

人形机器人行业2025年度策略

人工智能的终极载体，量产在即开启十年产业大周期

证券分析师：周尔双
执业证书编号：S0600515110002
zhouersh@dwzq.com.cn

证券分析师：张良卫
执业证书编号：S0600516070001
zhanglw@dwzq.com.cn

证券分析师：钱尧天
执业证书编号：S0600122120031
qianyt@dwzq.com.cn

2025年1月17日

● 人工智能的终极载体，量产在即有望开启十年产业大周期:

特斯拉Optimus量产在即，25年产量有望达千台级别。马斯克在采访中表示，如果一切进展顺利2026年特斯拉产量将增加10倍，至5-10万台人形机器人，然后在第二年再增加10倍至50-100万台。海外产业链巨头包括英伟达、谷歌、OpenAI等也纷纷入局人形机器人。

● T链核心：确定性看Tier1和谐波减速器环节，未来变化首推灵巧手环节:

从确定性角度来看，三花和拓普作为Tier1核心绑定特斯拉，确定性最高。零部件环节，谐波减速器由于竞争格局明朗，目前仅有哈默纳科和绿的谐波处于领先地位，而哈默那科由于产能、价格等因素，未来份额有望持续向国内产业链转移。从变化角度看，灵巧手作为人形机器人的核心部件，目前仍处在变化迭代中。

● 国内产业链：华为领衔中国具身智能产业落地，潜力巨大。

2024年11月华为（深圳）全球具身智能产业创新中心正式运营，与兆威机电、拓斯达、埃夫特等16家企业签订合作备忘录，助力国产人形机器人进程加速落地。我们判断华为链正处于2-3年前的T链的状态，目前产业链供应格局仍未稳固，预期仍有新玩家出现，潜力巨大。

● 投资主线:

1) T链（特斯拉）：推荐【三花智控】【拓普集团】【绿的谐波】【鸣志电器】【双环传动】；建议关注【贝斯特】【北特科技】【五洲新春】【安培龙】【双林股份】等。

2) 华为机器人产业链：推荐【赛力斯】【雷赛智能】；建议关注【兆威机电】【中坚科技】【拓斯达】【埃夫特】【禾川科技】【祥鑫科技】【柯力传感】【豪能股份】【蓝黛科技】等。

3) 其余链条：推荐【伟创电气】；建议关注【中大力德】【长盛轴承】【建设工业】等。

风险提示：人形机器人产业化不及预期、技术迭代导致现有零部件不再应用、国际贸易摩擦及大客户依赖风险等。



一、人形机器人行业复盘与投资机会总结

二、T链进展：确定性看Tier1和谐波减速器环节，未来变化首推灵巧手环节：

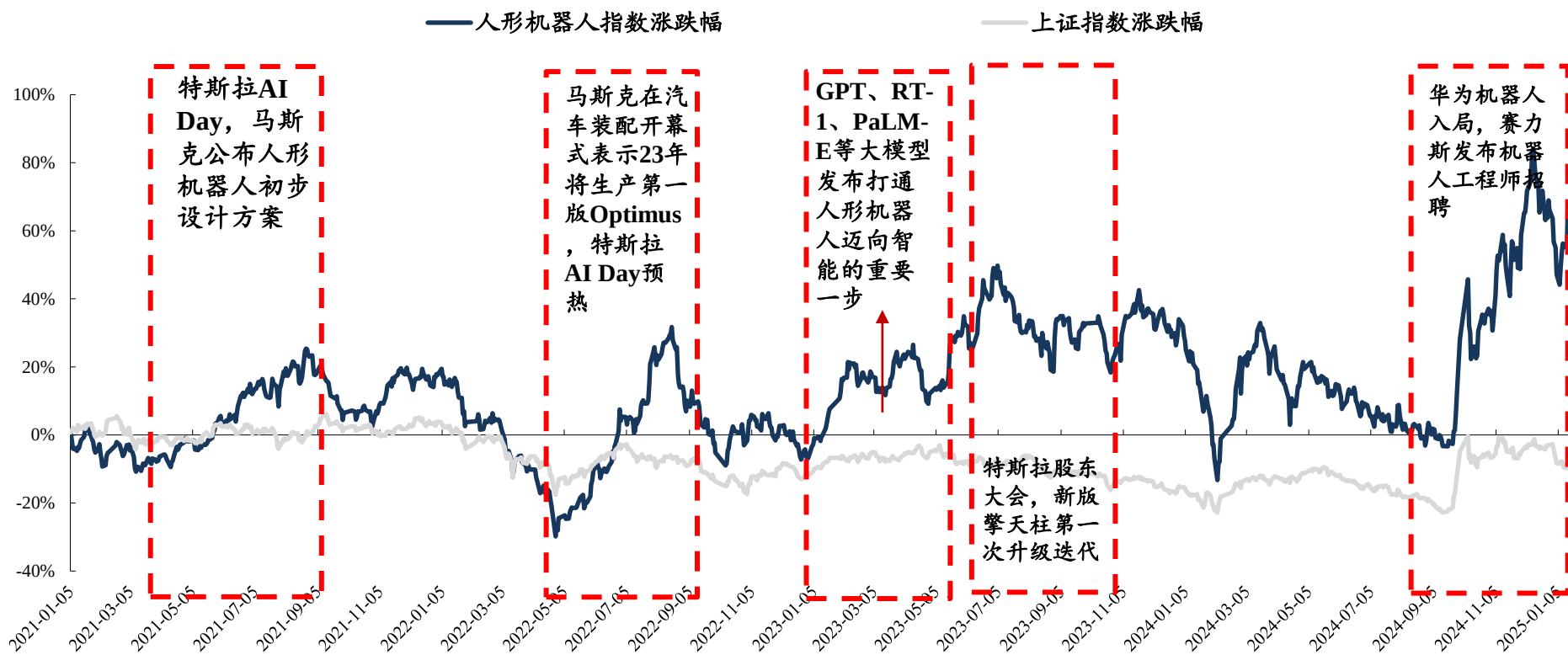
三、国内产业链：华为领衔中国具身智能产业落地，未来潜力巨大

四、投资建议与风险提示

1.1 人形机器人板块行情复盘

- **人形机器人行情复盘：**复盘2021年以来的人形机器人指数走势，可以看出人形机器人行业一共迎来五次大涨行情。**第一次大涨**发生于2021年马斯克在AI Day上公布人形机器人设计方案，累计涨幅约30%（21年3月至8月）。**第二次大涨**发生于2022年5月至8月，主要系为特斯拉AI Day预热，累计涨幅约70%。2022年9月由于Optimus首次亮相此前已有预期，且首次亮相产品低于市场预期，市场迎来较大幅度回调。**第三次人形机器人行情**来自于AI催化，GPT、RT-1、PaLM-E等大模型发布打通人形机器人迈向智能的重要一步，23年初至4月累计涨幅20%。**第四次人形机器人行情**主要来自于Optimus升级迭代，在行动能力和拟人化程度上的升级带动相应板块上涨。**第五次人形机器人行情**主要来自于华为机器人入局，赛力斯发布机器人工程师招聘，叠加美国大选川普上台带动T链机器人困境反转，目前行情仍在发酵中。

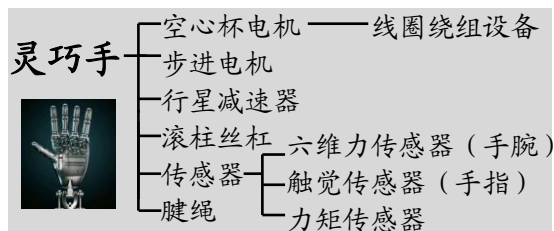
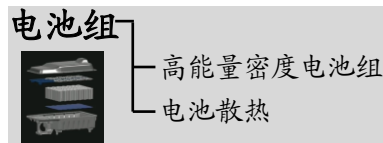
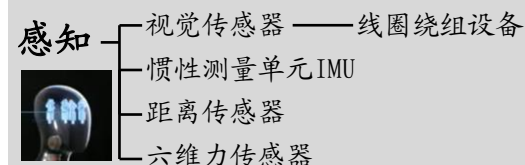
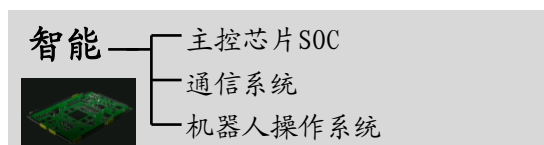
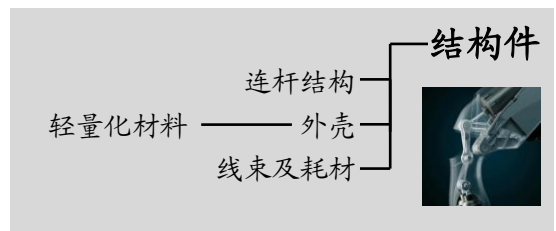
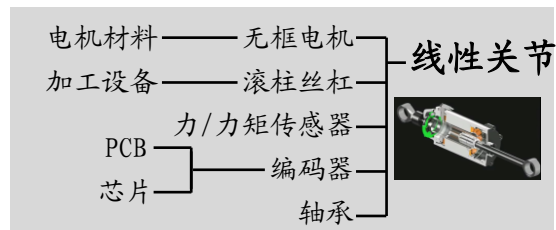
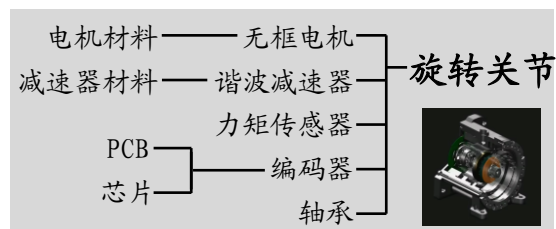
图：人形机器人指数走势（涨跌幅以2021/1/4日收盘价为基准）



