其具备强大的算力能力+数据训练平台优势，利用微软芯片、数据、大模型、开发平台，为人形机器人公司打造底层开发生态，已与14家人形公司合作。其次为Google，从放弃本体聚焦机器人模型，到再次牵手机器人公司合作下一代人形机器人，具备大模型能力。OpenAI目前通过投资和自己小规模研发机器人本体，尚未All in。苹果和Meta目前专注机器人细分感知领域，平台推出机器人感知系统ARMOR可用于机械臂，Meta此前收购Digit触觉传感器团队。
- ◆ **以美国为首的创业型公司与科技公司加强大模型合作，加速商业化场景落地，潜力上看Figure AI > Agility > 挪威1X > Apptronik > 德国Neura Robotics > 加拿大Sanctuary AI。** Figure02已获得宝马、亚马逊等订单，公司预期两大客户未来4年订单需求10万台，25年销量目标几千台，并获得科技巨头投资，股东背景雄厚。Agility专注物流场景，已获得亚马逊、GXO订单，商业化放量进度最快，在建1万台产能。1X专注家庭场景，25年目标1千台产量。Apptronik计划25年底商业化量产，已与google合作下一代机器人。德国Neura Robotics 25年1月在手订单10亿欧。以上公司均加入英伟达Cosmos，大模型加持迭代加速。
- ◆ **25年海外机器人元年，大规模量产后，中国供应链将充分受益。**海外公司均重视落地场景，25年是量产元年，绝大部分公司先落地车间和物流场景，部分企业如1X和Neura Robotics同样重视家庭场景，双足和手部形态多样化。25年各家目标从几百台到几千台不等，我们预计25年海外机器人产量突破1万台，其中特斯拉5k台，27-28年TOC端突破，特斯拉销量达到100万台。随着大规模量产，供应链将切换至中国厂商，绑定特斯拉的tier1最为受益，其次为各环节核心龙头。
- ◆ **投资建议：**机器人当前类比2014年电动车，即将量产，开启10年产业大周期，强烈看好板块！**1) 特斯拉链：**首推确定性龙头Tier1【三花智控】【拓普集团】，Tier2【鸣志电器】【绿的谐波】【双环传动】，关注【北特科技】【浙江荣泰】【五洲新春】【震裕科技】【斯菱股份】【大业股份】等；**2) 华为及国内链：**推荐【雷赛智能】【汇川技术】【赛力斯】【富临精工】，关注【兆威机电】【蓝黛科技】【禾川科技】【豪能股份】【科力尔】【埃夫特】【拓斯达】等。**3) 英伟达链：**推荐【伟创电气】【科达利】等。**4) 宇树科技链：**推荐【曼恩斯特】，关注【长盛轴承】【卧龙电驱】【奥比中光】。
- ◆ **风险提示：**量产进展不及预期；产业链降本不及预期；行业关键技术突破不及预期；市场竞争加剧

PART1 海外人形机器人的ChatGPT时刻已至

- ◆ **人形机器人：其空间来自对工人的替代，并可进入toc端创造新需求。**24年全球制造业从业人员4亿人，生活服务从业人员6亿，按照制造业机器人渗透率16%、服务业机器人渗透率10%，1.5台机器人替代1个工位，且预计其他领域新增1.5亿台需求，对应全球人形机器人每年新增需求0.8亿台，单台价格12万/台，对应市场空间10万亿，其中中国市场空间为2.3万亿，对应人形机器人新增需求2300万台。
- ◆ **欧美劳动力成本高，人形机器人性价比突出：**放量初期按照一台机器人成本50万算，3台替代一个工人，按照美国人工成本70万/个，对应回本周期2年，而中国回本周期10年。但若成本下降至14万算，1.5台替代一个工人，对应美国回本周期0.3年、中国回本周期1.5年。

图：机器人的经济性

项目	金额
美国工人成本 (万元)	70
中国人工成本 (万元)	15
短期机器人成本 (万元)	50
远期机器人成本 (万元)	14
<hr/>	
一个工位成本 (万元)	150
<hr/>	
短期 (25-26年) 3台机器人替代1个工人	
美国回本周期 (年)	2
中国回本周期 (年)	10
<hr/>	
一个工位成本 (万元)	21
<hr/>	
远期 (27-28年之后) 1.5台机器人替代1个工人	
美国回本周期 (年)	0.3
中国回本周期 (年)	1.5

图 人形机器人市场空间

	中国	美国	欧洲	全球
24年制造业从业人员 (亿)	1.2	0.1	0.3	4.0
渗透率	20%	40%	40%	16%
24年生活服务从业人员 (亿)	1.2	0.8	1.0	6.0
渗透率	10%	20%	20%	10%
1.5台机器人替代1个工人	1.5	1.5	1.5	1.5
其他新增需求 (亿台)	0.4	0.3	0.3	1.5
<hr/>				
人形机器人存量空间 (亿台)	0.9	0.6	0.8	3.4
人形机器人每年新增空间 (亿台)	0.23	0.15	0.19	0.84
人形机器人均价 (万/台)	10	14	14	12
每年新增市场空间 (万亿)	2.3	2.2	2.6	10.1

- ◆ 人形机器人的优势在于通用性，而要实现通用性需依赖：一是训练数据，二是AI大模型，2022年以来算力、大模型等快速发展，人形机器人智能化大幅提升，其中特斯拉、英伟达、Google布局领先。
 - ◆ **数据训练**：高质量的训练数据是人形机器人实现泛用性的基础，此前依赖真实场景采集，效率低，成本高，而仿真平台的发展指数级放大数据采集和训练规模，提高效率、降低成本。
 - ◆ **具身智能大模型**：从语言大模型，到视觉大模型，到VLA多模态大模型，强化机器人交互、任务拆解、任务执行能力，和自主学习能力，让机器人“大脑”更加智能。

图 人形机器人大模型



- ◆ **从商业化场景看：**海外公司均重视落地场景，绝大部分公司先落地车间和物流场景，部分企业如1X和Neura Robotics同样重视家庭场景。并且尝试用租赁的方式，降低客户使用成本。
- ◆ **从量产角度看：**25年是量产元年，各家目标从几百台到几千台不等。且26年大规模量产新机型。
- ◆ **从本体和末端执行器看：**存在多样化。但基本以双足为主，部分采用轮式。同时手部方案多为开放式，可自由组装灵巧手或抓夹。
- ◆ **从大模型看：**除特斯拉自研外，其余主流公司基本加入英伟达Cosmos生态，同时部分公司也和OpenAI或Google等科技公司合作。

图 海外人形机器人特点总结

	特斯拉	FigureAI	Agility	Appttronik	Sanctuary AI	波士顿动力	1X	Neura Robotics
国家	美国	美国	美国	美国	加拿大	韩国	挪威	德国
商业化场景	先落地汽车车间	先落地车厂和物流	物流	先落地车厂和物流	商超		家庭	工业/家庭
量产计划	25年几千台，26-27年每年10倍增长	2家客户未来4年(25-28年)需求10万台	24年内产能达到数百台，未来几年将实现年产能1万台	25年将制造数百个	24年7月定下前阶段量产目标，但量产不顺，创始人离职	从液压转向电动，计划商用	25年制造1000个，在2028年将制造数百万个NEO	10亿欧订单
客户	自用	宝马、亚马逊	亚马逊 GXO	奔驰 GXO	CTC 麦格纳		家用	川崎重工、欧姆龙
下肢形态	双足	双足	鸵鸟双足	双足/轮式	双足(但有可能改轮式)	双足	升级为双足	双足
灵巧手	22自由度	16自由度	电动抓夹		20自由度	三指抓夹	20自由度	可组装手/夹
大模型	自制	与OpenAI合作/加入英伟达Cosmos	加入英伟达Cosmos	与Google合作/加入英伟达Cosmos	自研/加入英伟达Cosmos	加入英伟达Cosmos	与OpenAI合作/加入英伟达Cosmos	加入英伟达Cosmos

公众号：人形机器人洞察研究

看好三类公司，将充分受益人形机器人产业大周期

- ◆ **特斯拉：大模型+人形本体垂直一体化公司。**将自动驾驶大模型嫁接到人形机器人，利用Dojo超级计算机平台继续数据仿真训练，拥有丰富的制造经验和强大的供应链基础，以及汽车车间应用场景。
- ◆ **英伟达、Google、Physical Intelligence：具备计算/大模型优势，提供人形机器人“大脑”。**英伟达依托芯片，拓展数据、大模型、开发平台，为人形厂商提供底层开发模型。Google依托打造的RT系列模型，并计划用Gemini模型控制人形，与人形厂商联手，开发新一代机器人。PI专门提供人形机器人具身智能大模型。
- ◆ **Figure AI、Agility、1X等：产品性能优异，商业化落地快的人形初创公司。**Figure02已获得宝马、亚马逊等订单，并获得科技巨头投资，股东背景雄厚。Agility专注物流场景，已获得亚马逊、GXO订单。1X专注家庭场景。

图 看好三类人形机器人公司

垂直一体化公司		具身智能大模型公司			优质创业公司					
	特斯拉	英伟达	Google	OpenAI	Figure AI	Agility	Apptronik	1X		
商业化场景	先落地汽车车间	人形进展	★★★★	★★★	★★	商业化场景	先落地车厂和物流	家庭		
量产计划	25年几千台，26-27年每年10倍增长	产品	芯片、大模型、数据、开发平台	大模型	大模型	量产计划	2家客户未来4年(25-28年)需求10万台	25年内产能达到数百台，未来几年将实现年产能1万台	25年将制造数百个	25年制造1000个，在2028年将制造数百万个NEO
客户	自用	方式	出售芯片及开发平台	合作开发本体	投资+小规模自研本体	客户	宝马、亚马逊	亚马逊GXO	奔驰GXO	家用
下肢形态	双足	机器人	14家机器人加入Cosmos生态	Apptronik	1X Figure AI	下肢形态	双足	鸵鸟双足	双足/轮式	升级为双足
灵巧手	22自由度	优势	强大的算力能力+数据训练平台+商业模式	大模型能力	大模型能力	灵巧手	16自由度	电动抓夹		20自由度
大模型	自制					大模型	与OpenAI合作/加入英伟达Cosmos	加入英伟达Cosmos	与Google合作/加入英伟达Cosmos	与OpenAI合作/加入英伟达Cosmos

PART2 美国科技公司引领人形机器人发展

- ◆ 科技公司均重视人形机器人的发展，其中特斯拉预计未来人形机器人将成为公司主要收入来源。
- ◆ 特斯拉 > 英伟达 > Google > OpenAI: 从进展看，特斯拉居首，且从芯片、数据训练、大模型到本体制造、运控模型均自研自产，25年已制定千台量产目标。其次为英伟达，其具备强大的算力能力+数据训练平台优势，利用微软芯片、数据、大模型、开发平台，为人形机器人公司打造底层开发生态，已与14家人形公司合作。其次为Google，从放弃本体聚焦机器人模型，到再次牵手机器人公司合作下一代人形机器人，具备大模型能力。OpenAI目前通过投资和自己小规模研发机器人本体，尚未All in。苹果和Meta目前专注机器人细分感知领域，平台推出机器人感知系统ARMOR可用于机械臂，Meta此前收购Digit触觉传感器团队。

图 美国科技公司人形机器人布局

	特斯拉	英伟达	Google	OpenAI	苹果	Meta	微软
人形进展	★★★★★	★★★★	★★★	★★	★	★	★
产品	人形机器人本体	芯片、大模型、数据、开发平台	大模型	大模型	机器人感知系统 ARMOR	Digit 360的高精度触觉传感器	
方式	垂直一体化生产	出售芯片及开发平台	合作开发本体	投资+小规模自研本体			投资
机器人	特斯拉机器人	14家机器人加入Cosmos生态	Apptronik	1X Figure AI Physical Intelligence			Figure AI
优势	软件能力+制造能力	强大的算力能力+数据训练平台+商业模式	大模型能力	大模型能力		和CMU联合打造的大模型 RoboAgent	

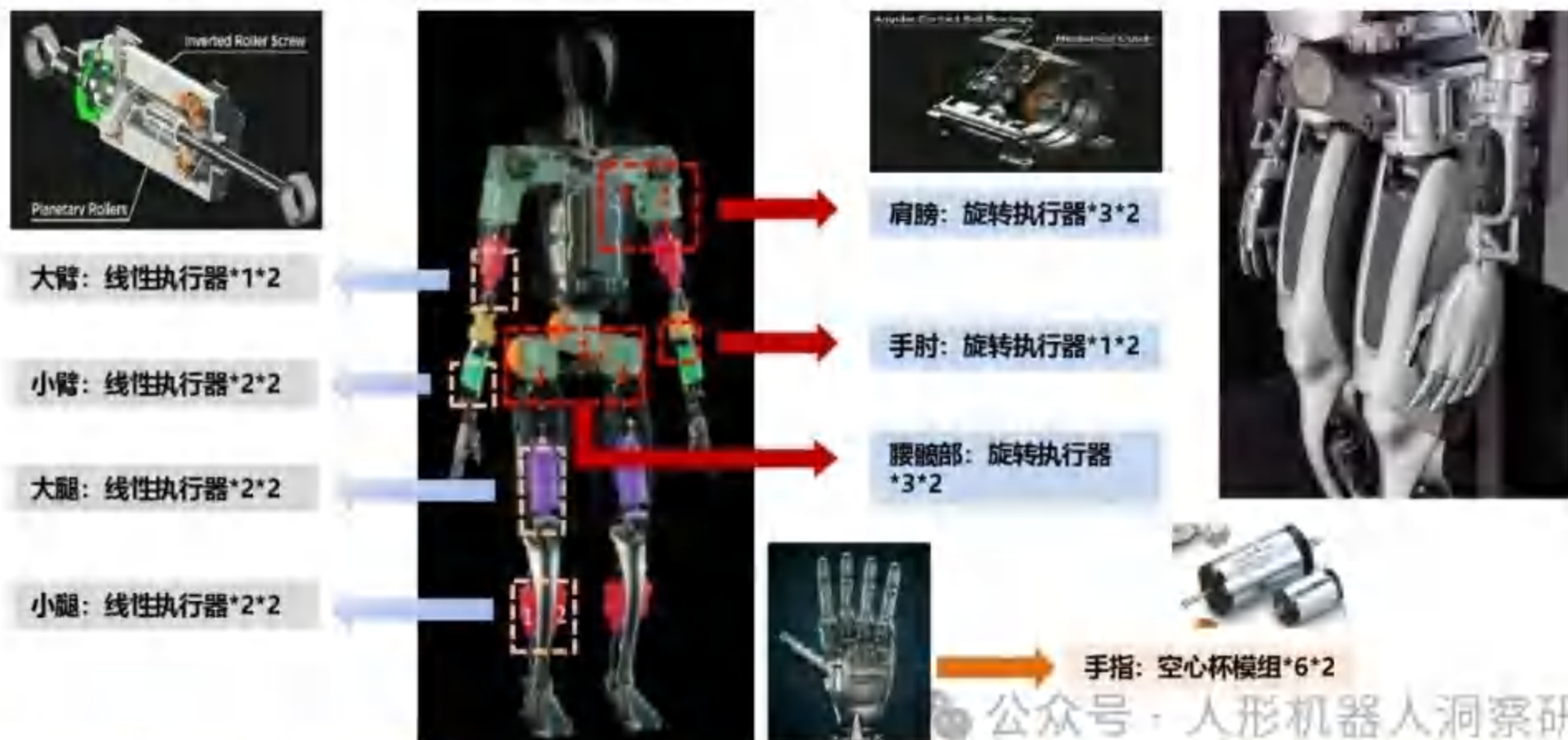
- ◆ **特斯拉FSD纯视觉+深度学习神经网络渐趋成熟，可嫁接至人形机器人。**与自动驾驶类似，人形机器人同样需利用传感器（摄像头、激光雷达等）感知、采集和处理周围环境信息，以便做出决策。**特斯拉人形机器人仅使用3个摄像头**（中间鱼眼摄像头、左右各一个视觉摄像头），直接嫁接FSD成熟的纯视觉方案，再辅之以力/力矩/声学/触觉/温度等传感器。
- ◆ **利用Dojo超级计算平台进行机器人仿真训练，扩大数据集。**
- ◆ **未来端到端训练有望突破，具身智能未来可期。**

图：特斯拉FSD视觉感知图



- ◆ 特斯拉机器人采用电驱动方式，设计之初就考虑大规模量产：区别于波士顿的液压方式，电驱动方式关节更灵活，且核心部件均大规模量产应用（除丝杠），成本可控。
- ◆ 28个执行器组成特斯拉机器人核心关节构架，电池、摄像头、芯片均为成熟工艺：Optimus机电执行器系统含3大类、40个执行器——身体14个旋转执行器、14个线性执行器，灵巧手12个执行器方案尚未冻结，上述执行器均由“电机+传动装置+各类轴承+传感器”组成。躯干搭载2.3kwh电池，头部搭载三个摄像头（中间鱼目、两侧各一普通摄像头），大脑采用FSD芯片。
- ◆ 26年中特斯拉将推第二代机器人，将进一步改进，预计手部和传感器等变化较大，执行器方案相对确定。

图 特斯拉Optimus身体包含28个执行器（电机+驱动器+机械传动部件等）



- ◆ **22个自由度为绳驱方案，未来仍有变化。** 2024年11月 Optimus Gen 3 灵巧手更新并展示，灵巧手从单手11个自由度→22个自由度（单手电机数从 $2+1+1+1+1=6$ 变成 $3+2+2+2+2=11$ ）。我们认为结构变化点有：**1) 电机：**从手掌内移至手臂小臂里，一方面手掌可以缩小体积，一方面对空心杯电机的直径限制解开，而且成本更低的无刷有槽电机也可能去替代空心杯；**2) 传动：**我们认为丝杠由单手不使用、到使用10根以上；从we,robot发布的视频来看，小臂可看到绳驱用的绳，小臂带动手关节灵活运动，依赖数量可观的腱绳；**3) 感知：**手指增加阵列式触觉传感器（每处大概几十个触点）；**4) 轻量化：**从铝合金金属3D打印，改成了塑料3D打印。

图：特斯拉24年10月 “We,robot” 发布会现场机器人与人群互动



图：特斯拉24年11月官推发布视频，左手稳稳接触飞来的网球



- ◆ **量产计划明确，指数级增长。** 特斯拉人形机器人将于2025年量产，特斯拉预计当年将有几千台人形机器人投入其汽车工厂生产线中，并继续保持迭代，若一切顺利，26年量产将放大10倍至5-10万台（**接近26年年中，第二代机器人投产，月产量扩至1万台**），开始toB外售；27年进一步放大10倍至50-100万台，进入toC端市场。最终产品成本2万美金，价格随行就市。Musk认为未来人形机器人有潜力带来超过10万亿美元的收入，可能成为公司价值的主要来源。
- ◆ **先落地汽车车间，商业化明确。** 今年计划制造的几千台，用于特斯拉工厂内完成如给料斗上料、车身生产线物料运输等，形成闭环以改进生产设计。大概26H2可能会开始向特斯拉以外的公司交付。

图：特斯拉人形机器人自用销量预测

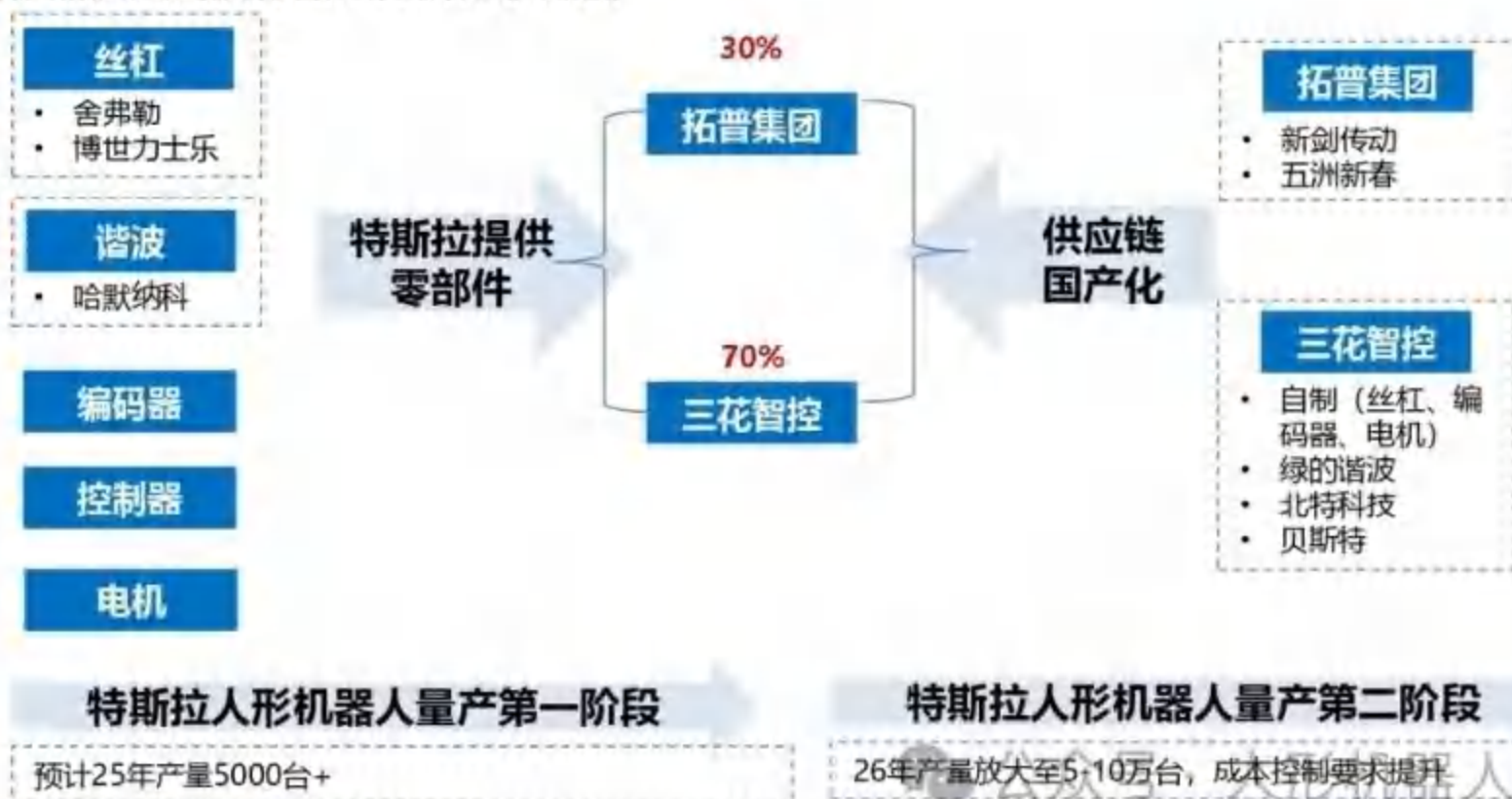
	工人 (人)	2025年底 3台机器人替代1个工人所需机器人 (台)	2026年底 2台机器人替代1个工人所需机器人 (台)	2025年底 机器人替代比例	2026年底 机器人替代比例
上海工厂	19,000	570	7,600	1%	20%
德国工厂	12,000	720	8,400	2%	35%
德州工厂	22,000	3,300	22,000	5%	50%
加州工厂	20,000	3,000	20,000	5%	50%
合计	73,000	7,590	58,000	6%	40%

图：特斯拉人形机器人的经济性

项目	金额
美国人工成本 (万元)	70
中国人工成本 (万元)	15
短期机器人成本 (万元)	50
远期机器人成本 (万元)	14
<hr/>	
一个工位成本 (万元)	150
<hr/>	
短期 (25-26年) 3台机器人替代1个工人	
美国回本周期 (年)	2
中国回本周期 (年)	10
<hr/>	
一个工位成本 (万元)	21
<hr/>	
远期 (27-28年之后) 1.5台机器人替代1个工人	
美国回本周期 (年)	0.3
中国回本周期 (年)	1.5

- ◆ 特斯拉执行器已经确定国产两家供应商，包括三花、拓普，其中三花可供应全部型号。特斯拉人形机器人2025年开始量产，我们预计三花供应份额70%左右，拓普份额30%左右。
- ◆ 供应看，目前核心零部件基本由特斯拉提供，交由三花、拓普制作总成，但总体成本较高（预计30-50万/台），25年加快国产供应商拓展，我们预计26年国产供应商将开始放量。三花、拓普均已培养自己的零部件供应商。

图：旋转执行器及直线执行器结构拆分示意图

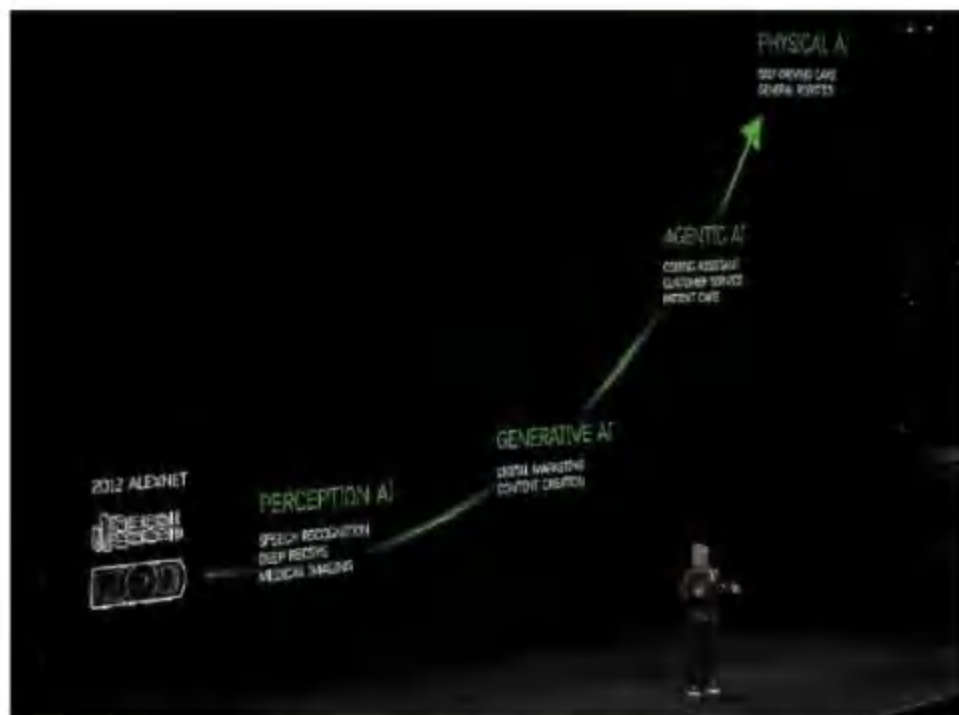


- ◆ **黄仁勋定调机器人：**仅有三种形式的机器人可实现大规模量产，一是汽车，因为我们构建了一个适合汽车的世界；二是无人机，因为天空没什么限制；三是人形机器人，我们为自己构建一个世界。大规模生产至关重要，因为它能驱动技术飞轮效应。高投入的研发（R&D）能带来技术突破，从而生产出更优秀的产品，进一步推动生产规模的扩大。
- ◆ **在人形机器人领域做卖铲子的人：**目标是借助芯片等核心产品，围绕着大模型、数据、开发平台三大核心领域展开，为打造机器人底层开发生态。

图 英伟达机器人生态搭建



图 英伟达关于AI的发展判断



- ◆ 英伟达自2018年开始推出机器人模拟器NVIDIA Isaac、同时推出计算机平台Jetson Xavier和相关软件工具包，正式布局智能机器人，此后不断升级芯片、计算平台、机器人训练工具，23年至今进度显著加快，2024年推出人形机器人通用基础模型Project GR00T。

图 英伟达智能机器人领域发展史

时间	内容
2018	推出全新硬件、软件、虚拟世界机器人模拟器的NVIDIA Isaac，同时还推出专为机器人设计的计算机平台Jetson Xavier和相关的机器人软件工具包，正式布局智能机器人领域
2019	推出Isaac软性开发套件(SDK)，为机器人提供更新的AI感知和仿真功能
2021	推出Omniverse平台，支持机器人的协作和模拟，对协作机器人影响深远
2022	推出IsaacNova Orin，其配置的计算机和传感器参考平台旨在帮助AMR(自主移动机器人)制造商缩短开发时间并降低成本
2022	发布基于Transformer架构的支持多模态的(仿真)智能体VIMA
2022	发布具有互联网规模知识的开放式具身智能体-MinDojo
2023	发布全新JetsonAGXOrin 工业级模块
2023	发布VOYAGER智能体，这是第一个由LLM驱动的可以终身学习的智能体，为具身控制生成可执行代码
2023	对Jetson平台上的Metropolis和Isaac框架进行有史以来规模最大的软件扩展，用以满足边缘AI的快速部署需求；与此同时，英伟达还宣布创建Jetson生成式AI实验室；另外宣布推出IsaacROS和IsaacSim软件的全新版本
2023	发布了Eureka (Evolution-driven Universal Reward Kit for Agent) 智能机器人训练工具，本质是一种由大模型驱动算法生成工具
2024.2	成立通用具身智能体研究GEAR(Generalist Embodied Agent Research)团队，目标是在虚拟和现实世界中建立具身智能体基础模型，致力于实现跨多模态、多场景的智能应用
2024.3	发布了人形机器人通用基础模型Project GR00T、基于Thor SoC的新型人形机器人计算机Jetson Thor；对Isaac机器人平台进行了重大升级，包括生成式AI基础模型和仿真工具、AI workflow基础设施
2024.7	携带自家生成式AI时代的新王牌-升级版“Nvidia NIM” (Nvidia Inference Microservices) 云原生微服务亮相丹佛SiGRAPH2024大会；Nvidia布局的NIM生态系统已经可提供一系列预训练的AI模型。
2024.12	据台湾联合新闻网报道，英伟达已接触多家台湾机床和关键零部件制造商，目标包括征求关键零组件的技术与规格，并探索合作企业加入其人形机器人供应链的可能性。
2025.1	鸿海正与英伟达合作，采用后者的软件技术和硬件平台，在中国台湾南部的高雄市研发专注于服务场景的人形机器人。
2025.1	NVIDIA CES 2025发布会上，发布其构建的一套完整的Isaac GR00T Blueprint，为通用机器人的训练提供了一个数字孪生训练场，并宣布了其合作的14个人形机器人厂商。

- ◆ NVIDIA面向物理AI和机器人训练、仿真、运行构建了三台计算机，分别为
 - **超级计算机NVIDIA NeMo**：用于AI模型训练。
 - **仿真平台Omniverse和Isaac Sim**：模型训练完后需要测试，用仿真平台，可大幅缩短时间，降低成本
 - **计算平台Jetson Thor**：用于机器人本地部署的计算平台，从Jetson Xavier，升级到Jetson Orin，算力提升10倍，并即将推出Jetson Thor。