1.1 人形机器人板块行情复盘

- **硬件端：**旋转/直线关节由于在人形机器人中配置数量多、价值量高，在行情早期阶段涨幅显著。随着对人形机器人技术路线讨论的深入，谐波减速器和丝杠等兼具高价值量与高技术壁垒的零部件获得较高涨幅，市场关注度持续向上游延伸至电机磁材、加工设备及轻量化材料等环节。
- **软件端：**突破性进展晚于硬件，但后市潜力可期。人形机器人需要搭载具身AI模型方能实现通用性，但是目前具身AI模型的发展尚处于起步阶段、国内算力算法正在加速发展。展望后市，具身AI的突破性进展、国产芯片的推出有望成为机器人软件板块的积极催化。

图：人形机器人相关投资环节



- 板块行情逐步收敛，愈发看中量产确定性&预期差。人形机器人板块行情大致经历三个阶段的发展，22H2特斯拉发布第一个版本样机，机械感强，市场首要关注的是价值量占比高的重要零部件；23-24年在AI行情带动+市场无其他主线行情背景下开始发散式炒作，只看相关性；25年人形机器人量产在即，市场行情开始收敛，看中确定性和预期差。投资逻辑上，我们认为一方面需要关注量产确定性标的，其次预期差我们认为来自国产产业链的快速发展。

图：板块行情逐步收敛

	2022H2	2023H1	2023H2	2024	2025
市场认知	完全不充分	较为充分	基本充分	充分	完全充分
偏好方向	价值量占比高&确定性	发散式 只看相关性	开始收敛 看重确定性和壁垒	完全收敛 偏好高壁垒/预期差	确定性&预期差
偏好板块	执行器、电机、减速器	无偏好	丝杠/丝杠设备	丝杠/丝杠设备/传感器	Tier1、减速机、灵巧手



- 一、人形机器人行业复盘与投资机会总结
- 二、T链进展：确定性看Tier1和谐波减速器环节，未来变化首推灵巧手环节：
- 三、国内产业链：华为领衔中国具身智能产业落地，未来潜力巨大
- 四、投资建议与风险提示

- 人形机器人是具备人类外形特征和行动能力的智能机器人，通过手臂和身体的协调完成功能，基于通用型算法和生成式AI，具备语义理解、人机交互、自主决策等能力，并利用人机交互实现任务理解与反馈，有强大的感知计算与运动控制能力。
- 人形机器人相比工业机器人拥有更高级的感知交互系统，包括传感模块和软件方面（导航技术、智能决策等）。与服务机器人相比拥有更强的通用性，每个关节受力更加复杂，对减速器负载和电机响应速度要求更高。

图：工业机器人、服务机器人、人形机器人对比

	工业机器人	服务机器人	人形机器人
特点	1) 精度较服务机器人高 2) 通过执行明确的程序进行重复性工作	1) 精度相对较低 2) 形态多样，模仿人类能力	1) 仿真程度高，更接近人形 2) 具备较强的自主性，环境感知+人机交互要求高 3) 运动控制能力更强，关节对减速器和电机要求高 4) 多功能性，通用性更强
应用领域	代替人类执行危险任务，焊接、搬运、喷涂、装配、磨削等	主要协助人类工作，医疗、餐饮、酒店、物流等	应用领域更广，涵盖服务业和工业制造业
形态类型	单臂机器人、双臂机器人、移动机器人、固定机器人	人形机器人、车型机器人、无人机、智能家居	一般具有躯干、头部、两条手臂和两条腿
主要制造商	瑞典ABB、日本Fanuc、日本安川电机、德国库卡等	科沃斯、美国iRobot、海康等	特斯拉、本田、波士顿动力等
示意图			

2.1 人形机器人路线选择——轮式 or 足式？

● 轮式机器人短期更具落地价值，双足机器人聚焦未来高端潜力：

人形机器人从产品技术形态上可分为双足机器人和轮式机器人。轮式机器人在短期满足低速场景需求，效率与成本兼顾，适合初期市场切入，双足机器人中长期适配高端服务场景。对于创业公司来说，宜优先发展轮式机器人在C端物流、零售等高频场景的功能落地，对双足机器人维持技术研发投入，但不宜过快追求大规模商业化。

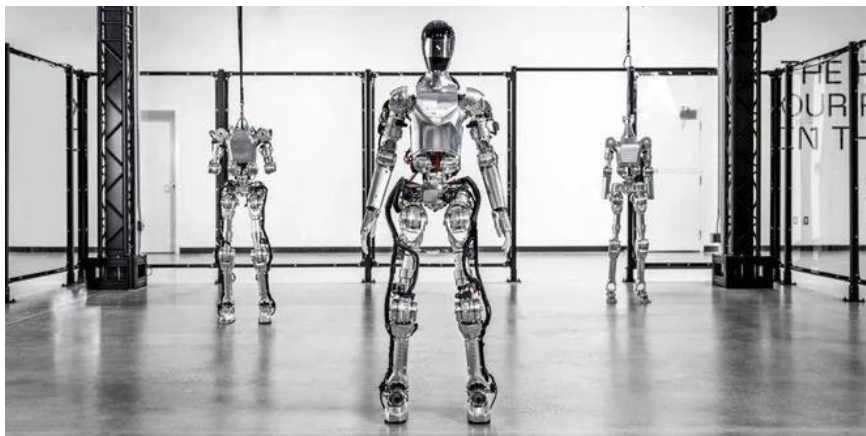
图：轮式机器人、双足机器人对比

	轮式机器人	双足机器人
优势	1) 技术成熟度高，成本低 2) AI算法实现功能较成熟	地形适应性强，技术前沿，运动能力优越
劣势	地形适应性弱，功能局限	成本高，能耗大，短期内技术不稳定
应用场景	零售、物流、商品分拣等C端服务	高端服务市场、科研探索
C端需求匹配	安全性高，短期功能落地性强	短期落地困难，符合高端服务场景，中长期潜力大

数据来源：优理奇机器人，东吴证券研究所

- AI将赋予人形机器人通用属性，AI科技巨头入局加速商业化进程落地。人形机器人的运行由感知、控制、执行三大模块构成，控制模块是人形机器人的“大脑”，是决定人形机器人是否可以商业化落地的关键，算法和AI大模型则是控制模块的核心。不同于工业机器人在特定场景下的应用，人形机器人商业化落地的关键在于其通用性，因此控制技术的复杂性就开始指数级倍增，一方面需要强大的数据建模，另一方面需要对语言和指令有强大的理解力。AI大模型的突破解决了人形机器人的控制难题，帮助人形机器人实现真正的具身智能。
- 在具身智能浪潮下，AI科技巨头纷纷入局人形机器人。如亚马逊创始人贝索斯、英伟达和其他大型科技公司纷纷宣布投资人形机器人初创企业Figure，积极探索将“人形机器人”作为AI技术落地的新机遇。