图 英伟达人形机器人软硬件平台布局



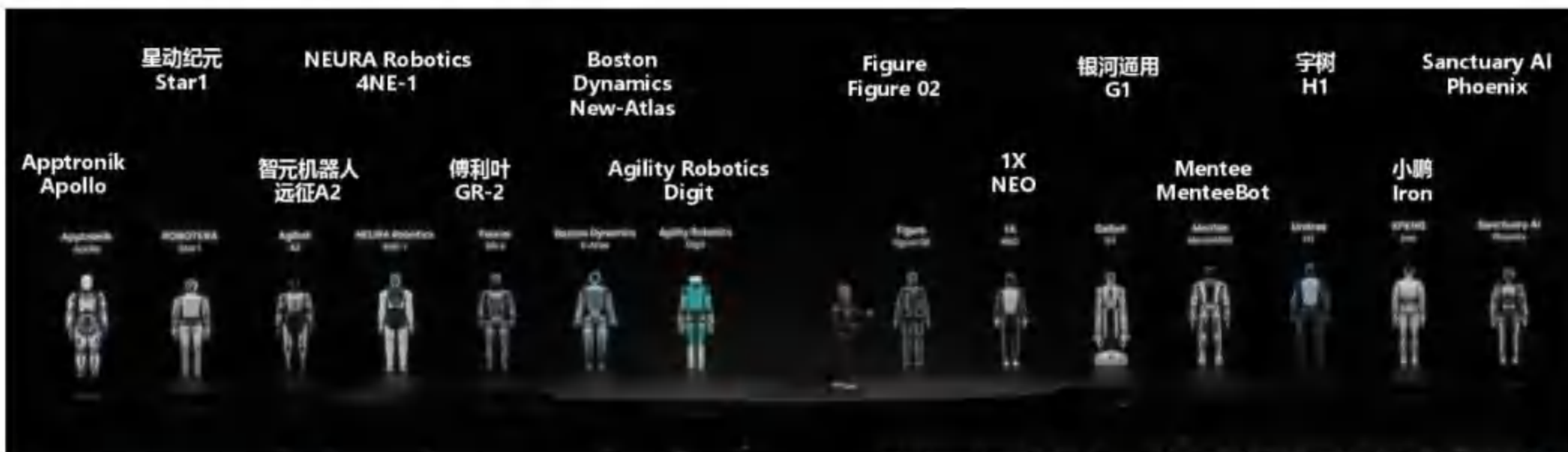
- ◆ 2025年1月，NVIDIA发布Isaac GROOT Blueprint，为通用机器人的训练提供了一个数字孪生训练场，可帮助开发者生成海量的合成运动数据，以便通过模仿学习来训练人形机器人。
- ◆ **该模型解决了人形机器人数据短缺、数据收集成本高昂等问题。**在Blueprint的GROOT-Gen工具流中，NVIDIA Omniverse和NVIDIA Cosmos是指数级扩增数据集的关键。NVIDIA Cosmos是NVIDIA在2025年最新发布的“世界基础模型”，拥有一系列开放的预训练世界基础模型，专为生成具有物理感知的视频和物理AI开发所需的世界状态而设计。

图 英伟达数据孪生训练场流程



- ◆ 25年CES大会上，NVIDIA已经宣布第一批采用NVIDIA Cosmos的生态伙伴，包括6家中国人形机器人公司，分别是星动纪元、智元、傅利叶智能、银河通用、宇树科技、小鹏；以及美国Appttronik、Agility Robotics、FigureAI、Boston Dynamics（被现代收购），德国NEURA Robotics，挪威1X，以色列Mentee，加拿大Sanctuary AI。
- ◆ 另外，据台湾联合新闻网24年12月3日报道，英伟达已接触多家台湾机床和关键零部件制造商，目标包括征求关键零组件的技术与规格，并探索合作企业加入其人形机器人供应链的可能性。我们认为英伟达自己下场做机器人本体可能性较小，更多是测试开发，打通软硬件，更好为客户提供整体解决方案。

图 英伟达25年CES大会宣布合作的14家机器人



- ◆ **2013年底Google一举收购8家机器人公司。**2013年3月Google创建机器人部门Replicant, 后这个部门划归到Google X门下, 即后来的Alphabet X。2013年底, google疯狂收购机器人公司, 包括波士顿动力在内的8家机器人公司, 目标在于发展商用机器人技术。
- ◆ **主帅离职, 8家各自为政, 商业化路程艰难。**2014年google机器人部门主管Andy Rubin离职, 缺乏核心人物将8家公司团结在一起, 各部门缺乏协作能力, 且机器人训练成本高昂, 缺乏落地场景, 商业化进展低于预期, 2017年将波士顿动力出售给软银(购入价30亿美元), 取消Robot Project。究其原因, 彼时算力、大模型和人工智能尚不足以支持机器开发、训练。

图 Google收购的8家机器人公司

收购时间	公司名称	类型	国家	主要产品
2013.12.2	SCHAFT	人形机器人	日本	Schaft 机器人在日本的一次灾难救援挑战赛中有着非常不错的表现
2013.12.3	Industrial Perception	机器视觉	美国	拥有先进 3D 视觉技术可引导机器人在制造和物流中使用
2013.12.4	Redwood Robotics	人形机器人与机械臂	美国	主打家庭适用的机器臂机器人
2013.12.5	Meka Robotics	人形机器人	美国	致力于打造人形机器人, 用以和人们生活、工作。它的旗舰机型 M1 移动操作机器人具有安全、人性化的机器人技术, 可适用于人们家庭和工作场所, 可看作个人助手
2013.12.6	Holomni	轮式机器人	美国	
2013.12.7	Bot & Dolly	机器人摄像系统	美国	专门从事电影领域制作的自动化机器人, 擅长将大型机械臂和定制软件相结合
2013.12.8	Autofuss	广告设计	美国	
2013.12.10	Boston Dynamics	人形机器人	美国	具备超强的运动性能的人形机器人

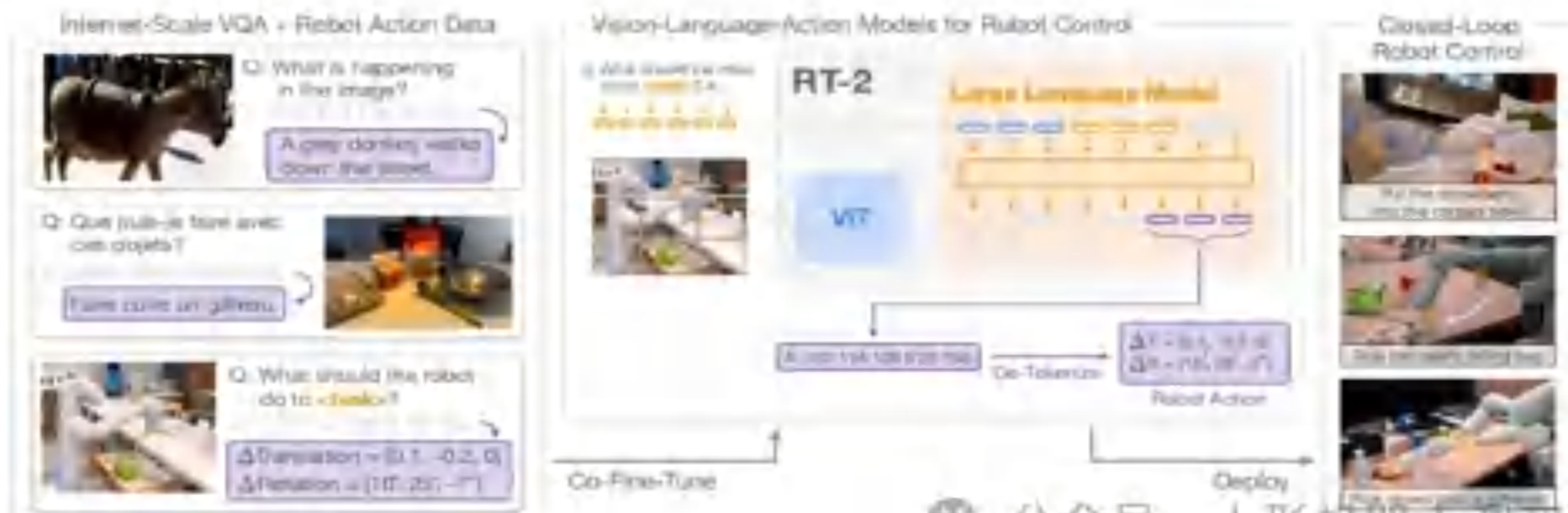
- 此前Google Brain和Deepmind分别延两条技术路线探索人形机器人模型, 2023年4月两大部门合并为Google deepmind, 追赶OpenAI, 此后推出Gemini2.0, 该模型为AI Agent应用而设计的多模态大模型, 最重要的是它可以理解和推理物理世界, 构建代理, 操控人形机器人执行任务。
 - Google AI团队:** 从RT-1到融合了PaLM-E的RT-2, 将语言和视觉大模型应用到机器人控制领域, 在推理、知识、泛化能力方面更强。
 - Deepmind:** 2014年Google以6亿美金收购英国AI公司Deepmind, 在合并前, 其独立研发。其主要从智能体的角度出发训练机器人, 开发Robocat、Autonomous 和 DemoStart模型, 训练数据大都来自强化学习, 模型参数量控制表现更优, 能够实现更高频率的机器人控制。

图 Google两个团队机器人机器人模型发展历程



- ◆ **RT-1构建起特定指令、图片和机器人任务输出的桥梁，但能力受制于数据库：**2022年 Google 把 Transformer 架构应用到机器人的操纵任务上，提出了 RT-1模型。主体是预训练的视觉模型和用解释器处理过的语言指令，一起通过transformer架构输出机器人的动作指令，学习范式是模仿学习，训练数据是在google实验室中的两个厨房环境记录的操控移动机械臂完成抓取与放置动作时的记录，因为数据相对局限，RT-1只能接受在数据库中出现过的指令，指令的基本结构为“动作 + 目标物体 + 目标位置”。
- ◆ **RT-2拓展对外界认知，但动作仍受限。**由于机器人数据收集受限，google直接采用已经有的多模态视觉语言模型 (PaLM-E)，数据扩充至网络上海量的图文数据，创造性的输出机器人行为字符串。但动作仍受限于桌面的抓取。
- ◆ **大数据集OpenX加持，RT-X扩充动作能力。**收集全球60多个机器人实验室机械臂操作的数据，合成数据集 Open Embodiment，包括500多个动作。用该数据进行RT-2的方式的训练。其贡献在于创造一个持续增长的共享和开源数据集。

图 RT-2模型概览



- ◆ 2024年初在Robotics Transformers的基础上，Google发布AutoRT、SARA-RT 和 RT-Trajectory，提高机器人在现实世界中的数据收集、效率和泛化能力。
 - **AutoRT: 机器人训练系统。**利用大型基础模型（LLM/VLM）和机器人控制模型（RT-1/RT-2），来收集更多和更多样化的训练数据，可同时指导多台机器人在不同环境中执行多样化任务，并通过VLM理解环境和物体，LLM提出创意任务并选择机器人可以独立完成的任务。
 - **SARA-RT: 提升机器人Transformer模型效率的系统。**通过一种称为“up-training”的模型微调方法，将模型的二次复杂性转换为线性复杂性，从而显著减少了计算需求，同时保持了模型的质量，无需额外编码。
 - **RT-Trajectory: 实现机器人泛化能力的模型。**通过在训练视频中添加描述机器人动作的视觉轮廓，RT-Trajectory让机器人从2D轨迹图像中学习控制策略，大幅提升执行未见任务的成功率。

图 AutoRT系统构架

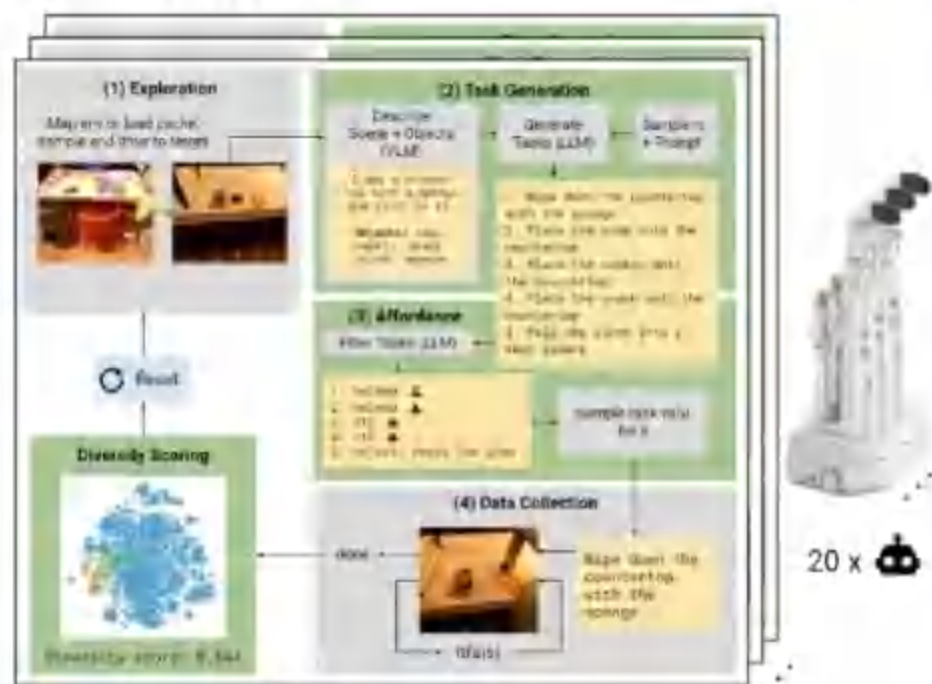
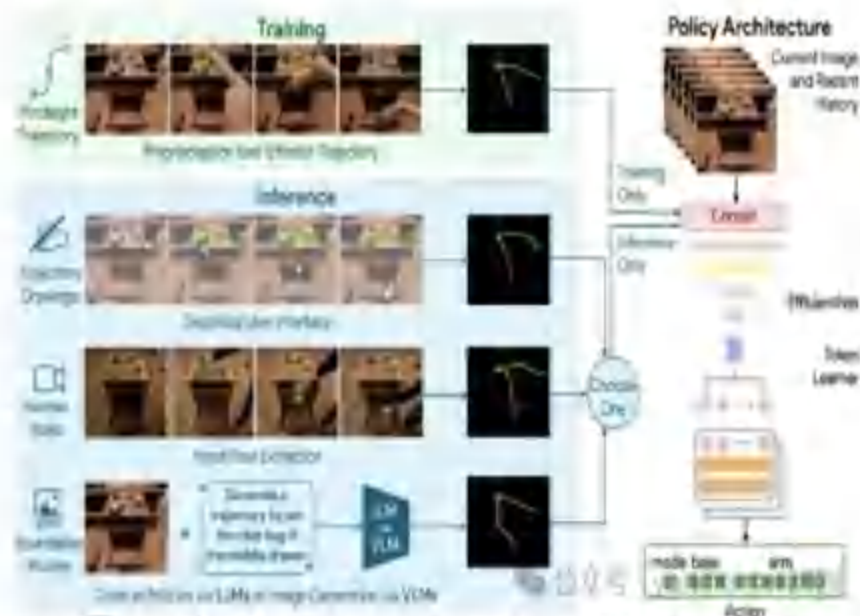


图 RT-Trajectory系统构架



- ◆ 2024年12月，Google发布Gemini2.0多模态大模型，其专为AI Agent而设计，支持图像、视频、音频等多模态输入，以及原生生成图像与文本混合、多语言音频的多模态输出；并能够原生调用Google搜索、代码执行以及第三方用户定义函数等工具。Gemini2.0是真正的统一底层模型，他具备三大能力：一是感知能力，二是记忆能力，三是工具使用能力。
- ◆ **利用Gemini 2.0 的空间推理功能，未来可以操控人形机器人执行任务、低成本训练人形机器人。**谷歌发布Gemini 2.0 的博客提到“除了探索虚拟世界中的代理功能外，我们还在试验可以通过将 Gemini 2.0 的空间推理功能应用于机器人技术来在物理世界中提供帮助的代理。虽然现在还为时过早，但我们对可以在物理环境中提供帮助的代理的潜力感到兴奋。”同时，Gemini 2.0的机器人代理也可以帮助人形机器人厂商训练自家人形机器人，成为一种低成本、实时训练的方案。

图 Gemini2.0空间理解：精准的物体识别与定位

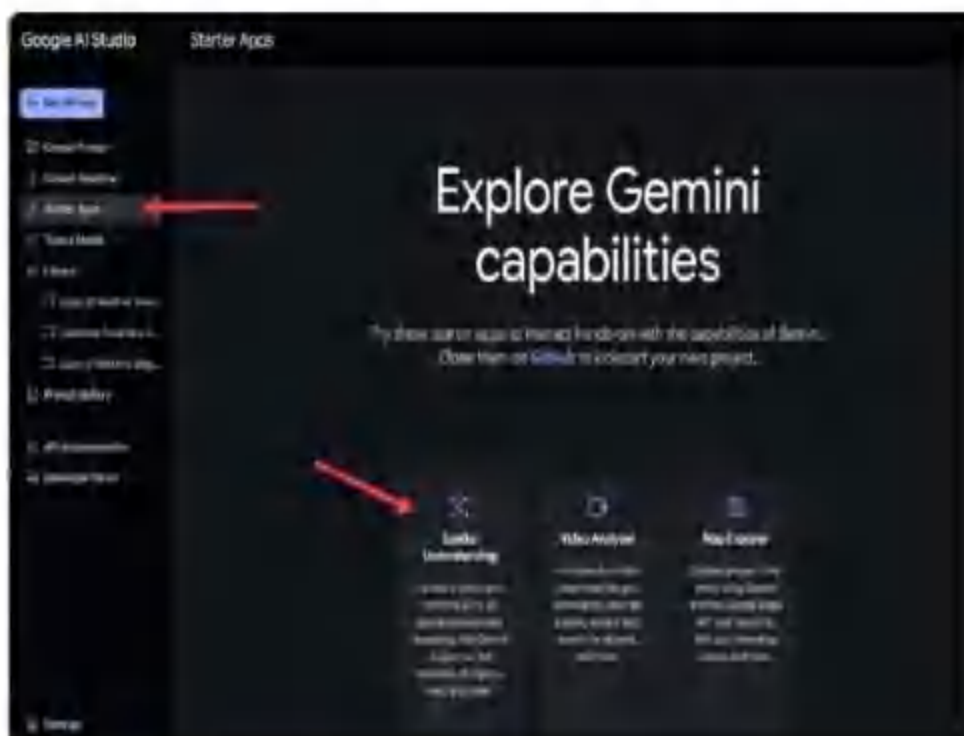


图 Gemini2.0性能大幅提升

Capability	Benchmark	Gemini 1.5 Flash 002	Gemini 1.5 Pro 002	Gemini 2.0 Flash Experimental
General	MMLU-Pro	67.3%	75.8%	76.4%
	Natural2Code	79.8%	88.4%	92.9%
Code	Big-5QL (SQL)	46.6%	64.4%	56.9%
	LiveCodeBench (Code Generation)	30.0%	34.3%	35.1%
Factuality	FACTS	82.9%	80.0%	83.6%
	Grounding			
Math	MATH	77.9%	86.5%	89.7%
	HiddenMath	47.2%	52.0%	63.0%
Reasoning	GPQA (diamond)	51.0%	59.1%	62.1%
Long context	MRCR (1M)	71.9%	82.6%	69.2%
	MMMU	62.3%	65.9%	70.7%

- ◆ 2024年12月20日，谷歌 DeepMind 宣布携手 Apptronik，针对动态现实环境的复杂作业挑战，共同研发下一代人形机器人。此次合作将结合谷歌的尖端 AI 技术与 Apptronik 的成熟机器人硬件，进一步提升人形机器人的功能性和安全性。
- ◆ 同时，对于谷歌而言，意味着未来可以通过Apptronik的人形机器人载体（视觉、触觉、味觉、六维力矩等多种传感、以及双手）采集丰富的现实数据，以此增强其空间物理智能。

图 Apptronik的机器人Apollo



图 Apptronik简介

项目	内容
背景	Apptronik 由深度参与 NASA Valkyrie 机器人项目的团队成立，自 2016 年成立以来，已构建 13 个机器人
远程操作	开发了一种 VR 远程操作方法，用于其上半身人形机器人 Astra，支持混合自治，允许在必要时进行远程指导
模块化	具有高度模块化设计，能够根据任务需求进行不同配置，如安装在车轮上或更换传感器载荷
商业化	专注于最基本的任务：移动箱子、工业手提袋、垃圾箱和其他材料的搬运。目前已进入奔驰工厂，并与物流巨头GXO达成合作协议

- ◆ **Open AI曾涉足机器人, 因数据不足而解散。** 在成立之初, 其发展目标就包括制造通用机器人, 由联合创始人 Wojciech Zaremba 带队, 但后续研究只专注于机器人软件技术, 最终因缺乏训练数据, 于2021年解散团队。其研究成果有两个, 一是训练机械手破解魔方 (用英国灵巧手公司 Shadow 的机械手), 二是 Roboschool (机器人模拟器, 用于控制并训练机器人)。
- ◆ **2024年底开始组建机器人团队, 但总体招聘岗位较少。** 机器人硬件由2024年11月入职的前 Meta 增强现实眼镜项目负责人 Caitlin Kalinowski 负责; 机器人软件由 OpenAI 的计算主管 Christopher Berner 负责。25年1月, Caitlin 宣布 OpenAI 开放3个机器人相关岗位: 机器人系统集成电气工程师 (为机器人设计传感器套件)、机器人机械设计工程师 (负责机器人本体的硬件配置)、TMP 经理 (机器人技术项目经理)。
- ◆ **OpenAI 具备软件算法优势, 机器人之梦从未褪色。** 布局人形机器人具备强大的算法和大模型优势, 其视频生成模型 Sora 可用于数据仿真, 具备推理能力的语音生成模型 Voice Engine、AI 大语言模型 o3 可用于人机交互等。但 OpenAI 缺乏制造经验和供应链搭建, 自制本体步伐相对谨慎, 但坚定前进。

图 OpenAI 机器人模拟器 Roboschool



图 OpenAI 机械手单手解魔方, 成功率60%



公众号: 人形机器人洞察研究

- ◆ OpenAI 投资了机器人相关的 3 家公司, 挪威人形机器人企业 1X Technologics、美国人形机器人公司 Figure AI、研发人形机器人大脑的具身智能公司 Physical Intelligence, 并为其中 Figure AI 提供了模型方面的技术支持。
 - **1X:** 2023年OpenAI领投1X, 24年参与B轮融资。1X作为挪威机器人公司, 专注家庭场景。
 - **Figure AI:** 2024年在A1轮融资中投资500万美金, 并为Figure提供大模型, 识别语言和规划动作。
 - **Physical Intelligence:** 2024年OpenAI投资Physical Intelligence, 主要产品为 $\pi 0$ 模型, 可以控制不同形态的机器人, 相当于为人形机器人提供大脑。

图 OpenAI投资的三家人形机器人公司梳理

	1X	FigureAI	Physical Intelligence
类型	人形机器人本体	人形机器人本体	研发机器人大脑
融资时间	2023.3/2024.1	2024.2	2024.11
融资金额	2350万美元/1亿美金	6.75亿美元	4亿美元
产品	聚焦家庭场景的双足人形机器人NEO Beta	聚焦工业场景的双足人形机器人 Figure 02	$\pi 0$ 模型可以控制不同形态的机器人, 使其执行多样化的任务

OpenAI合作 2022年1X与OpenAI合作。但1X目前还未搭载高级语言大模型, 其更在意任务间的泛化能力。从数据采集来看, 1X也更倾向于真实场景采集。

接入OpenAI大模型GPT-4o, 来识别语言, 规划动作。之后再由其自有神经策略层执行动作(端对端)。同时用自己的身体控制模型来保持机器人的平衡。

创始人Karol Hausman在google深度参与RT系列的研发

PART3 美国机器人创业公司加速商业化场景落地

总结：美国机器人创业公司加速商业化场景落地

◆ **Figure AI > Agility > Appttronik > Sanctuary AI > Reflex Robotics**: Agility于24年6月步入商业化运营阶段，且自有工厂24年生产能力达数百台，后续将实现年产能1万台；Figure AI于25年初开始永久入驻宝马，目前在建设生产设施；Appttronik预计将在25年底之前从试点项目转向商业发布。

图 美国机器人创业公司布局

	Figure AI	Agility Robotics	Appttronik	Sanctuary AI	Reflex Robotics	Serve Robotics
人形进展	★★★★	★★★★	★★★	★★★	★★	非人形
创始团队背景	创始人Brett Adcock曾创立了在线人才市场公司 Vetterly (2018 年被以 1.1 亿美元收购)。电动航空航天公司 Archer Aviation (打造全电动垂直起降飞机，已于纽交所上市)，擅长拉投融资和人才	创始人Damion Shelton和Jonathan Hurst都毕业于卡内基梅隆大学机器人专业；Jonathan Hurst担任俄勒冈州立大学教授期间，带领实验室研究双足机器人	2016年从德克萨斯大学奥斯汀分校的Human Centered Robotics Lab分拆出来；实验室期间被选中为NASA人形机器人 Valkyrie 工作	创始人Geordie Rose曾创办了世界上第一家量子计算公司D-Wave，也是明星机器人公司Kindred的前首席执行官	由麻省理工学院校友创立，团队成员曾在波士顿动力公司和特斯拉公司工作	最初是Postmates的机器人部门，成立于2017年，其自动人行送机器人2018年开始为Postmates客户送货
投资人	亚马逊创始人贝索斯、英伟达、OpenAI、微软、英特尔、LG Innotek、三星等	DCVC、Playground Global、Sony Innovation Fund、亚马逊产业创新基金、舍弗勒等	Ethos Family Office、Scrum Ventures、Capital Factory等	日本埃森哲、BDC Capital InBC基金、加拿大政府战略创新基金等	Khosla Ventures、Dropbox、Cruise等	Uber (14%)、英伟达 (10%)、风投公司 Wavemaker Partners等
最新融资估值	26亿美元	10亿美元	2.5亿美元	2.39亿美元	-	市值8.9亿美元
产品	Figure 01, Figure 02 (24年8月发布)	Digit机器人 (24年10月发布第四代)	Apollo机器人 (23年9月发布)	Phoenix机器人 (24年12月发布第八代)	Reflex 机器人	Postmates X Gen3
产品特点	16自由度灵巧手，可承重25公斤；AI融合较好，能够与人类进行对话，可通过摄像头完成视觉推理	腿部为反关节“鸵鸟腿”设计；手部采用电动夹爪；续航提升至8小时	能够举起高达25公斤的重量	第八代放弃双足改为轮式底座；灵巧手由液压驱动，具备21个自由度	采取了高效的轮式基座与上下自如移动的链区结构；需要人类操作员远程操控	人行道送货机器人，背靠英伟达全套AI系统
应用场景	从仓储到零售都可以应用	仓储物流	优先用于仓库、工厂	工厂	自动化制造、物流	外卖配送
商业化进度	1) 宝马：24年1月开始合作，Figure 02 25年初开始永久入驻宝马 2) 亚马逊 (推测)：25年1月31日签约了第二个商业化客户，宝马或者新客户将在4年内带来10万台机器人部署的潜力。	1) 亚马逊：23年10月开始测试，24年1月开始正式工作 2) GXO：23年末开始合作，24年6月签订了多年战略合作协议，步入商业化运营阶段 3) 舍弗勒：24年11月达成协议，将购买Digit以供全球工厂使用	1) GXO：24年6月建立战略合作，试点中 2) 奔驰：24年3月进入奔驰生产线 3) 预计将在2025年底之前准备好从试点项目转向商业发布	1) 加拿大轮胎公司 (CTC)：23年3月官宣合作 2) 麦格纳国际公司：24年4月建立战略合作，计划为汽车零部件工厂配备机器人	24年9月，GXO宣布已达成合作，将Reflex Robot作为机器人即服务 (RaaS) 的一部分，已在其车间试点	2022年开始已为Uber Eats和7-Eleven等完成了数万次送货，在洛杉矶部署了100台；与Uber Eats签署了合同，2025年底前计划部署2000台送货机器人
量产进度	目前在建设生产设施，Figure 03推出后将实现大规模量产	RoboFab工厂24年生产能力达数百台，未来几年将实现年产能1万台	-	计划让战略合作伙伴麦格纳根据合同批量化生产Phoenix，原计划尽快部署第一批1000台机器人，现可能受创始人离职影响	计划25年在全球范围内部署数百台机器人	24年10月第一批机器人下线，25年完成2000台部署

- ◆ Figure AI于2022年末创立，总部位于加利福尼亚，目标开发能够在不同环境中工作并处理各种任务的通用型人形机器人，从仓储到零售都可以应用。**创始人Brett Adcock两度创业成功，擅长拉拢资金和人才**：曾创立了在线人才市场公司 Vetterly（2018年被以1.1亿美元收购）、电动航空航天公司 Archer Aviation（打造全电动垂直起降飞机，已于纽交所上市）。**2023年3月发布人形机器人Figure 01，2024年8月发布Figure 02。**
- ◆ **公司获得英伟达、OpenAI和微软等科技巨头投资。**Figure的创始人亲自投入了 2000 万美元；2023年5月获得由Parkway Venture Capital领投的7000万美元的首轮外部融资；7月又获得英特尔900万美元股权投资。24年2月，Figure从亚马逊创始人贝索斯、英伟达、OpenAI和微软等科技巨头处筹集了约6.75亿美元资金，公司估值因此跃升至26亿美元。在这些巨头的加持下，Figure颇受业内关注，其产品技术也进展迅速。

图 Figure 01和Figure 02

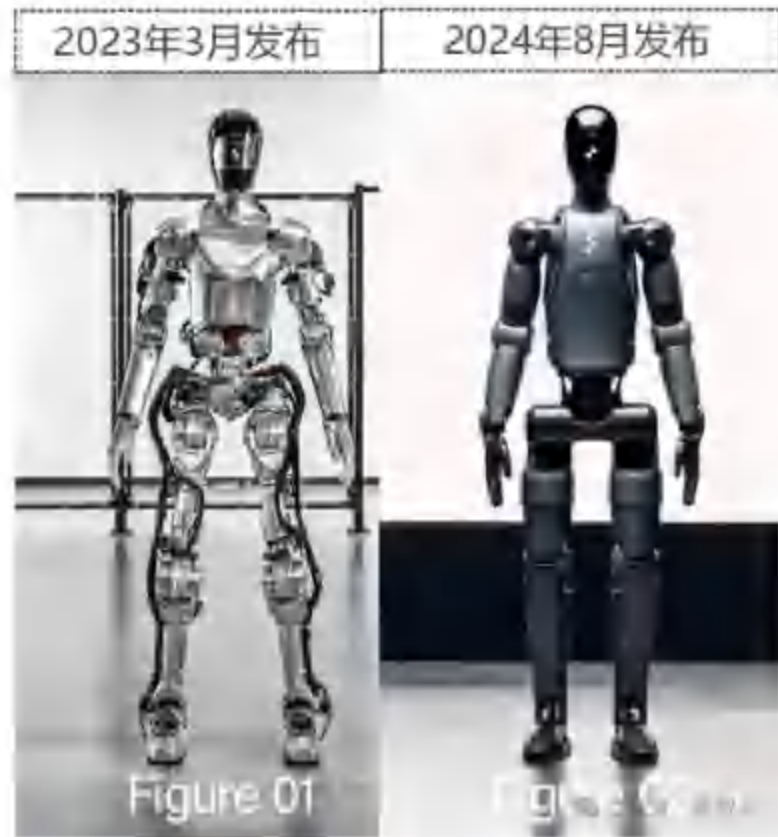


图 Figure AI融资情况

时间	融资轮次	融资金额	主要投资方
2023年4月	A轮	7000万美元	Parkway Venture Capital、Aliya Capital、Bold Ventures、Tamarack Global、FJ Labs和库卡机器人前CEO Till Reuter
2023年7月	股权融资	900万美元	Intel Capital
2024年2月	B轮	6.75亿美元	微软、英伟达、OpenAI Startup Fund、贝索斯、英特尔资本、Samsung Ventures等
合计		7.5亿美元	