图：Figure机器人

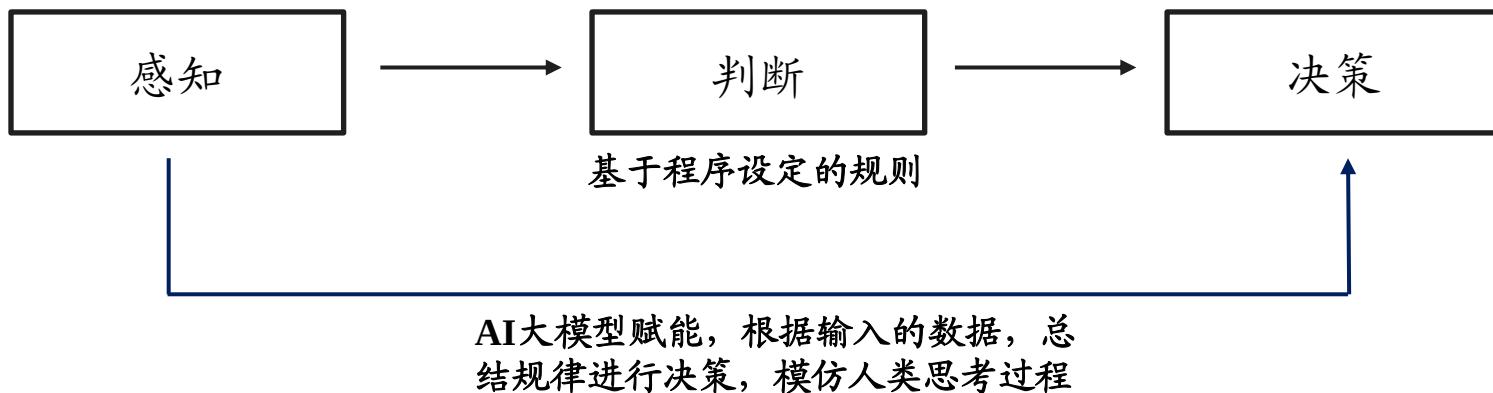


图：Figure 01已与宝马斯巴坦堡工厂合作



- 总结先进技术和未来方向：我们判断未来通用型人形机器人的核心壁垒在于大模型的加持。通过目前已有的人形机器人训练视频，我们推断未来人形机器人具备通用属性的唯一路径是进行端到端训练。
- 何为端到端？ChatGPT的背后就是一个典型的端到端模型，输入文字语句，直接就能得到想要的回答，底层上没有采用机械式的逻辑判断思维。端到端背后的逻辑是它能克服传统方式依赖先验环境建模的问题，可以直接实现通过从感知到控制功能的映射。以往的AI/机器人的决策逻辑是感知→判断→决策，大模型的加入让决策逻辑变成感知→决策。以避障为例，以往的机器人避障全流程如下：①通过传感器感知障碍物存在，确定障碍物时空信息，例如与障碍物相距多远并预测其下一步轨迹；②根据内置的程序算法，提取与判断是否进行避障的数据要素，例如能否直接跨过/需向左或向右绕行才可通行，判断完毕得出答案，发送给执行端；③执行机构收到控制机构判断结果，执行避障行为。而搭载端到端后的机器人避障流程如下：①感知障碍物的时空信息；②根据视频学习的信息总结出的规律直接做出避障决策。简单理解则是传统机器人根据人类设定好的规则逻辑行动，而端到端则是模拟人类本身思考过程。

图：人形机器人端到端的技术原理



- 端到端的实现需要大量的数据和强大的算力做支撑，AI大模型则是未来人形机器人的核心竞争力所在。海量的数据（可以是图形/文字/视频/语音）需要涵盖在应用场景中可能会发生的所有情形（例如冲咖啡的时候咖啡胶囊放歪了），这样才能让机器人在遇到相似的情况下不需要依靠程序规则直接模仿已有的相似的视频做出决策，强大的算力则是支撑运行海量数据的核心。人形机器人商业化落地的关键就在于AI大模型，是因为人形机器人与其他特定情形机器人的最大区别就是在于面临情形的复杂性，例如工业机器人面临的场景基本只有搬运、码垛、上下料等特定的少数场景，人形机器人大规模落地就需要做到通用性，工作场景包括但不限于工业、家庭、商业等，涵盖的工作场景成千上万，每一种应用场景又有多重可能性，想要机器人实现通用化，就需要让机器人学习以上所有场景，对于数据和算力的要求是指数级增长，因此人形机器人是AI的重要应用场景之一。这也是英伟达等AI科技巨头纷纷投资人形机器人公司的原因。

图：固定工位的汽车焊接机器人



图：非固定工位的人形机器人



- 具身智能人形机器人即将迎来“ChatGPT”时刻。目前随着AI技术的迭代和应用研究深入，在各种任务解决上已经体现较好的通用性能力，智能体端到端的AI+控制算法、强化学习、具身模型技术方案应用在各种任务的算法方案逐渐取得重大突破，围绕Transformer的底层算法框架已经形成，研发商需要探索不同于历史卷积模型的AI架构，开启全新的范式。同时需基于本体做围绕本体的数据、算法快速优化打磨，最终达到满足任务操作泛化解决的可商业化的通用具身智能人形机器人。

图：LLM发展：大规模数据、参数、算力、Scale up实现智能涌现

	GPT1	GPT2	GPT3	GPT4
发表日期	2018	2019	2020	2023
参数量	117M	1.5B	175B	100T
数据量	600B单词	450B	1.5T	100T
训练数据	BookCorpus数据集	WebText	Common Crwal等	Unkonwn
模型能力	文本生成、文本翻译	生成更真实复杂的文本	不需要微调就能生产更复杂的文本	生成文本的同时，还能生成图文

数据来源：星动纪元商业计划书，东吴证券研究所

2.1 市场空间：汽车工厂为最先落地的应用场景

- **人形机器人将率先落地于汽车工厂：**国内外主流人形机器人厂商的落地场景均为汽车工业，特斯拉的人形机器人将首先放在特斯拉汽车工厂应用，优必选Walker S已经进入蔚来汽车工厂，英伟达投资的Figure AI今年也会将产品放进宝马工厂进行实训。我们认为短期内人形机器人将首先在汽车工厂实现商业化落地，一方面系汽车工厂同时具备规模大和标准化程度高的特点，赋予人形机器人实训的条件，另一方面汽车产业的自动驾驶、传感器、机器视觉等方面的技术与人形机器人具有共通性，车厂和人形机器人厂商的深度合作可以发挥二者的协同效应。
- **具体到汽车生产工序来看，人形机器人大概率应用于质检/汽车总装环节。**在汽车生产的四大车间中，冲压、焊接以及涂装的自动化率都已非常高，仅有质检返修等工作需要依赖人工，而总装环节需要完成安装非标零部件、车辆点检、路试等工作，自动化率仅有10%左右，对人工的依赖程度较高。此外，总装线布置密集度是所有车间中最高的，基本一条线隔着另一条线就两三米，所以想要布置更大、自动化率更高的机器非常难，因此未来总装环节自动化率的提升只有依靠人形机器人的导入。

表：汽车产线上总装环节对人形机器人需求最大

工序	冲压	焊接	涂装	总装
主要工作	将钢板通过冲压的方式变成汽车车身零件	将车身零件通过焊接、铆接、胶接等方式连接成为白车身	对白车身附以各种防腐工艺，并喷涂上漂亮的色漆、清漆	将车身上各种零部件及系统安装在车身上组装成一台完整的汽车
自动化率	很高	90%以上机器人焊接	很高	10%
人工需求	夹具换装、钣金返修、质检	飞溅检查、焊接质量检查	质检、返修	非标零部件安装、车辆点检、路试等

数据来源：产业链调研、东吴证券研究所

2.1 市场空间：汽车工厂为最先落地的应用场景

- 预计到2030年，特斯拉汽车工厂/全球新能源汽车工厂对人形机器人的需求量将达到13/50万台。核心假设如下：①2030年特斯拉/全球汽车产能达到1000/6000万辆；②2030年特斯拉/全球汽车工厂人均产能分别20/18辆；③2030年1台人形机器人可以替代2个人工；④2030年特斯拉/全球汽车工厂人形机器人的渗透率分别为50%/30%。

表：特斯拉汽车工厂人形机器人需求量

	2022	2023	2024E	2025E	2030E
特斯拉产能（万辆）	131	180	220	250	1000
员工人数（万人）	12.8	14	14.7	15.4	50
人均产能	10	13	15	16	20
1台机器人替代人数				1	2
渗透率				10%	50%
机器人需求量(万台)				2	12.5

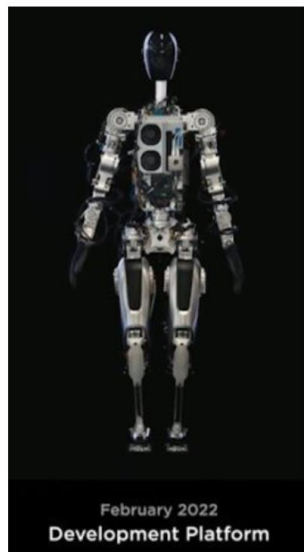
表：全球新能源汽车工厂人形机器人需求量

	2022	2023	2024E	2025E	2030E
全球新能源汽车销量（万辆）	1052	1360	1912	2542	6000
人均产能（辆/人）	10	13	15	16	18
新能源汽车行业员工（万人）	103	106	128	157	333
1台机器人替代人数				1	2
渗透率				1%	30%
机器人需求量(万台)				2	50

2.2 特斯拉Optimus量产元年，AI最强应用落地

- **特斯拉Optimus迭代顺利，硬件成熟度逐步提高**:自2022年特斯拉AI Day发布以来，特斯拉多次更新擎天柱升级迭代视频，每次迭代都往更智能&更拟人的方向进步。2024年2月24日，特斯拉发布擎天柱走路视频，步伐更加稳健&更加拟人化，机械感大幅降低。行走速度约为0.6米/秒，与2023年12月份的视频相比，速度提高了30%。最新版本擎天柱的前庭系统、脚部轨迹，以及地面接触逻辑得到了改进，行动更加自然。

图：特斯拉人形机器人进化史



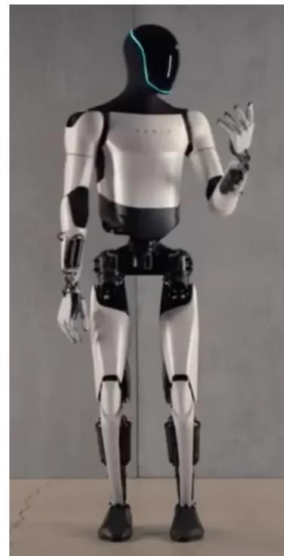
2022年 Tesla AI Day
人形机器人擎天柱
(Optimus) 首次实体亮相



2023年 特斯拉股东大会
Optimus手臂力道控制精
确，不打碎鸡蛋，拿捏不
同物品



2023年 9月
Optimus可排除外界影响按
颜色对色块进行排序，在
外界干扰下也可完成工作



2023年 12月
Optimus Gen 2行走速度
提升30%，减重10kg，所
有手指都有触觉



2024年 2月
走路步伐更加稳健&拟人
化，行走速度提升30%

2.2 特斯拉Optimus量产元年，AI最强应用落地

- 特斯拉Optimus迭代顺利，硬件成熟度逐步提高：1) 24年10月10日，Optimus Gen2在特斯拉“We,robot”活动现场的人群中走路、打招呼、展示舞蹈，并执行出倒水、拿礼物、猜拳等多组动作，人形机器人动作丝滑连贯。2) 24年11月28日，特斯拉X推特号发布Optimus稳稳接住网球视频，标志着灵巧手硬件趋于成熟。3) 25年1月8日，特斯拉X推特号发布Optimus Gen3有望于未来几周发布。次日马斯克在采访中表示，如果一切进展顺利2026年特斯拉产量将增加10倍，至5-10万台人形机器人，然后在第二年再增加10倍至50-100万台。

图：特斯拉10月 “We, robot” 现场机器人与人群互动



图：11月官推发布视频，左手稳稳接住飞来的网球

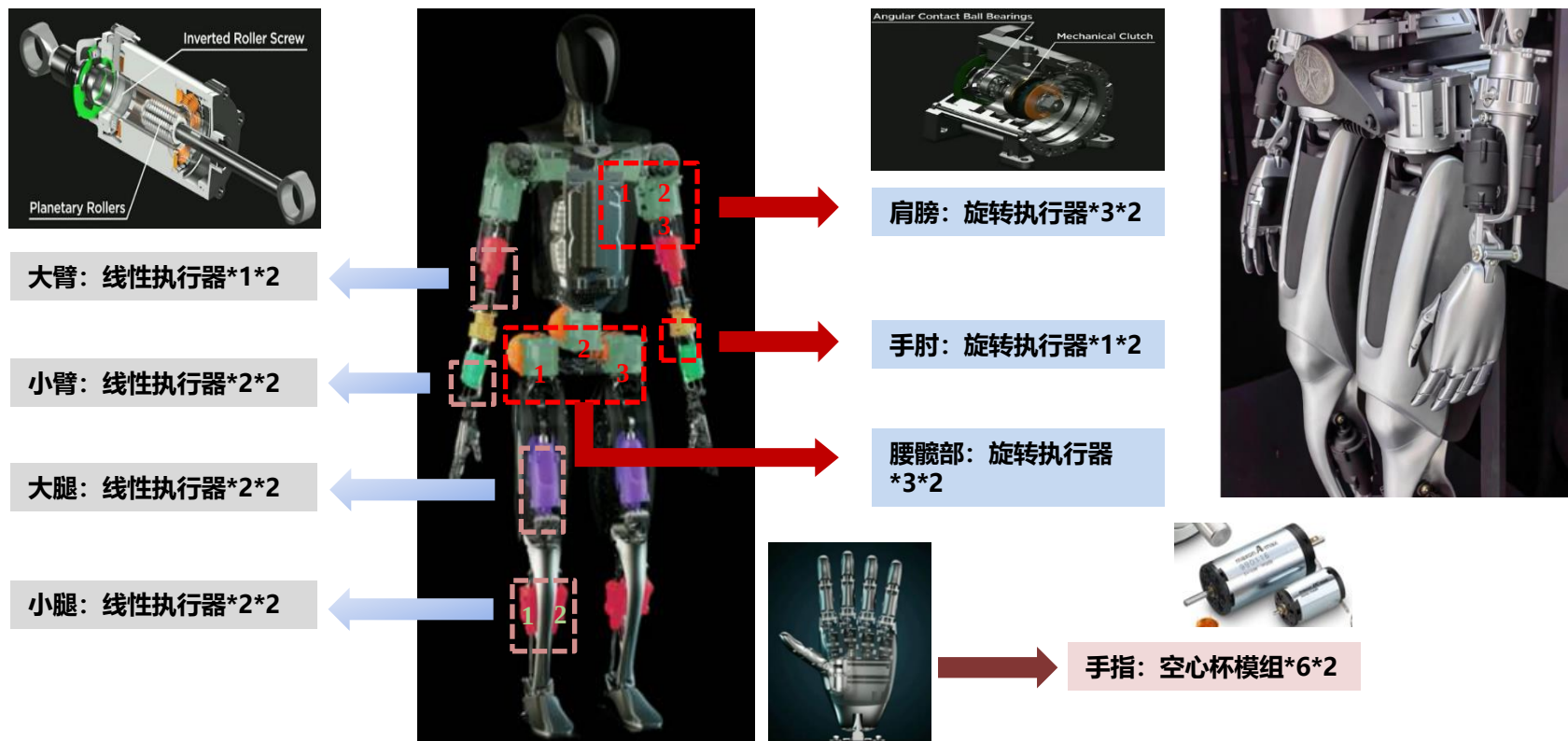


数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

2.2 特斯拉Optimus进展——执行器Tier1 供应情况

- 三花和拓普作为Tier1，是人形机器人板块中最具确定性的标的：
特斯拉Optimus全身分别拥有14个旋转+直线执行器，分别分布在手臂和腿部，价值量占比较高。
而三花智控和拓普集团作为核心Tier1，是最具确定性的标的。

图：特斯拉旋转&直线执行器分布情况



数据来源：特斯拉官网，东吴证券研究所

2.2 特斯拉Optimus成本拆分预测

项目	单机用量（个）	单价（元/个）	2030：小批量		2035：大规模量产			下降幅度
			单机价值量（元）	占比	单价（元/个）	单机价值量（元）	占比	
旋转执行器	14	3,250	45,500	11%	1,688	23,625	17%	-48%
无框力矩电机	14	600	8,400	18%	300	4,200	18%	-50%
谐波减速器	14	1,200	16,800	37%	700	9,800	41%	-42%
驱动器	14	200	2,800	6%	50	700	3%	-75%
扭矩传感器	14	400	5,600	12%	200	2,800	12%	-50%
编码器	28	100	2,800	6%	50	1,400	6%	-50%
直线执行器	14	9,429	132,000	32%	2,527	35,375	26%	-73%
无框力矩电机	14	600	8,400	6%	300	4,200	12%	-50%
行星滚柱丝杠	8	10,000	80,000	61%	2,000	16,000	45%	-80%
梯形丝杆	6	1,000	6,000	5%	300	1,800	5%	-70%
驱动器	14	400	5,600	4%	200	2,800	8%	-50%
力传感器	14	400	5,600	4%	200	2,800	8%	-50%
编码器	14	100	1,400	1%	50	700	2%	-50%
手部关节总成	12	6,167	74,000	18%	2,042	24,500	18%	-67%
空心杯电机	12	1,000	12,000	16%	500	6,000	24%	-50%
行星减速器	12	200	2,400	3%	100	1,200	5%	-50%
六维力矩传感器	2	20,000	40,000	54%	5,000	10,000	41%	-75%
编码器	12	400	4,800	6%	200	2,400	10%	-50%
合计动力系统	40	18,845	251,500	61%	6,256	83,500	60%	-67%
电池（kwh）	2.3	1,100.0	2,530	1%	800.0	1,840	1%	-27%
智能硬件	8	2,324	18,588	5%	1,088	8,706	6%	-53%
摄像头	3	200	600	3%	100	300	3%	-50%
扬声器	1	200	200	1%	100	100	1%	-50%
惯性导航	2	1,000	2,000	11%	500	1,000	11%	-50%
FSD芯片	1	10,000	10,000	54%	5,000	5,000	57%	-50%
MCU芯片	1	3,000	3,000	16%	1,000	1,000	11%	-67%
结构件及配件	2	14,118	28,235	7%	7,059	14,118	10%	-50%
金属、碳纤维结构件	1	20,000	20,000	71%	10,000	10,000	71%	-50%
线束、面罩剥离	1	4,000	4,000	14%	2,000	2,000	14%	-50%
软件成本摊销	1	50,000	50,000	12%	10,000	10,000	7%	-80%
制造成本		60,000		15%	20,000		14%	-67%
合计价值量		410,854		100%	138,164		100%	-66%