- ◆ 相比于Figure 01，Figure 02的硬件能力以及与AI的融合程度显著提升。外观方面，没有任何电线或电子设备裸露在外，使得整体外观更加可靠和美观。硬件方面，第四代灵巧双手拥有16个自由度，可抓取25公斤物体；电池容量较前代产品增加了50%，一次充电可运行5小时；大幅增加了CPU和GPU的数量，板载计算和AI推理能力相比上一代提高3倍。AI融合方面，用上了OpenAI最先进的定制AI模型，通过语音进行推理，能够与人类进行对话；与初代类似，拥有一个机载的视觉模型（VLM），可通过摄像头，完成视觉推理。
- ◆ 人工智能方面，公司得到OpenAI、微软、英伟达大力支持，25年2月宣布终止与OpenAI合作，自主研发实现突破。B轮融资是由微软和OpenAI主要领导的。OpenAI帮助Figure建立模型，但25年2月4日创始人宣布Figure终止与OpenAI的合作，表示在完全自主研发端到端机器人AI方面取得重大突破。微软帮助Figure进行训练，已经给了尽可能多的H100算力，目前为止不受计算限制。英伟达则在GPU硬件和其他模拟工作上给予了大力支持。

图 Figure02升级点

Figure02升级点	具体内容
摄像头	6个高性能摄像头+AI驱动的视觉系统感知
电池	2.25KWh电池，续航提升50%以上
CPU/GPU	板载计算和AI推理能力相比上一代提高3倍
灵巧手	第四代灵巧双手，可承重25公斤，具备16个自由度
外观	线路整合优化更美观可靠
强度	采用外骨骼结构，提升结构刚度
语音到语音	通过内置麦克风和扬声器连接自定义AI模型，能够与人类进行对话

图 Figure02基础参数

基础参数	数值
身高	167.64厘米 (5英尺6英寸)
体重	70千克
载重能力	最多20千克
移动速度	每秒1.2米
续航时间	5小时

- ◆ **客户方面**，Figure 02在宝马工厂测试结果很成功，25年初开始永久入驻宝马，并于25年1月底签约了第二个商业化客户。24年1月，Figure宣布与宝马签署合作协议，开始在南卡罗来纳州斯帕坦堡工厂部署Figure 01机器人。24年8月，Figure 02也被引入宝马汽车生产线进行测试；11月公司透露Figure 02在生产线上的性能得到了显著提升，机器人组成自主舰队，依托端到端技术，速度提高了400%，执行任务成功率提升了七倍；创始人表示Figure 02机器人将于25年1月份永久入驻宝马工厂。1月31日，Figure签约了第二个商业化客户，是美国最大的公司之一（推测亚马逊），并且宝马或新客户将在4年内带来10万台机器人部署的潜力。
- ◆ **量产方面**，公司规划最终自主制造所有部件，目前在建设生产设施，Figure 03推出后将实现大规模量产。创始人表示，从长远来看，机器人上的几乎所有东西最终都可能由Figure公司制造，短期由第三方制造某些部件，但由公司来组装、测试、验证；公司目前正在建造自己的生产设施，并组建了一支制造团队，专注于大规模生产，并且将在2025年初迁入公司新的生产基地。同时表示，Figure 01和Figure 02都不是为了大规模生产而设计，Figure 03时将实现大规模量产；未来随着产量的增加，机器人成本可以降到每台设备低于2万美元，甚至更加便宜。

图 与宝马的合作进度

时间	事件
2024年1月	Figure AI与宝马签署合作协议，计划将Figure 01人形机器人引入宝马位于南卡罗来纳州斯帕坦堡的制造工厂
2024年2月	发布Figure 01在宝马车间“实训”视频，展示了Figure 01自主完成搬起并转移物体动作
2024年6月	第一小批Figure 01送往宝马工厂
2024年7月	更新Figure 01宝马车间工作视频，展示了放置金属板、目标检测和自我纠正等能力
2024年8月	Figure 02在宝马工厂测试，执行部件放置任务
2024年11月19日	Figure 02在宝马生产线上的速度提升400%，执行任务成功率提升七倍
2024年12月13日	Figure 02开始发货给商业客户
2024年12月20日	Figure AI正式成为一家创收公司
2025年1月	Figure 02永久入驻宝马工厂

- ◆ **2019年推出双足机器人Digit，由户外无人配送转向仓储物流领域，现任CEO注重商业化落地。** Agility Robotics成立于2015年，是从俄勒冈州立大学拆分出来的机器人公司。自2016推出全尺寸人形机器人后，开始踏上人形机器人商业化探索之路。Digit初期的业务探索主要聚焦在户外无人配送领域，尝试“最后一公里配送”的实施方案。在未获得良好市场反馈后，公司对Digit进行了升级迭代，将目标转向仓储物流领域，专注于物料搬运任务。现任CEO Peggy Johnson的管理风格专注于产品市场化和实际应用，她强调Digit现在就能为客户提供投资回报，并且公司专注于几个Digit能够提供价值的用例，而不是试图解决所有问题。
- ◆ **截至24年底总融资金额超3.3亿美元。** 24年10月，Agility完成了由 DCVC 领投的融资，金额达到1.5亿美元，估值达到10亿美元，跻身独角兽行列。2024年11月，德国老牌汽车零部件供应商舍弗勒宣布，已对Agility进行股权投资。

图 Agility布局机器人历程

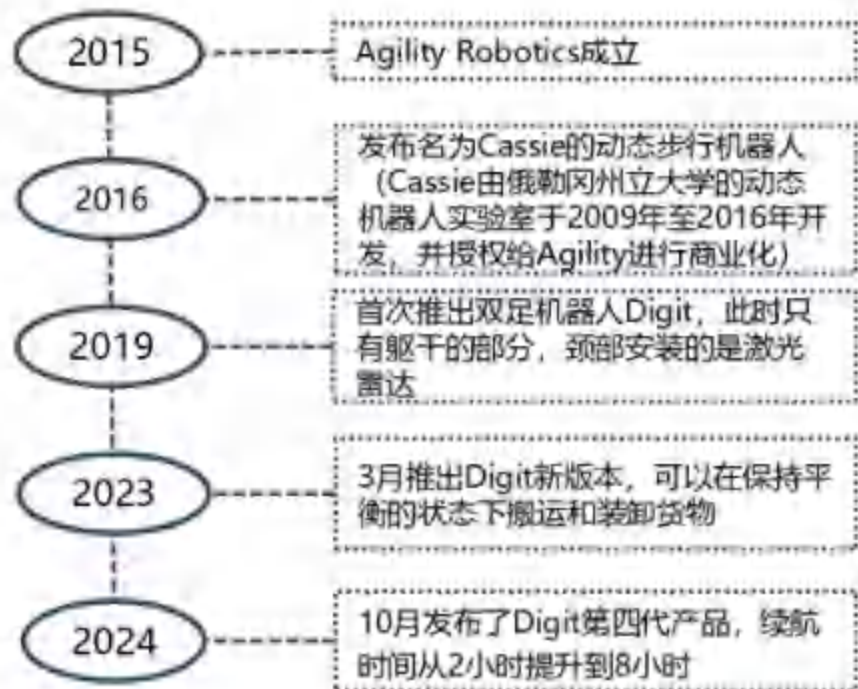


图 Agility融资情况

时间	融资轮次	融资金额	领投方	跟投方
2016年10月	种子轮	79.2万美元	The Robotics Hub	无
2018年3月	A轮	800万美元	Playground Global	Sony Innovation Fund, The Robotics Hub, Coal Hill Ventures
2020年10月	B轮	2000万美元	DCVC, Playground Global	Sony Innovation Fund, Safar Partners, TDK Ventures等
2022年4月	B+轮	1.5亿美元	DCVC, Playground Global	Sony Innovation Fund, Safar Partners, 亚马逊产业创新基金等
2024年10月	C轮	1.5亿美元	DCVC	暂未披露

- ◆ **Agility在24年10月发布了Digit第四代产品, 续航时间从2小时提升到8小时。但外形结构与之前没有区别: 腿部依然是经典的反关节“鸵鸟腿”设计, 手部还是采用电动夹爪; 机器人的正面、侧面与背面都安装有摄像头与激光雷达。目前绝大部分人形企业都采取拟人的腿部设计方案, Agility可能是唯一一家采用“鸵鸟腿”方案的头部企业, 但Digit的稳定度和速度表现看起来非常优异, 能够自如地执行倒退和下蹲的动作。在许多人形机器人企业的落地展示中, 人形机器人往往是用纯视觉方案, 并且在人机协作的环境下运行; 而Agility采取二维码辅助Digit定位, 并且是在人机隔离的环境下工作。**
- ◆ **量产方面, RoboFab工厂24年生产能力达数百台, 将扩大至年产1万台。24年10月, Agility Robotics宣布其全球首家人形机器人工厂“RoboFab”正式投产。该工厂已开设第一条生产线, 配备了组装机器人各部位的工作站、测试区域、“机器人医院”等, 首年生产能力已达数百台, 预计未来几年将实现年产能1万台的目标。**

图 Digit机器人参数

参数	数值
高度	1.75米 (5'9")
重量	<65千克 (143磅)
负载能力	最大15.9千克 (35磅)
续航时间	8小时 (相比上一代从2小时大幅提升)
手部特征	电动夹爪
腿部特征	鸵鸟腿, 六自由度腿部、两自由度脚部

图 Digit机器人



- ◆ **与亚马逊、GXO、舍弗勒等达成合作, 24年6月已在GXO仓库投入商业化运营。** 23年10月开始Digit在亚马逊进行测试, 至24年1月展现出卓越的工作能力, 工作效率已达到人类速度的75%, 且任务完成成功率高达97%, 开始正式工作。23年年末, Agility与全球最大物流供应商GXO携手合作, 在SPANX物流仓试运营Digit机器人; 经过半年的试运营后, 双方于24年6月签订了多年战略合作协议, 正式在GXO的物流运营中部署Digit, 步入商业化运营阶段; 8月Digit在GXO成功完成了1万个订单的履约里程碑。24年11月, Agility宣布与舍弗勒集团达成协议, 舍弗勒将购买Digit以供全球工厂网络使用。
- ◆ **提供租赁模式, 随着产量增加, 运营成本将降至每小时2至3美元。** 据Agility称, 与他们的合作方式分为“机器人即服务 (RaaS)”模式与整机购买两种。23年12月Agility首席执行官表示, 根据其价格和使用寿命, Digit目前的运营成本约为每小时10至12美元, 但该公司预计, 随着产量的增加, 成本将降至每小时2至3美元 (加上软件管理费用), 大大低于原来的人力成本。

图 Digit机器人商业化应用

合作客户	时间	具体进展
福特	2019年	达成合作意向, 以开发一种结合了福特的自动驾驶汽车技术和Agility的双足机器人Digit的最后一英里物流解决方案, 使Digit可自主实现从汽车上装载和卸载货运箱子并完成配送
	2020年	接收了第一批下线的两台Digit机器人
亚马逊	2023年10月	开始在亚马逊位于西雅图的仓库中进行测试, 负责回收亚马逊标志性的黄色箱子, 还能下蹲完成堆放物品和简单的任务
	2024年1月	“实习”结束, 其工作效率也已经达到了人类速度的75%, 并且拥有高达97%的任务完成成功率; 开始正式工作
GXO	2023年12月	在佐治亚州 Flowery Branch的SPANX工厂进行物流任务测试, 功能是分拣货物、从AMR上移动周转箱并将其放置到传送带上
	2024年6月	宣布签署了一份多年期协议, 决定在GXO的物流运营中全面部署Digit, 6月5日就已经正式在仓库中投入商业化运营, 这也是“人形机器人历史上首次投入商业化运作”。
	2024年8月	Digit已经在GXO仓库完成了10000个订单的搬运
舍弗勒	2024年11月	签署了一项协议, 计划购买Digit以供整个舍弗勒全球工厂网络使用, 舍弗勒集团COO称, 他们将于2030年前在全球100家工厂中全面部署人形机器人。

- ◆ **团队实验室期间与NASA合作设计机器人，是人形机器人Apollo前身。**2016年，Apptronik从德克萨斯大学奥斯汀分校的Human Centered Robotics Lab分拆出来；在实验室期间，该团队被选中在2012年至2013年的DARPA机器人挑战赛期间为NASA人形机器人Valkyrie工作。Apptronik的首席技术官兼联合创始人Nick Paine是NASA-JSC Valkyrie DRC团队的成员，Apptronik第一份合同是为NASA开发下一代驱动和控制系统。2023年9月，Apptronik推出最新的人形机器人Apollo。Apollo的前身是Apptronik与NASA合作设计的机器人Valkyrie，Valkyrie此前已经进入商业化赛道，并一直从事澳大利亚海上能源设施的远程看守工作。
- ◆ Apptronik于24年4月份筹集了一笔此前未披露的3700万美元，**总融资额达到6500万美元，估值约为2.5亿美元。**目前该公司正在筹集超过1亿美元的资金，福布斯预计其估值将至少达到10亿美元。

图 Apptronik发展历程



图 Apollo机器人



- ◆ **Apollo具有高承载能力，优先用于仓库、工厂。** Apollo身高5.67英尺（173厘米），体重160磅（73公斤）；每个可更换电池组运行约四个小时，它能够举起高达55磅（25公斤）的重量，比Figure的01和特斯拉的Optimus机器人都要结实，后者声称最大有效载荷为45磅（20公斤）。Apollo被设计优先用于替代仓库、工厂等场所中的简单辅助工作，最终将扩展到建筑、油气、电子产品制造、零售、家庭送货、老年护理等领域。
- ◆ **和奔驰、GXO建立合作，预计25年底之前实现商业发布。** 2024年3月16日，Apptronik宣布与梅赛德斯·奔驰已达成一项商业协议，人形机器人Apollo正式进入奔驰生产线；奔驰正在探索一些用例，比如让Apollo将自己检查过的零部件交付给流水线上的工人，将来可能还会被用于搬运装有成套零部件的运送箱。2024年6月，与全球最大物流供应商GXO建立战略合作，人形机器人Apollo后续将进入仓库完成部分工作。Apptronik正在与大约60个潜在客户进行谈判，创始人预计将在2025年底之前准备好从试点项目转向商业发布。
- ◆ **人工智能方面联手Google DeepMind，加速Apollo进化。** 24年12月，Apptronik宣布与Google DeepMind 机器人团队合作，可借助Gemini 2.0 加速训练Apollo人形机器人。

图 Apollo机器人参数

参数	数值
身高	5.67英尺 (173厘米)
体重	160磅 (73公斤)
有效载荷	55磅 (25公斤)
运行时间	每个可更换电池组运行约四个小时
标准设计	是模块化的，可以安装在任何移动平台上，用固定的或完全移动的腿
互动	头部、口部和胸部的LED屏来交流状态

图 Apollo机器人商业化应用

应用领域	具体合作案例
物流	2024年6月，与全球最大的纯合同物流提供商GXO建立战略合作，人形机器人将用于GXO仓库中繁重、重复、无需动脑的任务；24年12月在知名第三方物流公司Amplifier帮助其完成假日季激增的订单
制造业	2024年3月16日，Apptronik 宣布与梅赛德斯·奔驰已达成一项商业协议，人形机器人Apollo正式进入奔驰生产线；Apptronik表示奔驰正在探索一些用例，比如让Apollo 将自己检查过的零部件交付给流水线上的工人，将来可能还会被用于搬运装有成套零部件的运送箱