数据来源：东吴证券研究所（注：合计价值量=合计动力系统价值量+电池价值量+智能硬件+结构件及配件+软件成本摊销+制造成本）

2.3 减速器：人形机器人旋转执行器核心部件

- 减速器是旋转执行器的核心部件，分为谐波、行星和RV：
- 减速器是连接动力源和执行机构的中间机构，具有匹配转速和传递转矩的作用。按照结构与传动原理不同可将减速器分为谐波减速器、RV减速器及行星减速器。
- 1) 谐波减速器：特点包括负载小、精度高、结构紧凑，在工业机器人领域用于小负载六轴、小负载SCARA及协作机器人；
- 2) RV减速器：特点包括体积大、重量高、高负载能力、高刚度，主要用于重负载机器人；
- 3) 行星减速器：特点包括体积小、高刚度、抗冲击能力强等特点，广泛用于航空航天、机器人、汽车、纺织等国民工业。

表：谐波、行星和RV减速机性能及应用对比

	谐波减速器	行星减速器	RV减速器
产品性能	体积小、 质量轻 、传动比范围大	体积小、高刚度、高精密、低传动、抗冲击能力强	体积大、 重量高 、高负载能力、高刚度
应用场景	小负载六轴/SCARA机器人小臂、腕部或手部、协作机器人	直角坐标机器人、四足机器人、机器狗	工业机器人机座、大臂、肩部等重负载的位置
人形机器人应用部位	小臂、大臂等上肢旋转关节	下肢旋转关节	——
单价（元）	1000-1500	300-500	3000-5000
传动效率	70%左右	90%以上	80-95%

数据来源：绿的谐波招股书，东吴证券研究所

2.3 为何谐波减速器为人形最合适应用方案？

● 为何谐波减速器是人形机器人目前最合适应用方案？

人形机器人对于减速机的选择主要有以下考虑——

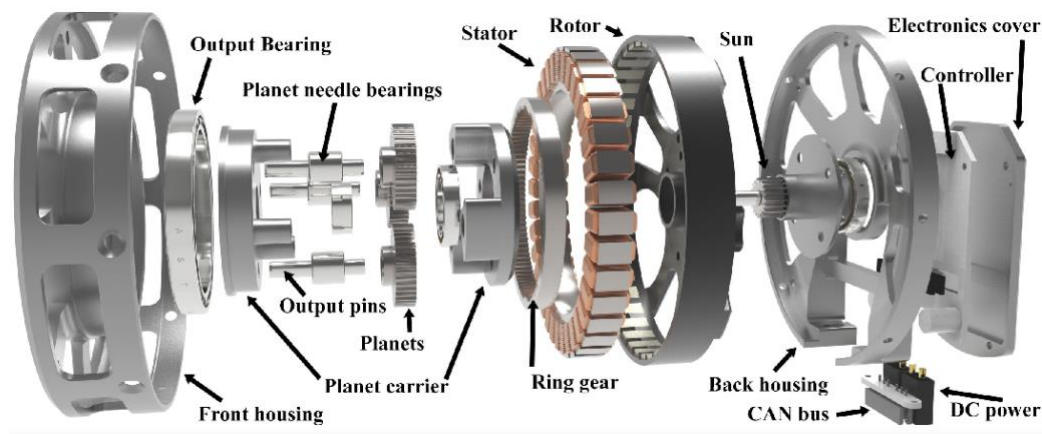
1) 体积小，重量轻，价格低：Optimus全身28个旋转+直线执行器，空间有限要求减速器体积尽量小；此外人形机器人减重和降本是未来发展的核心方向。

2) 传动效率高：减速机若传动效率过低，则能量在传动过程中转化为热能，会导致发热严重。

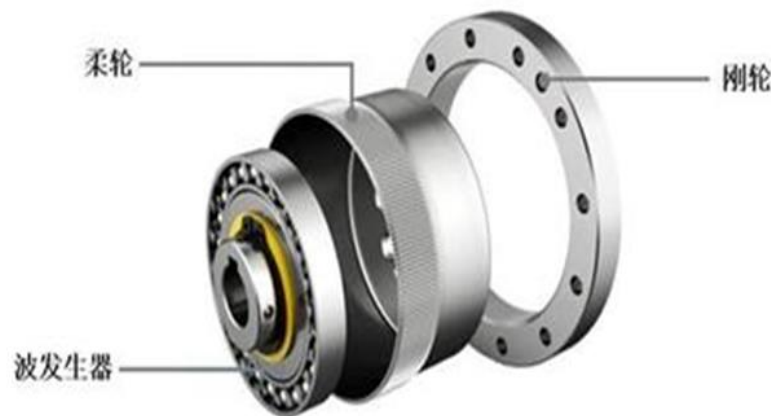
若单纯从传动效率、价格等方面考虑，行星减速机是最优解；但体积小和重量轻是更优先指标，因此谐波减速器是目前人形机器人最合适应用方案：

● 机器狗自由度低，对体积和重量要求低，因此大量采用行星减速机。

图：行星减速机是四足机器狗的最佳选择



图：谐波减速机是人形机器人的最佳选择

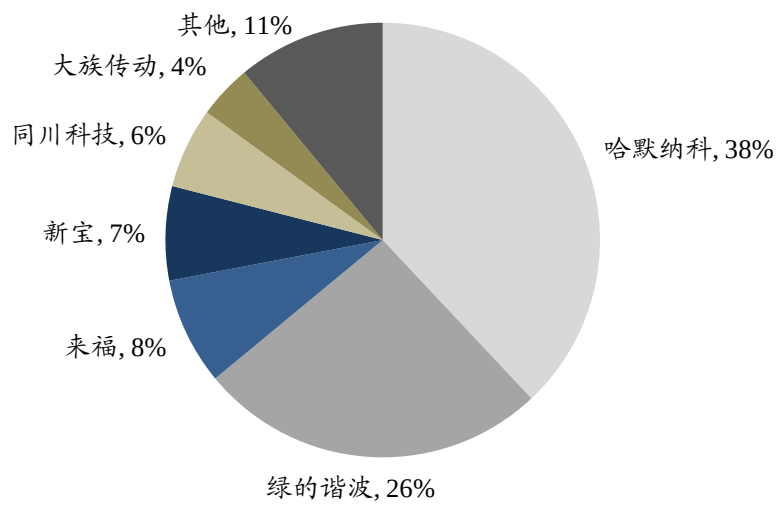


数据来源：A Low Cost Modular Actuator for Dynamic Robots, 东吴证券研究所

数据来源：绿的谐波官网, 东吴证券研究所

- **谐波减速器竞争格局：**哈默那科系全球龙头，技术和产能全球第一；绿的谐波作为国产谐波龙头，率先打破海外垄断。根据工链汇，2022年哈默那科和绿的谐波销售额市占率分别达38%和26%，分别排名第一第二。
- **人形机器人产业链中哈默那科和绿的谐波处于领先地位：**目前仅有哈默那科和绿的谐波进入到特斯拉Opitimus供应序列，来福、大族等国内竞争者虽多，但与头部企业仍有较大差距，因此短期来看人形机器人谐波减速器份额将由哈默那科与绿的谐波瓜分。
- **国产供应链成本优势突出：**以哈默那科和绿的谐波为例，目前绿的的供应价格远低于哈默那科。

图：2022年国内谐波减速器竞争格局



图：同等型号下哈默和绿的性能相对更优

企业	哈默那科		新宝	绿的谐波	来福谐波
国家	日本		日本	中国	中国
产品型号	HD-CSG-25-80-2UH	HD-CSF-25-80-2UH	-	LCSG-25-80-C-II	LSS-25-80-U/C-I
减速比	50-160			30-160	
输出转速 (r/min)	20			20	
传动精度 (弧分)	1	1	1	1	1
滞后损失 (弧分)	1	1	1	1	1
最大齿隙 (弧秒)	11	17	10	10	10
刚性 (K1 值, Nm/rad)	3.1	3.1	2.9	3.1	-
启动转矩 (cNm)	10	9.2	10	11.5	13
额定输出扭矩 (Nm)	82	63	66	78	82
精度保持使用寿命 (小时)	10000	7000	7000	7000	<10000
传动效率 (2000rpm)	0.75	0.72	0.67	0.65	-
噪音	60	60	62	65	-