- ◆ **2024年11月创始人离职。** Sanctuary AI是成立于2018年的加拿大公司，目前已推出第八代人形机器人 Phoenix。创始人Geordie Rose曾创办了世界上第一家量子计算公司D-Wave，也是明星机器人公司Kindred的核心员工。然而，在2024年11月，公司团队架构发生了较大变动，包括Geordie Rose在内的近30人离职（疑似理念不同，Geordie更重视具身智能软件方面的研发，而董事会更看重商业化落地）。
- ◆ **原计划尽快部署第一批1000台机器人，现可能受创始人离职影响。** Sanctuary AI已与加拿大轮胎公司 (CTC)、麦格纳国际公司建立合作关系，后续计划让战略合作伙伴麦格纳根据合同批量化生产Phoenix。2024年7月，公司创始人表示，Sanctuary AI将很快部署第一批1000台人形机器人。目前，创始人离职是否会对批量化生产与部署计划产生影响尚不得而知。
- ◆ **公司目前总融资金额超过1.4亿美元。** Sanctuary在2022年3月的A轮融资中筹集了5560万美元，随后于2022年11月从加拿大政府战略创新基金筹集了3000万加元，2024年4月获埃森哲的战略投资。2024年7月，完成新一轮融资，资金来源于风险资本投资者 BDC Capital 和不列颠哥伦比亚省的 InBC基金，估值2.4亿美元。

图 人形机器人Phoenix各代际推出时间

代际	推出时间
第五代	2023年1月
第六代	2023年12月
第七代	2024年4月
第八代	2024年12月

图 Phoenix商业化应用

合作客户	具体进展
加拿大轮胎公司 (CTC)	2023年3月，Sanctuary AI官宣与CTC合作，并在CTC完成了首个通用人工形机器人商业部署
麦格纳国际公司	2024年4月，Sanctuary AI 宣布与麦格纳国际公司建立战略合作伙伴关系。通过扩大合作，Sanctuary计划为麦格纳的汽车零部件工厂配备通用人工智能机器人；还计划让麦格纳在未来根据合同生产 Phoenix 机器人。

- ◆ **第八代Phoenix放弃双足改为轮式。**2024年12月, 人形机器人Phoenix更新到第八代, 距离推出第七代仅8个月, 由第七代的双足改为轮式底座, 主要是认为双腿太脆弱, 无法支撑强壮的躯干。
- ◆ **灵巧手由液压驱动, 灵敏度走在行业前列。**灵巧手具备21个自由度, 开辟了广泛的工业精细操作任务。Sanctuary制造灵巧手的方法是通过其独特的小型化液压阀实现的。这种液压驱动方法提供了比电缆和机电系统高一个数量级的功率密度, 在速度、强度、可控性、循环寿命、抗冲击性和热管理方面提供了较高能力。
- ◆ **人工智能方面与微软、英伟达建立合作关系。**Phoenix搭载自研的Carbon人工智能系统。2024年5月, 与Microsoft建立合作关系, 此次合作将在实现“大型行为模型”(LBM) 方面发挥作用, 该模型通过使系统能够理解和学习现实世界的经验, 将AI置于物理世界中。此外, Sanctuary AI也与英伟达建立合作关系。

图 第七代 (左) 和第八代 (右) Phoenix



图 新的灵巧手技术



- ◆ Reflex Robotics于2022年美国纽约成立, 目前累计完成700万美元融资(由Khosla Ventures领投, Dropbox和Cruise的联合创始人跟投), 新一轮融资推进中; 目前团队规模仅十人, 由麻省理工学院校友创立, 团队成员曾在波士顿动力公司和特斯拉公司工作。
- ◆ **轮式机器人Reflex在GXO进行试点部署, 与Digit和Apollo分工协作。**2024年8月, 物流供应商GXO发布一段人形机器人在其Spanx工厂工作视频, 其中新增轮式仿生机器人Reflex已在其车间试点。Reflex依托自身轮式快速移动、上下自如移动的躯干结构、手臂灵活优势, 负责在货架间货物挑拣和运输等, 应用场景更加广泛。24年9月, GXO宣布已与Reflex Robotics达成合作, 将Reflex Robot作为机器人即服务(RaaS)的一部分。
- ◆ **Reflex机器人非自主运行, 而是人类操作员远程操控。**目前人与轮式机器人Reflex的比例是1:1, 联合创始人兼首席执行官表示, 25年初在仓储和第三方物流公司中将实现1:2的比例; 公司依托强大的远程操控系统, Reflex可由人类操作员在最远4828公里的地方进行远程控制。
- ◆ **公司计划25年在全球范围内部署数百台机器人, 目前的售价低于5万美元。**

图 Reflex 机器人在 GXO 工作



图 Reflex 机器人主要特点

参数/特点	描述
外观设计	轮式底座, 动态“躯干”安装在底座上, 使手臂和传感器可以上下移动
操作能力	能够从货架上抓取物品, 存取不同高度的货架, 适应狭小空间
应用场景	适用于仓库和物流行业, 如货物搬运、货架拣选、产品包装等
部署时间	部署后60分钟内达到操作能力
操作方式	主要通过远程操作, 未来将逐步实现更高的自主性
人机比例	当前为1:1, 计划在2025年初提升至1:2
远程控制距离	操作员可在最远4828公里操作
价格	目前售价低于5万美元, 预计随着生产规模扩大, 价格将进一步降低

PART4 欧洲及其他：1X和Neura为首引领发展

总结：1X和Neura Robotics商业化场景较快

- ◆ **1X>Neura Robotics>Mentee Robotics>Engineered Arts≈Pollen Robotics≈Andromeda Robotics**
：1X受OpenAI投资，两者深度合作，公司具有强大的AI基因，专注泛化操作模型的设计，推出NEO通用性人形机器人，可实现家庭场景应用；Neura Robotics使用英伟达模型，训练4NE-1人形机器人原型机，25年1月在手订单10亿欧；Mentee Robotics具有Mobileye和Facebook AI团队背景，预计25Q1推出可量产的原型机。

图 欧洲及其他机器人创业公司布局

	1X	Neura Robotics	Engineered Arts	Pollen Robotics	Andromeda Robotics	Mentee Robotics
人形进展	★★★★	★★★	★	★	★	★★
国家	挪威	德国	英国	法国	澳大利亚	以色列
团队	Google等互联网大厂	德国人工智能研究中心等	-	前Inria的Flowers团队	-	Mobileye CEO及前Facebook AI研究总监
股东	OpenAI	沃尔沃、台达电子	-	-	-	-
产品	EVE、NEO	4NE-1	Ameca, RoboThespian	Reachy	Abi	MenteeBot
产品特点	专注结合大模型软件和机器人硬件，实现具有一定泛化的操作能力的模型设计	使用英伟达模型及计算平台	正在测试OpenAI最新的AI模型GPT-4	-	-	在生成式AI和计算机视觉方面有深厚积累，自主研发了所有AI模型
应用场景	家庭、物流、零售	制造业	展览、科学中心	研究、教育	老年陪伴	工业、家庭
商业化进度	-	在手订单10亿欧	交互类机器人已量产交付	已部署100多台	-	预计25Q1推出可量产的原型机
估值/融资	合计融资1.3亿美元	B轮融资1.2亿美元	融资0.1亿美元	种子轮240万欧元	种子轮300万美元	融资0.17亿美元

公众号·人形机器人洞察研究

- ◆ 1X Technologies 2014年成立, 是一家挪威机器人公司, 专注于开发人形机器人; 创始人及CEO为Bernt Øyvind Børnich, 为奥斯陆大学的机器人学学士, 公司团队普遍来自Google Brain、Deepmind等知名机构, 具有强大的AI人才储备, 人工智能副总裁Eric Jang毕业于布朗大学计算机专业, 毕业后在Google X工作了6年, 担任机器人高级研究科学家, 22年加入1X。
- ◆ 公司获得OpenAI等科技巨头投资。2023年1X获得由OpenAI创业基金领投的2350万美元融资, 成为了 OpenAI 投资的第一家硬件公司, B轮2024年年初完成, 融资1亿美金, 由瑞典风投公司EQT领投。
- ◆ 团队定位挪威、美国双总部, 吸纳全球人才。公司19年将公司总部定位旧金山硅谷, 实现挪威、美国双总部模式, 24年1月公司收购了美国人形机器人初创团队Kind Humanoid, 由Google的Robotics Team的团队创立, 实现商业化共赢。

图 EVE (左) 和NEO (右)



图 1X融资情况

时间	融资轮次	融资金额	主要投资方
2023年4月	A轮	1300万美元	包括StrongPoint (挪威上市公司, 专注于智能零售系统)、ADT Security Services (美国上市公司)、Type One Ventures等
2023年3月	A2轮	2350万美元	OpenAI领投, 老虎环球基金以及挪威投资者组成的财团跟投
2024年1月	B轮	1亿美元	瑞典风投公司EQT Ventures领投, 三星电子旗下投资公司Samsung NEXT, Nistad集团等挪威风投公司跟投
合计		1.3亿美元	人形机器人洞察研究

- ◆ **人工智能方面，公司得到OpenAI大力支持，22年起深度合作，但尚未像FigureAI接入最新的Chatgpt4。** 2022年1X与OpenAI合作，将机器人技术与人工智能结合，为具身学习奠定基础。1X引入了语言和具身学习模型，使得机器人能够理解用户用自然语言提出的要求并执行任务，且1X的机器人EVE的部分功能由ChatGPT提供支持，NEO目前没有使用最新语言大模型，公司计划在构建了视觉到自然语言命令对的数据集之后，下一步就是利用 GPT-4o、VILA 和 Gemini Vision 等视觉语言模型来自动预测高级动作。
- ◆ **公司专注家庭场景，更重视真实数据的采集，而不完全依赖仿真，更重视任务间的泛化性。** 1X希望做成通用的机器人，是国际上少数真正专注于结合“大模型软件”和“机器人硬件”的公司。公司希望用基于ChatGPT的自然语言来直接控制机器人，并且也会积累并训练视觉、触觉数据，最终实现环境交互、通用控制。公司在尝试构建一个支持多任务泛化的机器人“基础模型”，实现任务能力的泛化，让单一机器人依靠单一模型去从事多种任务，机器人发出的每一个动作行为，都基于视觉神经网络端到端控制。Eric Jang给出的1X数据采集公式是“多样性>质量>数量>算法”，坚持只用遥操，还原到多样的生活场景中去采集数据，截至24年3月共收集了1400小时的训练数据，涉及7000种不同的独特动作。

图 1X实现通用性机器人技术路线



- ◆ **EVE：第一代轮式机器人，用于物流、零售和守卫。** 配备摄像头和传感器，可以感知周围环境并与之互动，采用了1X开发的Revo1驱动系统，打造最高效的负载重量比。EVE主要应用于物流、零售和守卫巡逻领域；当前EVE已经成功地进入了职场，在美国和欧洲部分地区投入商业化应用。
- ◆ **NEO：第二代人形机器人，定位家庭场景。** NEO完全按人类的外形和运动方式设计，高1.65米，重30公斤，拥有55个自由度（包括手），每小时行走速度4公里、每小时奔跑速度12公里，并且可以在硬拉或深蹲中举起75公斤的重量。1X已成功开发出无需使用齿轮即可实现约80%人类肌肉力密度的电机，NEO使用“高扭矩、小齿轮比、低动能”设计，实现家庭场景的轻量化、散热、安静及安全等要求，并且双足模式设计可以缩小机器人的运动足迹，改变机器人的重心，适配复杂的家用场景。
- ◆ **EVE已实现百台销售，NEO即将量产。** 2023年公司与ADT Commercial合作，将EVE机器人车队应用于夜间巡逻工作，已经销售了上百台。NEO为通用性人形机器人，主要定位家用市场，正尝试量产准备。

图 EVE基础参数

基础参数	数值
身高	186厘米
体重	86千克
载重能力	15千克
移动速度	14.4km/h
续航时间	6小时

图 NEO基础参数

基础参数	数值
身高	165厘米
体重	30千克
载重能力	举起75kg, 载重20kg
移动速度	3.35m/s
续航时间	2-4小时
自由度	手20, 合计55

- ◆ Neura Robotics成立于2019年，是一家专注于开发认知机器人和人形机器人的德国公司。核心团队来自弗劳恩霍夫协会（Fraunhofer-Gesellschaft）、德国人工智能研究中心、德国宇航中心、苏黎世联邦理工学院等，团队成员超过400人，聚集了来自25个国家的与地区的机器人和人工智能领域专家。该公司产品线包括LARA和MAiRA 协作机器人手臂、MAV自主移动机器人 (AMR)、MIPA移动机械手和4NE-1人形机器人，截至25年1月已获得10亿欧元订单。
- ◆ **公司2025年1月15日宣布获得1.2亿美元融资**，约合9.3亿元人民币，由意大利阿涅利家族旗下的投资机构Lingotto Investment Management领投，沃尔沃汽车科技基金、台达电子、BlueCrest资本管理公司等跟投。

图 4NE-1人形机器人样机



图 公司融资情况

时间	融资轮次	融资金额	主要投资方
早期	-	-	国内大族机器人投资，现在无股份关联
2025年1月	B轮	1.2亿美元	Lingotto Investment Management 领投，BlueCrest Capital Management、Volvo Cars Tech Fund、InterAlpen Partners、Vsquared Ventures、HV Capital、Delta Electronics、C4 Ventures、L-Bank、Reger 等参投。

公众号：人形机器人洞察研究

- ◆ **推出人形机器人4NE-1样机, 第三代机器人预计2026年发布。**4NE-1在2024年5月的美国AUTOMATE 2024大会上首次亮相, 目前已经可以与人类自然语音对话, 实时反馈, 以及增加了几个任务技能, 比如洗衣服、收衣服、浇花、调酒等, 展现了多任务处理和通用性的潜力, 其独特功能之一是其模块化可更换的前臂, 可以根据执行特定任务的需要进行更换, 并配备了3D视觉和力-扭矩传感器, 使其能够以高度适应性的方式感知和与环境互动。
- ◆ **大模型方面, 公司使用英伟达模型和计算平台开发及训练研究机器人。**Neura Robotics开发复杂的软件, 包括基于云的平台“Neuraverse”, Neuraverse 平台旨在通过认知机器人专用操作系统和机器人技能市场等元素加速认知机器人的创新。从2024年9月起, Neuraverse开始应用 NVIDIA Project GR00T 的基本模型及其相关升级。NVIDIA Jetson Thor 与 NEURA Robotics 的认知解决方案的结合提升了设备上的 AI 性能, 在边缘场景中提供了出色的效果。

图 4NE-1机器人参数

参数	数值
身高	180厘米
体重	80公斤
有效载荷	15公斤
速度	3km/h
自由度	25
模块化	前臂可更换, 允许针对特定任务进行定制

图 公司商业化进展

应用领域	具体合作案例
制造业	2024年4月, Neura Robotics与Omron Robotics and Safety Technologies Inc.合作将认知机器人引入制造业
合作	NEURA与川崎机器人(美国)公司合作开发CL系列协作机器人, 进一步推动制造业的自动化和智能化

- ◆ Engineered Arts成立于2004年, 是一家英国仿人机器人设计及制造商, 专注于机器人制造领域, 主要从事仿人机器人设计及制造业务。2024年12月18日, 公司融资1000万美元, 由Helium-3 Ventures、ThirtySeven Holdings、FIGUEIRA CAPITAL投资。
- ◆ **主打Ameca、RoboThespian两款人形机器人产品, 主要用于与人类交互。** Engineered Arts公司计划提升人形机器人的灵活性和行动能力, 使其更好地与人类互动。Engineered Arts总共开发了六款不同的人形机器人, 具备内置的声音和图像识别功能, 并能进行多语言对话, 公司正在测试OpenAI最新的AI模型GPT-4。其中Ameca为最先进的仿真真人形机器人, 用于开发和展示机器学习交互; RoboThespian是用于公共场合互动的人形机器人, 适用于展览、科学中心、剧院等多种场合。

图 Ameca机器人



图 RoboThespian机器人



图 公司商业化案例

具体合作案例

麦迪逊广场花园在拉斯维加斯的Sphere: Engineered Arts的人形机器人为该知名客户提供服务, 提供娱乐并推动客户参与度。

葛兰素史克 (GSK): 制药巨头使用 Engineered Arts的机器人与贸易活动中的与会者进行互动

- ◆ Pollen Robotics于2016年成立于法国，专注于开发人形机器人。创始人Matthieu Lapeyre博士和Pierre Rouanet博士都是前Inria的Flowers团队的发展机器人研究员，当前团队由29名专家组成，其中包括11名研发工程师。2023年获得种子轮融资，金额为240万欧元。
- ◆ **专注于开发模块化开源人形机器人解决方案，发布Reachy机器人产品，用于研究及教育。**公司2020年在CES上正式推出Reachy机器人，在全球20个国家部署100多台，用于研究中心、工业、医疗保健和零售等多个领域；此外Reachy 2将在2025年CES展首次亮相，为研究人员、医疗保健专业人员和行业领导者提供可扩展的、人工智能就绪的机器人解决方案。

图 Reachy机器人



图 Reachy机器人主要特点

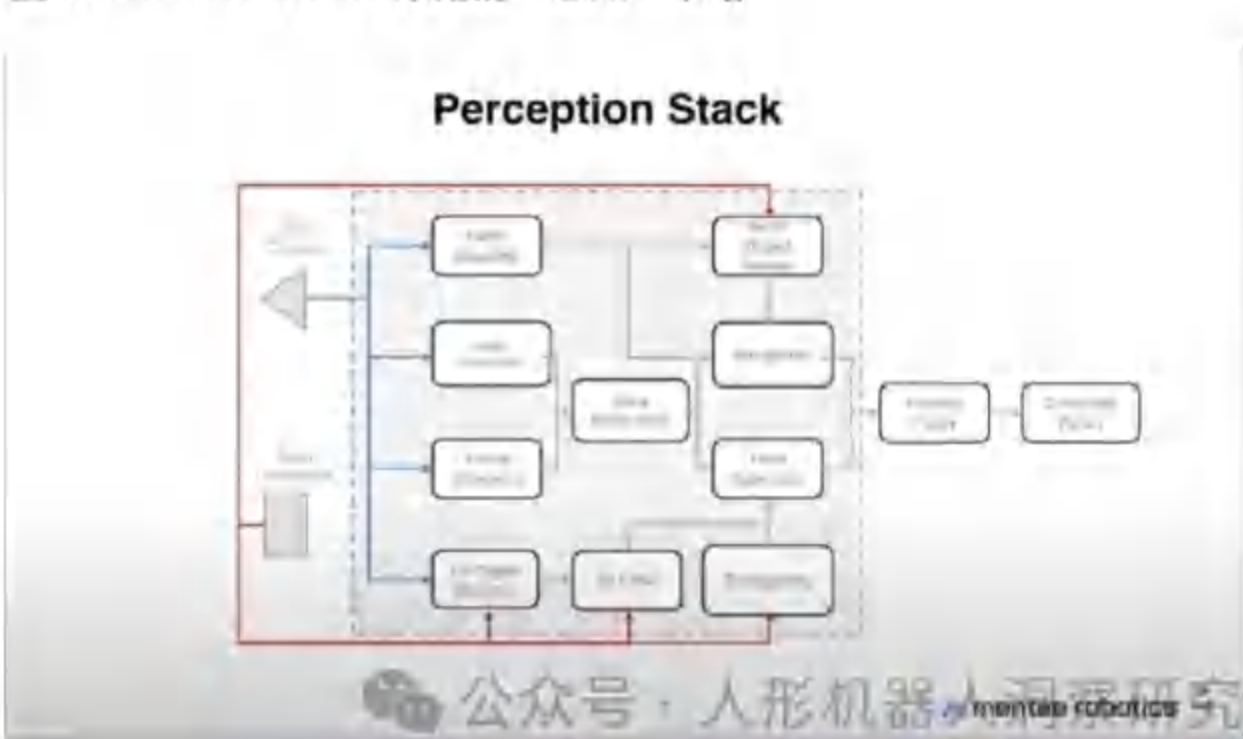
参数	数值
身高	95-130厘米
体重	25公斤
有效载荷	3公斤/臂
软件	基于ROS2的开源框架，支持Python SDK，提供OTA软件升级和直观的VR远程操作
传感器	包括2个RGB摄像头和ToF传感器，用于立体视觉和深度感知

- ◆ 2022年由Mobileye CEO Amnon Shashua、前Facebook AI研究总监Lior Wolf等大牛共同创立。Amnon Shashua不仅是耶路撒冷希伯来大学的计算机教授，还是全球最大高级驾驶辅助系统（ADAS）供应商Mobileye的创始人。公司已经完成了1700万美元融资，由Ahren Innovation Capital领投。
- ◆ 公司团队在生成式AI和计算机视觉方面有深厚积累，自主研发了所有AI模型，MenteeBot所有操作层都接入AI，具备强大沟通和运动能力。沟通方面，搭载了更加丰富的自然语言模型，可以与人类进行自然的交流。运动方面，首先，采用NeRF技术赋予机器人强大的3D视觉能力，能够精确感知周围环境，识别各种障碍物和目标；其次，配备了高效的路径规划和实时调整算法，使得它能够紧密跟随人类，既不会碰撞，也不会落后。
- ◆ MenteeBot目前仍处于原型阶段，公司计划在2025年Q1推出可量产的原型机。MenteeBot的产品线将分为两个版本：一个面向家庭用户，专注于家务操持；另一个则面向工业场景，如物流仓库。

图 MenteeBot机器人



图 Mentee Robotics采用的“感知”策略



- ◆ Andromeda Robotics是一家早期的澳大利亚初创公司，由Grace Brown创立，她从15岁开始就一直在制造机器人。目前公司已经成功完成了300万美元的种子轮融资。
- ◆ **专注设计和制造伴侣机器人，特别针对老年群体。**公司主要产品为陪伴类人型机器人Abi，是一个多才多艺的机器人，旨在帮助弱势群体，如老年人或残疾人，保持独立性、学习和社交。Abi目前已在墨尔本的两家老年护理机构工作，并正在寻求扩展到相邻的医疗部门。

图 Abi机器人工作场景



图 Abi机器人功能

通过陪伴改善健康和幸福



一对一的陪伴

Abi机器人可以陪伴老人和帮助他们完成日常任务，提供个性化的支持，帮助他们保持独立性和幸福感。



多语言友谊

Abi机器人可以支持多种语言，方便与不同语言背景的老人交流，帮助他们保持社交联系和幸福感。



小组活动

Abi机器人可以参与小组活动，如唱歌、跳舞、讲故事等，帮助老人保持社交联系和幸福感。

PART5 日韩：智能化有待提升，商业化尚早

总结：日韩机器人智能化尚早，重点仍为机械性能

◆ **波士顿动力>Rainbow Robotics>川崎重工>NAVER LABS≈Aldebaran Robotics**：波士顿动力进展最为领先，深度绑定股东现代汽车，预计25年底先在汽车产线上测试，Rainbow绑定三星，预计后续三星可实现AI大模型机应用场景的赋能；川崎重工已有相对成熟的人形机器人产品，NAVER及Aldebaran的产品仍相对初级。

图 日韩机器人创业公司布局

	波士顿动力	Rainbow Robotics	NAVER LABS	Aldebaran Robotics	川崎重工
人形进展	★★★★	★★★	★	★	★★
国家	韩国	韩国	韩国	日本	日本
团队	麻省理工	韩国科学技术院	NAVER	法国	-
股东	现代汽车	三星	NAVER	软银集团	川崎重工
产品	Atlas	HUBO2、RB-Y1	AMBIDEX	NAO6、Pepper	Kaleido
产品特点	具备更复杂的搬运能力，并探索几种新的夹持器变体	可以在各种工业场所进行重复和精确的工作	独特的轻量级设计和先进的力反馈机制，从而执行精细任务	-	可完全摆脱悬吊绳保护，行走更顺畅，能完成清理灾难现场、与人协作搬运
应用场景	工厂	研究平台、物料搬运	工厂、餐饮	教育、研究、酒店服务	物流、工厂、灾害现场清理
商业化进度	25年底前在现代汽车工厂开展测试，3-5年内商业化	24Q3起公开销售；与三星合作制造和物流自动化任务	在NAVER总部试点	教育、酒店服务等领域已量产交付	-
估值/融资	估值11亿美元	市值约40亿美金			

- ◆ 波士顿动力成立于1992年，总部位于美国马萨诸塞州沃尔瑟姆市，是一家专注于开发先进机器人技术的公司。创始人Marc Raibert，是麻省理工学院电气工程和计算机科学教授背景，CEO Robert Playter为麻省理工学院航空航天、航空和宇航工程博士，带领公司从研发型企业向商业化产品公司转型。
- ◆ **公司被现代汽车收购，当前有人形机器人Atlas产品。**公司1992年成立，最初为美国海军航空兵训练系统部开发交互式3D计算机模拟。2013年被谷歌收购，2017年被软银收购。2021年被现代汽车集团收购，持有80%股份，估值11亿美元。公司2005年推出四足机器人BigDog，2008年开发PETMAN机器人，2013年首次公开Atlas，后续16-24年陆续更新了Atlas的行走、跳跃、后空翻、跑酷等能力。

图 Atlas产品示意图



图 波士顿动力融资情况

时间	估值	股东/合作方
早期	-	通过政府合同和研究项目获得资金支持，与美国国防高级研究计划局（DARPA）的合作
2013年	30亿美金	Alphabet（谷歌母公司）收购
2017年	-	日本软银收购
2021年	11亿美元	现代汽车收购80%股份

- ◆ **24年发布最新电动版Atlas，功能全面升级。**公司24年宣布液压Atlas退役，并公布了下一步全电动Atlas机器人，电动版Atlas更强大，运动范围更广，上一代液压Atlas已经可以提升各种沉重的不规则物体，公司将继续在这些现有功能的基础上进行构建，并正在探索几种新的夹持器变体，以满足客户环境中各种预期的作业需求。
- ◆ **具备模型预测控制能力，与英伟达合作，使用模型和计算平台训练机器人：**Atlas使用机器人动力学模型来预测其运动将如何随时间演变并进行相应调整。Atlas的高级控制算法使机器人能够在考虑环境的同时规划复杂的全身运动，公司与英伟达合作，利用英伟达的AI和Omniverse技术，加速人形机器人的开发，包括使用英伟达的Isaac Sim进行模拟训练，以及使用英伟达的Jetson Thor等计算平台来运行模型。

图 电动版Atlas展现了更复杂的搬运能力



图 Atlas基础参数

基础参数	数值
身高	1.5米
体重	89千克
载重能力	11千克
移动速度	每秒2.5米
关节自由度	28个

- ◆ **客户方面，公司绑定现代汽车，预计25年底前率先应用于汽车产线，后续商业化时间点尚未明确。** 公司计划与包括现代汽车在内的多个客户紧密合作，利用现代汽车的下一代汽车制造能力作为新Atlas应用的测试平台，将在未来几年内测试和迭代Atlas应用；现代汽车计划在年底前在其汽车生产场所部署Atlas机器人进行预验证（PoC）测试，波士顿动力将与母公司现代汽车和选定合作伙伴测试全电动版本的Atlas机器人，将从现代汽车的工厂开始，目标应用包括汽车生产的许多部件移动，随着机器人灵活性的提高，应用范围也将逐渐扩大。

图 下游客户合作情况

时间	事件
2021年	被现代汽车收购
2024年	与丰田研究院达成战略合作，将利用丰田在LBM（大行为模型）的能力加速Atlas人工智能能力的发展
2025年年底	在现代汽车生产场所部署Atlas机器人进行预验证（PoC）测试

- ◆ Rainbow Robotics是韩国科学技术院（KAIST）人型机器人研究中心研发人员于2011年创立的公司。该团队曾开发出韩国第一台双足行走机器人“Hubo”，创始人吴俊浩博士是韩国科学技术院（KAIST）的名誉教授，公司工程师团队由来自韩国科学技术院的研究人员组成。
- ◆ **Rainbow在韩国上市，市值约40亿美金，24年底三星持股比例扩大到35%。** Rainbow Robotics 于2021年在韩国的科斯达克（KOSDAQ）上市，2023年1月Rainbow Robotics获得了来自三星集团的战略投资，金额为4600万美元。2024年12月三星通过注入2670亿韩元（约合1.815亿美元）成为Rainbow Robotics的最大股东，将其持股比例从14.7%扩大到35%。
- ◆ **公司正式销售人形机器人平台HUBO2与轮式RB-Y1。** HUBO2为韩国首个全尺寸人形机器人，已被世界顶级研究机构（如MIT、Google等）作为研究平台购买。RB-Y1可配置用于物料搬运、装配、检查和研究实验等应用，预售价格为80000美元（研究型）和120000美元（商业型，不含增值税），24年10月起开始交付。

图 HUBO2 (左) 与RB-Y1机器人 (右)



图 Rainbow融资情况

时间	融资	股东/合作方
2021年	-	IPO
2023年	0.46亿美金	三星注资，持股14.7%
2024年	1.8亿美金	三星注资，持股35%
合计	2.26亿美金	-

- ◆ **面向研究机构商业销售机器人研究平台，主打产品轮式机器人RB-Y1 24年底交付。**公司23Q1-3销售收入约0.5亿元，亏损0.2亿元，公司计划销售RB-Y1，其两只手臂都配备了7个自由度，可以在各种工业场所进行重复和精确的工作。运行速度可达1.5 m/s (5.4 km/h)，每次充电可运行三个小时。为了适应AI时代的发展趋势，Rainbow Robotics计划提供各种API和选项，方便AI开发人员将其用于研究。
- ◆ **三星赋能AI技术，预计将率先应用于制造和物流自动化任务。**三星计划将其在人工智能和软件技术方面的优势与Rainbow Robotics的机器人技术相结合，以加速智能高级人形机器人的开发。双方还将成立一个协同委员会，以加强在全球先进机器人业务中的领导地位。三星还计划利用Rainbow Robotics的协作机器人、双臂移动机械手和自主移动机器人来完成制造和物流自动化任务。

图 HUBO2基础参数

基础参数	数值
身高	1.2米
体重	43千克
执行器	每个关节执行器带谐波减速装置的BLDC和DC电机
传感器	6轴F/T传感器，脚踝带倾斜传感器；骨盆上的惯性传感器；手腕上的3轴F/T传感器；头部摄像头
关节自由度	38个

图 RB-Y1基础参数

基础参数	数值
身高	1.6米
体重	131千克
载重能力	3千克
移动速度	5.4km/h
关节自由度	24个

- ◆ NAVER LABS是NAVER公司（韩国最受欢迎的搜索引擎和门户网站之一）旗下的研究机构，专注于人工智能、机器人技术等领域的研究与开发。NAVER LABS与韩国科技教育大学(Koreatech)合作开发了AMBIDEX人形机器人，17年首次亮相。
- ◆ **AMBIDEX实现独特轻量级设计，AI大模型与NAVER互相协同。**NAVER LABS在人形机器人领域的研究重点包括机器人的灵活性、安全性以及与人类的交互能力。AMBIDEX的创新之处在于其独特的轻量级设计和先进的力反馈机制，使其能够以无与伦比的技巧执行精细任务。其紧凑的结构和高效的运动控制系统使其能够小心地处理物体，从易碎的玻璃器皿到复杂的工业工具。NAVER正在研发自己的AI大模型，预计后续在AMBIDEX使用。
- ◆ **AMBIDEX机器人已率先在NAVER总部星巴克应用，实现餐饮场景的落地。**NAVER LABS的人形机器人已经在NAVER的1784总部大楼和星巴克咖啡厅进行应用试验，展示了人工、机器人和人形机器人协作在餐饮场景的可落地示例。