数据来源：工链汇，东吴证券研究所

数据来源：绿的谐波招股书，东吴证券研究所

2.3 谐波减速器：人形机器人应用中谐波的难点

● 谐波在人形机器人应用中的难点：

1) **棘轮现象**：当施加过大的扭矩时，可能导致钢轮和柔轮齿无法正确啮合，导致棘轮现象。这种现象会导致过度振动、加速磨损，甚至可能损坏驱动器的其他部件。

2) **共振现象**：谐波驱动器中的主要振动源来自于柔轮的连续变形。这种变形可能因安装误差和制造缺陷等因素而加剧。人形机器人双手需同时运动，若产生共振现象，会导致两手抖动。

3) **减重任务**：尽管相较于行星和RV减速机，谐波的重量已经非常轻，但对于人形机器人来讲，仍然负担沉重，未来如何减重（潜在方案主要系更换轻量化材料）成为重要课题。

图：谐波减速器在长时间使用后容易出现的问题



长时间运行后齿轮加速磨损



长时间运行后柔轮的裂痕

2.3 谐波减速器：人形机器人应用中谐波的难点

● 谐波在人形机器人应用中的难点：

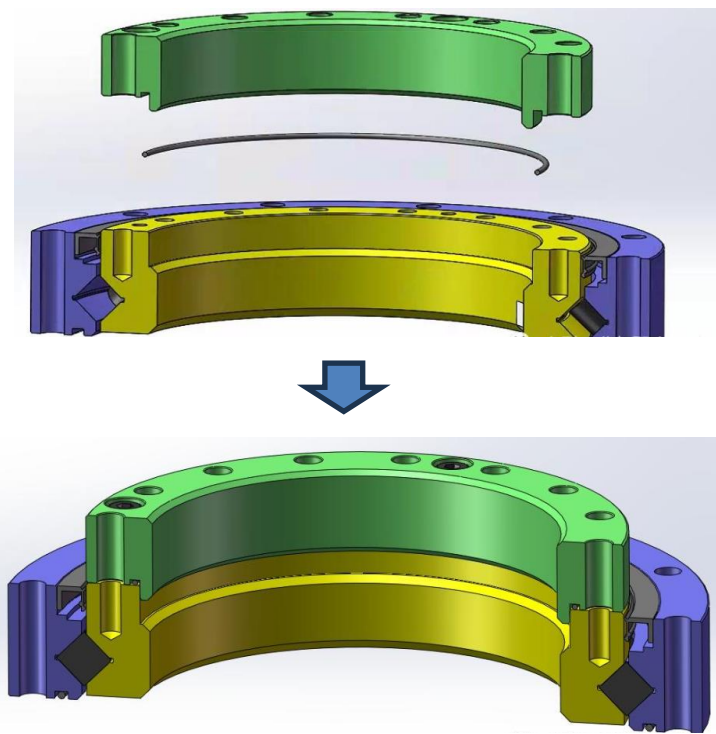
4) 量产难点：谐波柔轮和钢轮装配过程中无法实现完全自动化，此外钢轮和柔轮的选型若要做到完美也需要经验丰富的老师傅。具体来看：

第一步：先将钢轮和交叉滚子轴承装配好，这边完全靠机加工精度，对准锁紧即可。

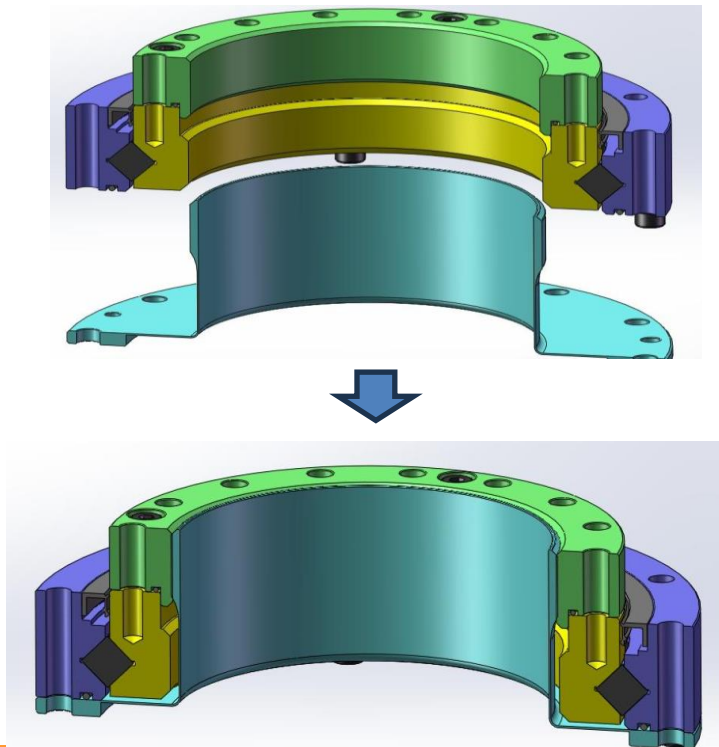
第二步：再将柔轮从下往上装入，这边需要手工操作，因为柔轮是不能直接插入钢轮的，因为此时柔轮和钢轮都是圆形，柔轮的齿不能与钢轮啮合，需要用手或者工具将柔轮撑开变形为椭圆，才能顺利安装。

图：谐波安装流程（注：图中绿色为交叉滚子轴承、浅蓝色为柔轮，深蓝为钢轮）

第一步：交叉滚子和钢轮预装配



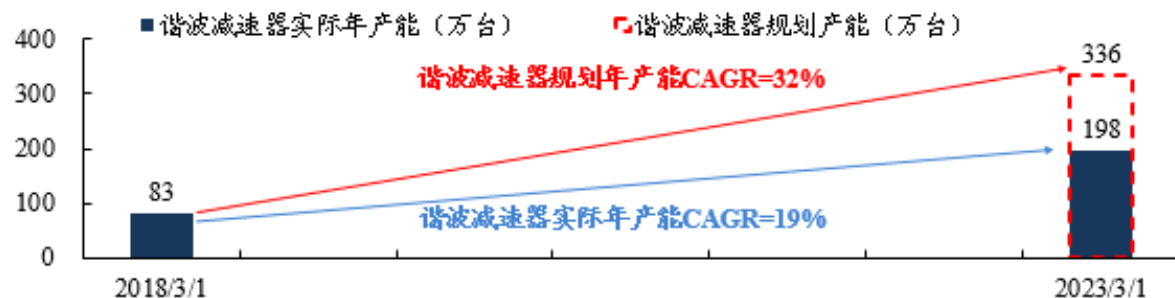
第二步：柔轮与钢轮装配，需要手工安装



2.3 哈默纳科扩产进度慢，看好国产谐波龙头脱颖而出

● 整体来看，哈默纳科（以下简称HD）谐波减速器产能扩张速度不及其规划预期：
我们统计18年以来HD于年报发布的扩产进度，发现其扩产计划逐步放缓，并基本上进度低于目标预期。2018年HD产能6.9万台/月（83万台/年），计划2021年产能扩充至28万台/月（336万台/年）。实际到2023年HD产能仅扩充到16.5万台/月（198万台/年），远期扩产目标28万台/月（336万台/年）的目标多次推迟。**Optimus**量产有降本需求，产业链向中国转移背景下看好国产谐波抢占份额。

图：哈默纳科实际产能扩充速度低于预期



	2018/03	前中期経営計画期間(2018~2020年度)	2022/03	2022/09	2023/03
【日本】本社					
鹿島工場	56,000台		90,000台	90,000台	90,000台
有明工場	10,000台	新工場稼働	60,000台	40,000台 30,000台	40,000台
【ドイツ】					
Harmonic Drive SE					
Limburg 工場	10,000台		27,000台	27,000台	27,000台
【米国】					
Harmonic Drive LLC					
Peabody 工場	3,000台	Beverly 工場	8,000台	8,000台	8,000台
合计:	6.9万台/月				16.5万台/月

数据来源：哈默纳科年报，东吴证券研究所（注：谐波减速器产能剔除车载产品）

2.3 哈默纳科扩产进度慢，看好国产谐波龙头脱颖而出

● 哈默那科扩产难点在于：

- 1) 柔轮与钢轮的装配需要老师傅，老师傅培养周期3年起步；而且因为谐波需要热处理排污，日本环保意识强因此HD工厂只能位于偏远的长野县，人口基数小招工困难。
- 2) 工业机器人市场增长乏力，人形机器人方向担忧产业链向中国转移，并不会全力扩产。

● 绿的谐波是除HD外唯一证明自身具备大规模扩产能力的谐波企业：

- 1) 绿的谐波上市募资将产能从20万台扩张至50万台，且产品质量保持稳定。而历史上日本新宝因为短期内高速扩产，产品质量下滑严重而丢失份额。
- 2) 持续定增扩产，绿的谐波发布定增拟募资20.27亿元用于新一代精密传动装置智能制造项目，项目建成达产后，公司将新增新一代谐波减速器100万台、机电一体化产品20万台的年产能。

图：绿的谐波持续定增扩产

单位：万元

序号	项目名称	项目投资总额	拟使用募集资金
1	新一代精密传动装置智能制造项目	203,036.26	202,653.38
合计		203,036.26	202,653.38

数据来源：绿的谐波公告，东吴证券研究所

2.3 谐波减速器市场空间测算&核心标的推荐

图：人形机器人用谐波减速器市场空间测算

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E	2035E
全球机器人新增需求（万台）	3	6	15	30	60	116	188	308	504	777	1,165
-单价（万/台）	35	35	35	35	35	25	20	14	14	14	14
市场空间（亿元）	89	215	516	1,038	2,114	2,903	3,762	4,318	7,060	10,875	16,310
旋转执行器需求量（万套）	36	86	206	415	846	1,626	2,633	4,318	7,060	10,875	16,310
-单价（元/套）	3,200	3,040	2,888	2,455	1,964	1,473	1,326	1,259	1,196	1,137	1,080
市场空间（亿元）	11	26	60	102	166	239	349	544	845	1,236	1,761
谐波减速器需求量（万套）	36	86	206	415	846	1,626	2,633	4,318	7,060	10,875	16,310
-单价（元/套）	1,200	1,080	1,026	923	831	665	565	537	510	485	460
市场空间（亿元）	4	9	21	38	70	108	149	232	360	527	751
绿的谐波份额（%）	10%	12%	15%	18%	21%	23%	25%	27%	28%	29%	30%
绿的谐波对应收入（亿元）	0.4	1	3	7	15	25	37	63	101	153	225

图：谐波减速器核心标的整理

公司代码	公司名称	所处环节	简介	2023年营收 （亿元）	2023年利润总额 （亿元）
688017.SH	绿的谐波	谐波减速器	公司是专业从事精密传动装置研发、设计和生产的高端装备制造企业，业务聚焦谐波减速器、机电一体化产品、旋转执行器、数控分度转台、无框电机、电液伺服控制器、工业自动化服务等多类产品。	3.56	0.92
6324.T	哈默纳科	谐波减速器	公司是整体运动控制的领军企业，产品Harmonic Drive谐波减速机具有轻量化小型、无齿轮间隙、高转矩容量等特点，被广泛应用于工业机器人、仿人机器人、光伏设备、光学仪器、医疗设备、精密机床等各种尖端领域。		
301550.SZ	斯菱股份	谐波减速器	公司是专业生产汽车轴承的汽车零部件制造企业，主营业务为汽车轴承的研发、制造和销售。研发产品涉及轮毂轴承、轮毂轴承单元、圆锥轴承、离合器、涨紧轮及惰轮轴承等多个产品系列。	7.38	1.74
301368.SZ	丰立智能	谐波减速器	公司是齿轮、精密减速器及零部件、轻量化气动工具等产品研发、制造与销售的国家级高新技术企业，国家级专精特新“小巨人”企业。	4.29	0.26
002472.SZ	双环传动	减速器	公司专注于机械传动齿轮制造，产品广泛应用于乘用车、商用车、轨道交通、非道路机械以及电动工具、风电、工业机器人等领域。谐波减速器业务为公司新业务，已实现多型号稳定供货，产能得以释放并快速提升。	80.74	9.32
002896.SZ	中大力德	减速器	公司是从事机械传动与控制应用领域关键零部件的研发、制造、销售和提供服务的高新技术企业，以精密减速器、减速电机等核心零部件及智能执行单元组件为主要产品。	10.86	0.76

数据来源：东吴证券研究所整理

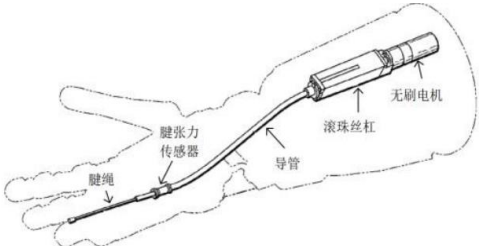
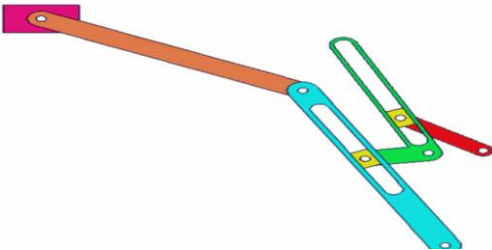
2.4 灵巧手：人形机器人最具价值&潜在变化最大环节

● 灵巧手是人形机器人最具价值环节：

- 1) 人形机器人区别于普通工业机器人的关键在于具备灵巧手，能够完成多任务工作；
- 2) 灵巧手方案众多，特点各异，价值量逐步提升。但如果需要灵巧手完成更加复杂的精密操作，需要增加灵巧手自由度和传感器用量，整体价值量有望再上台阶。

● 从传动方式来看，灵巧手主要可分为腱绳传动、连杆传动和齿轮传动：

表：灵巧手传动方式示意图&优劣点总结

	腱绳传动	连杆传动	齿轮传动
传动方式	灵巧手前臂的电机驱动滚珠丝杠，螺母连接腱绳，实现手指绕关节轴的转动运动	通过铰链将各结构件互相连接	通过齿轮将电机的旋转运动转变为直线运动，从而拉动驱动器和手指间的弹簧来驱动手指
应用场景&优点	节省空间，质量轻 远距离柔顺运动	快速反应、精度高 承载能力大、成本低	高可靠性、精度高 寿命长、效率高
缺点	刚度差，负载小	运动抓取稳定性差 传动位置精度低	体积偏大
图例			

2.4 特斯拉Optimus第一代灵巧手拆分（空心杯方案）

● 第一代灵巧手方案拆解：

主要由单手6个无刷空心杯电机模组，11个自由度（6个主动自由度+5个被动自由度），空心杯电机模组由空心杯电机+行星减速箱+编码器构成。特斯拉采用金属腱绳+蜗轮蜗杆传动方案。

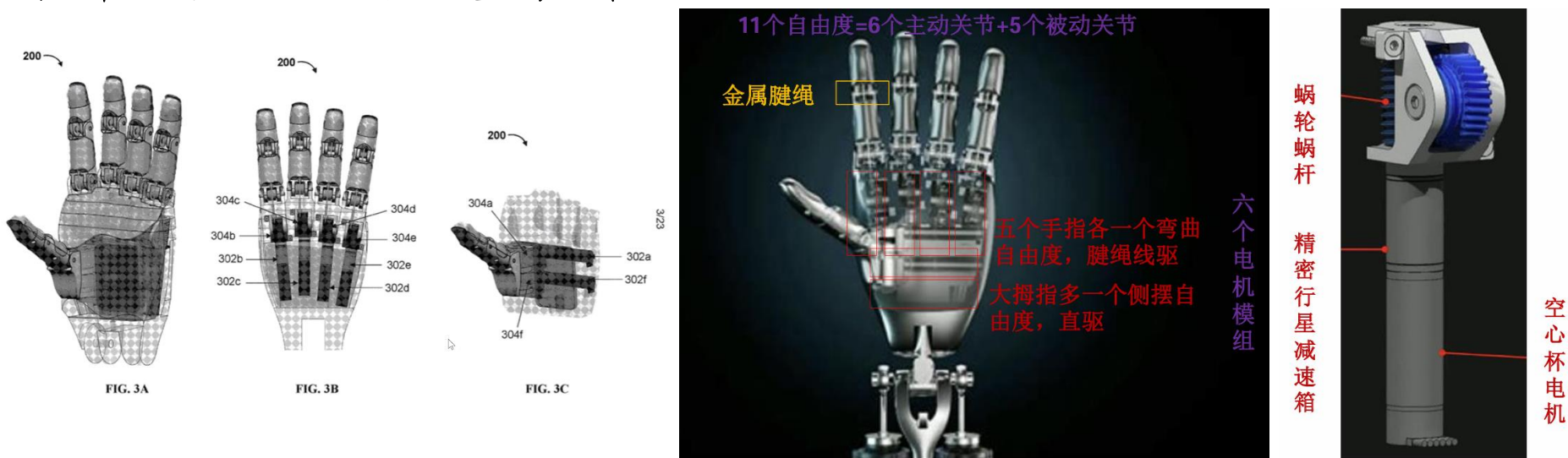
● 供应商选择：

25Q1末第一批量产的灵巧手还是空心杯方案，第一批量产大概率以外资供应商为主，后续量产可能导入国产供应商。

● 第一代灵巧手方案优劣势：

第一代灵巧手的优点在于采用蜗轮蜗杆模式，具备自锁能力，拥有较大的抓取力，而缺点在于缺少侧摆自由度，没有办法实现精密抓取。因此初步判断第一代灵巧手大概率应用于工厂环境。