图 AMBIDEX机器人在 星巴克 工作



图 AMBIDEX机器人主要特点

参数/特点	描述
重量	手臂重量仅为2.6公斤
驱动机制	独特的电缆驱动机制
自由度	14
精度	与工业机械手相媲美，能够执行如切甜土豆、打乒乓球和组装家具等复杂任务

- ◆ Aldebaran Robotics是一家专注于人形机器人的法国公司, 以其NAO和Pepper机器人而闻名, 创始人Bruno Maisonnier是一位法国机器人学家, 2005年与其他五人共同创立了Aldebaran Robotics, 当前团队150-200人; 软银集团2012年收购了Aldebaran Robotics, 推动了Pepper机器人的开发和商业化。
- ◆ **Aldebaran主打交互式服务机器人, 三款产品已量产。** NAO是一款广泛用于教育和研究领域的机器人, 以其灵活性和编程能力著称。2006年以来已有近13,000台NAO机器人在全球范围内使用, 尤其在研究和教育领域, NAO7预计26年发布。Pepper机器人是全球首款能够识别人类情感的个人机器人, 于2015年首次面向日本家庭推出, 注重与人类的互动, 适用于零售、旅游、健康护理和教育等多个领域。Plato是一款服务型机器人, 专为酒店业设计, 能够自主导航, 避开障碍物, 提供服务。

图 NAO6机器人 (左) Pepper机器人 (右)



图 NAO7机器人预计26年推出新功能情况

参数/特点	描述
手指	4个, 具有指向能力
头部	具有新传感器和功能
腿	胫骨新型TOF传感器
身体	躯干按钮, 包含触摸屏

- ◆ 川崎重工是一家日本跨国重工业公司，成立于1896年，总部位于日本兵库县神户市，拥有一支专业的研发团队，专注于工业机器人和人形机器人的开发，近年来，川崎重工在人形机器人领域取得了显著进展，推出了多款具有高度灵活性和智能的人形机器人。
- ◆ **人形机器人Kaleido开发至第八代，23年发布。**川崎重工的人形机器人Kaleido17年首次亮相，目前已经研发到第8代，该机器人全身有 32 个自由度。2019年做了电池内置，摆脱外接电缆，腿部安装平衡传感器，还添加视觉传感器。2022年第七代Kaleido运用“动态行为支持”技术，行走更接近人类，能完成上下台阶、走独木桥等动作。2023年第八代Kaleido可完全摆脱悬吊绳保护，行走更顺畅，能完成清理灾难现场、与人协作搬运等任务。
- ◆ **商业应用端，使用动作捕捉设备开发远程操作系统，收集工作数据。**公司正在使用市售的动作捕捉设备开发实时远程操作系统。展望Kaleido的商业化应用，可以实现日常任务自动执行，非常规任务由人类执行。此功能还可用于从实际机器人收集工作数据，为引入近年来备受关注的 AI 控制做准备。

图 Kaleido机器人第八代与人协作能力



图 Kaleido机器人第八代升级情况

参数/特点	描述
稳定性	实施了一项技术，可以实时纠正脚的着地位置，以便在即将失去平衡时保持平衡
传感器	肘部新安装了力传感器，重量轻、结构紧凑，可以直接检测施加在手腕以外的前臂上的力和力矩
头部	被新的球形监视器所取代，内部配备了投影仪，是一种可以投影视频和文本等各种图像的机构

PART6 供应链

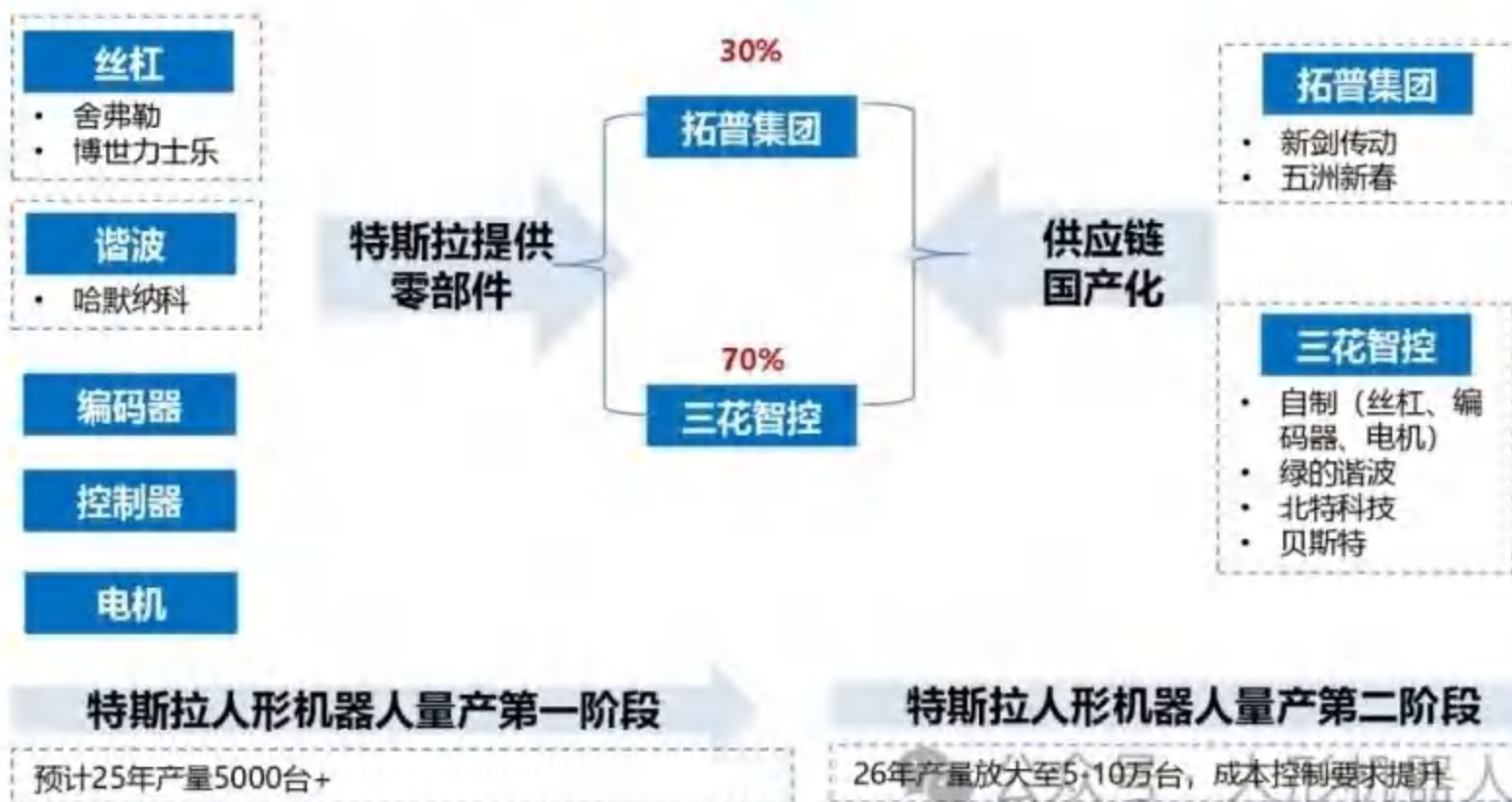
- ◆ 海外机器人也以特斯拉为首，多点开花，厂商主要集中于美国市场，欧洲有部分厂商加速商业化落地。
- ◆ 我们预计2025年为海外量产元年，销量突破1万台，其中特斯拉为0.5万台。27-28年TOC端突破，销量将爆发，预计28年海外销量突破134万台，其中特斯拉贡献100万台，到2035年海外机器人销量将突破1570万台，其中特斯拉1000万台。

图 海外人形机器人销量预期

海外	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2035E
人形机器人销量 (万台)	1.11	8	62	134	224	345	1,570
-同比		607%	690%	116%	67%	54%	30%
特斯拉	0.5	5	50	100	150	220	1,000
Figure AI	0.1	0.5	3	8	16	30	200
Agility	0.1	0.5	1	5	10	15	80
Apptronik	0.05	0.1	0.5	2	5	10	40
Sanctuary AI	0.05	0.2	1	3	8	15	50
波士顿动力	0.01	0.05	0.5	1	5	10	30
1X	0.1	0.5	2	5	10	15	60
Neura Robotics	0.1	0.5	2	5	10	15	60
其他	0.1	0.5	2	5	10	15	50

- ◆ 特斯拉执行器已经确定国产两家供应商，包括三花、拓普，其中三花可供应全部型号。特斯拉人形机器人2025年开始量产，我们预计三花供应份额70%左右，拓普份额30%左右。
- ◆ 其次，为优质创业人形机器人执行器总成：
 - 中坚：24年3月跟投1X，双方将拓展供应链合作，预计未来将为1X供应执行器等。

图：旋转执行器及直线执行器结构拆分示意图



其次为核心龙头tier2供应商：优先价值量高壁垒高

- ◆ 特斯拉供应链国产化在即，其他主机厂预计也将陆续国产化。综合价值量和壁垒来看，灵巧手>滚柱丝杠>传感器>减速器。

图：市场空间测算

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2035E
海外机器人新增需求 (万台)	1.11	8	62	134	224	345	1,570
-单价 (万/台)	35	35	35	35	35	25	14
市场空间 (亿元)	39	275	2,170	4,690	7,840	8,625	21,979
旋转执行器需求量 (万套)	16	110	868	1,876	3,136	4,830	21,979
-单价 (元/套)	3,500	3,325	3,159	1,895	1,611	1,450	1,007
市场空间 (亿元)	5	37	274	356	505	700	2,213
直线执行器需求量 (万套)	10	71	558	1,206	2,016	3,105	14,129
-单价 (元/套)	13,000	12,350	7,410	3,705	2,594	2,075	1,436
市场空间 (亿元)	13	87	413	447	523	644	2,030
谐波减速器需求量 (万套)	16	110	868	1,876	3,136	4,830	21,979
-单价 (元/套)	1,200	1,080	1,026	718	575	546	400
市场空间 (亿元)	2	12	89	135	180	264	879
无框力矩电机需求量 (万套)	28	196	1,550	3,350	5,600	8,625	39,249
-单价 (元/套)	600	570	542	379	265	252	175
市场空间 (亿元)	2	11	84	127	149	217	685
行星滚柱丝杠需求量 (万套)	7	47	372	804	1,344	2,070	9,420
-单价 (元/套)	10,000	9,000	5,400	2,700	1,620	1,296	897
市场空间 (亿元)	7	42	201	217	218	268	845
梯形丝杠需求量 (万套)	4	31	248	536	896	1,380	6,280
-单价 (元/套)	1,000	950	903	632	442	310	120
市场空间 (亿元)	0	3	22	34	40	43	76
灵巧手 (万套)	2	16	124	268	448	690	3,140
-单价 (元/套)	30,000	28,500	27,075	18,953	13,267	9,287	6,091
市场空间 (亿元)	7	45	336	508	594	641	1,913
行星减速器需求量 (万套)	2	16	124	268	448	690	3,140
-单价 (元/套)	200	190	181	126	101	96	66
市场空间 (亿元)	0	0	2	3	5	7	21
六维力矩传感器需求量 (万套)	2	16	124	268	448	690	3,140
-单价 (元/套)	15,000	14,250	13,538	9,476	6,633	5,307	3,674
市场空间 (亿元)	3	22	168	254	297	366	1,154
电池需求量 (gwh)	0	0	1	3	5	9	64
-单价 (元/kwh)	1,000	950	903	857	815	774	599
市场空间 (亿元)	0	2	13	26	42	68	383

PART7 投资建议及风险提示

投资建议：机器人当前类比2014年电动车，即将量产，开启10年产业大周期，强烈看好板块！1) 特斯拉链：首推确定性龙头Tier1【三花智控】【拓普集团】，Tier2【鸣志电器】【绿的谐波】【双环传动】，关注【北特科技】【浙江荣泰】【五洲新春】【震裕科技】【斯菱股份】【大业股份】等；2) 华为及国内链：推荐【雷赛智能】【汇川技术】【赛力斯】【富临精工】，关注【兆威机电】【蓝黛科技】【禾川科技】【豪能股份】【科力尔】【埃夫特】【拓斯达】等。3) 英伟达链：推荐【伟创电气】【科达利】等。4) 宇树科技链：推荐【曼恩斯特】，关注【长盛轴承】【卧龙电驱】【奥比中光】。

表 相关公司估值表（截至2025年2月6日股价，未评级标的盈利预测来自wind一致预期）

分类	证券代码	名称	总市值 (亿元)	股价	归母净利润 (亿元)			PE			评级	来源
					2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E		
特斯拉链	002050.SZ	三花智控	1315	35	34	40	48	39	33	28	买入	东吴
	601689.SH	拓普集团	1260	75	31	37	46	45	36	28	买入	东吴
	603728.SH	鸣志电器	316	75	1.4	1.7	2.0	219	185	155	买入	东吴
	688017.SH	绿的谐波	323	176	0.7	1.0	1.4	443	314	224	增持	东吴
	002472.SZ	双环传动	322	38	10	13	15	31	25	21	买入	东吴
	603009.SH	北特科技	180	53	0.8	1.1	1.7	229	157	108	未评级	Wind
	603119.SH	浙江荣泰	107	29	2.4	3.4	4.6	45	31	23	未评级	Wind
	603667.SH	五洲新春	162	44	1.6	2.1	2.5	101	78	64	未评级	Wind
	301550.SZ	斯菱股份	102	93	2.0	2.3	2.7	52	44	37	未评级	Wind
	300953.SZ	震裕科技	166	142	3.0	4.6	6.6	56	36	25	未评级	Wind
华为及国内链	002979.SZ	雷赛智能	123	40	2.0	2.5	3.1	61	50	40	买入	东吴
	300124.SZ	汇川技术	1869	69	50.3	60.1	71.8	37	31	26	买入	东吴
	601127.SH	赛力斯	1978	131	59	110	159	33	18	12	买入	东吴
	300432.SZ	富临精工	224	18	4.1	10.8	15.0	54	21	15	买入	东吴
	003021.SZ	兆威机电	267	111	2.2	2.7	3.4	124	98	77	未评级	Wind
	002765.SZ	蓝黛科技	69	11	1.5	2.1	2.7	47	33	26	未评级	Wind
	688320.SH	禾川科技	76	50	-0.8	0.4	0.8	-93	204	101	未评级	Wind
	603809.SH	豪能股份	104	16	3.2	4.0	5.0	32	26	21	未评级	Wind
英伟达链	300607.SZ	拓斯达	157	33	0.7	2.0	3.7	213	81	42	未评级	Wind
	688698.SH	伟创电气	118	56	2.8	3.4	4.0	42	35	29	买入	东吴
宇树科技链	002850.SZ	科达利	326	120	14	17	21	23	19	16	买入	东吴
	300718.SZ	长盛轴承	193	65	2.6	3.2	4.0	73	61	49	未评级	Wind
	600580.SH	卧龙电驱	314	24	9.4	11.3	13.0	34	28	24	未评级	Wind
	688322.SH	奥比中光	227	57	-0.8	0.2	1.3	285	1421	172	未评级	Wind
	301325.SZ	曼恩斯特	84	59	1	2	3	152	47	27	买入	东吴