图：第一代“空心杯电机”灵巧手方案



2.4 特斯拉Optimus第二代灵巧手拆分（腱绳方案）

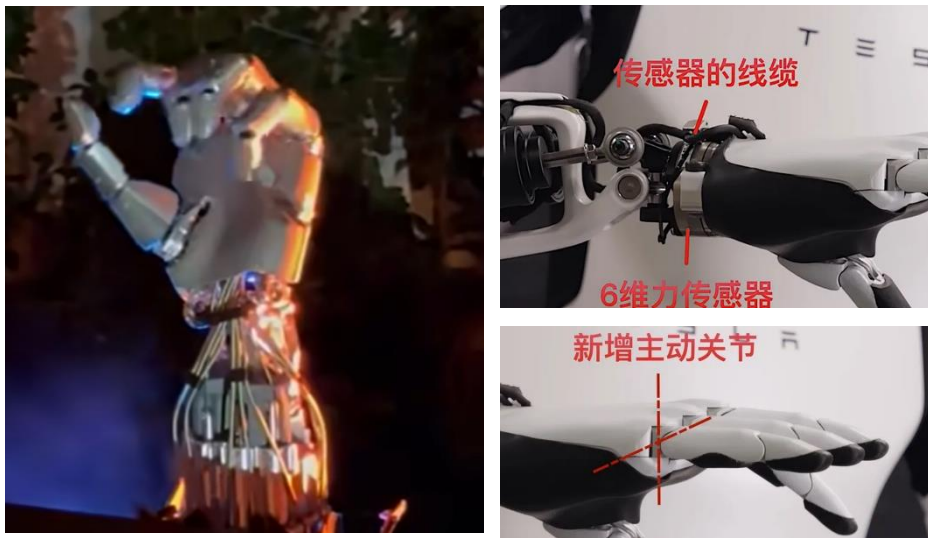
● 第二代灵巧手方案拆解：

单手22个自由度，20个电机，单指三级传动。其中灵巧手的食指、中指、无名指分别具有4个自由度，拇指以及小指分别具有5个自由度。具体来看，每根手指有三个关节，分别是远端关节（DIP），中间关节（PIP），近端关节（MCP），其中DIP&PIP具有一个自由度，可以弯曲和伸展，MCP具有两个自由度，可以进行弯曲伸展，以及内收和外展。第二代灵巧手行星齿轮箱传动，保持关节第一级运动；手臂绳驱+丝杠集成进电机，电机采用直流无刷电机

● 第二代灵巧手优缺点：

优点在于自由度高，但负载和传动精度有限，此外由于空间有限，第二代灵巧手还未贴载传感器。

图：第二代特斯拉灵巧手展示示意图



数据来源：特斯拉发布会，东吴证券研究所

2.4 灵巧手市场空间测算&核心标的推荐

- 灵巧手未来方案预判:
- 1) 不同场景适应不同种类灵巧手: 例如腱绳驱动版本适应家庭场景, 能够完成精细操作, 但抓握力和承重不足; 而空心杯电机版本适应工业场景, 抓握力承重较大, 但操作精密度不足。
- 2) 传感器用量未来有望逐步提升: 随着灵巧手功能提升, 其传感器用量有望持续提升, 包括触觉传感器, 电子皮肤等。

图：人形机器人灵巧手用空心杯电机市场空间测算

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E	2035E
全球机器人新增需求 (万台)	3	6	15	30	60	116	188	308	504	777	1,165
-单价 (万/台)	35	35	35	35	35	25	20	14	14	14	14
市场空间 (亿元)	89	215	516	1,038	2,114	2,903	3,762	4,318	7,060	10,875	16,310
空心杯电机需求量 (万套)	30	74	177	356	725	1,393	2,257	3,701	6,052	9,321	13,980
-单价 (元/套)	1,300	1,235	1,173	997	798	638	543	515	490	465	442
市场空间 (亿元)	4	9	21	35	58	89	122	191	296	434	618

图：灵巧手核心标的整理

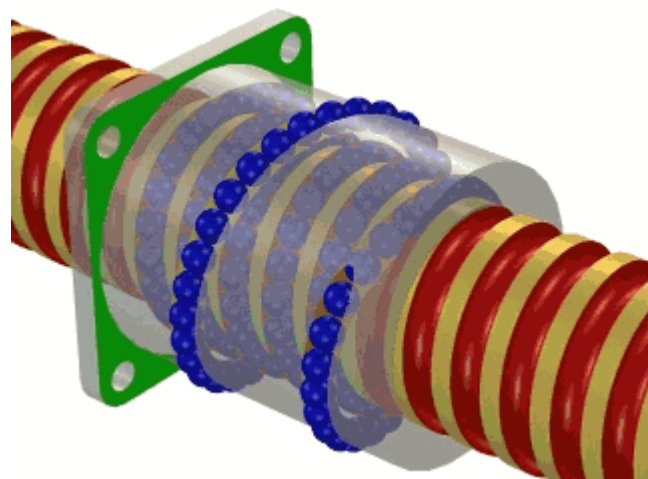
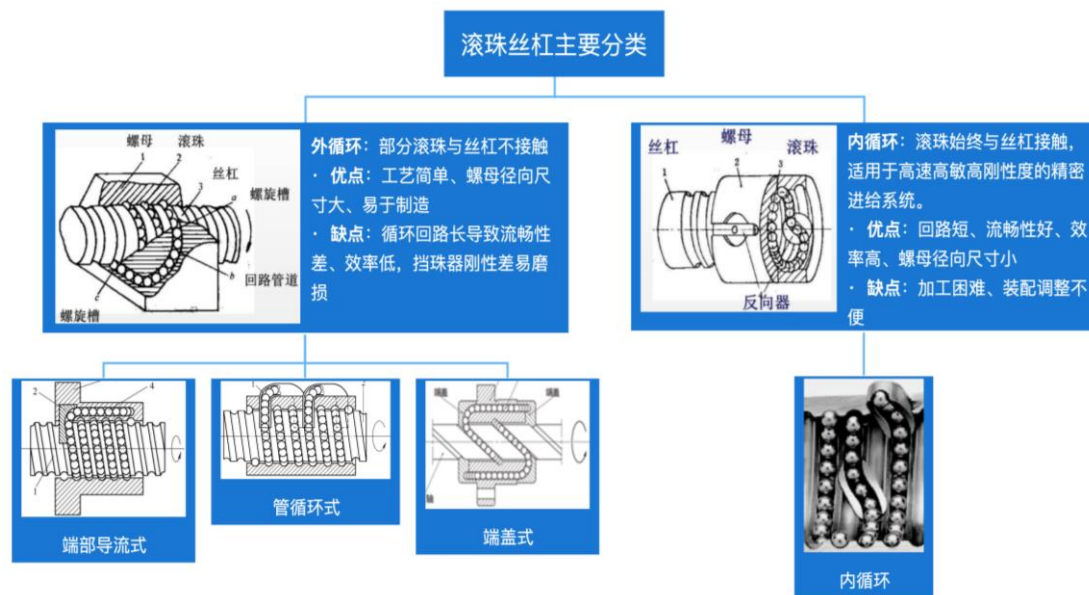
公司代码	公司名称	所处环节	简介	2023年营收 (亿元)	2023年利润总额 (亿元)
003021.SZ	兆威机电	灵巧手	公司是集设计、研发、制造于一体的微型驱动系统方案解决商, 主营业务是微型传动系统、微型驱动系统的研发、生产和销售业务。	12.06	1.92
603728.SH	鸣志电器	灵巧手	公司是运动控制领域的综合制造商, 专注于运动控制、智能LED照明控制和工业设备管理的关键部件制造, 为客户提供创造性的解决方案和高效、节能、环保的高质量产品。	25.43	1.49
002979.SZ	雷赛智能	灵巧手	公司是智能装备运动控制领域的全球知名品牌和行业领军企业, 主营业务为智能装备运动控制核心部件的研发、生产、销售与服务。	14.15	1.52
688698.SH	伟创电气	灵巧手	公司是从事工业自动化产品研发、生产、销售于一体的高新技术企业, 主要产品包括变频器、伺服系统以及控制系统等, 同时公司向机器人、新能源、医疗等新兴领域延伸, 研制了空心杯电机、无框电机等产品。	13.05	1.99

数据来源：东吴证券研究所整理

2.5 丝杠导轨为核心传动部件，影响设备精度和稳定性

- 滚珠丝杠是将旋转运动转换成线性运动的理想传动装置，主要由丝杠轴、螺母、滚珠以及循环部件组成。丝杠轴、螺母和端盖上都制有圆弧形螺旋槽，将它们套装在一起时，这些槽对合起来就形成了螺旋通道，滚珠能够在通道内循环滚动。当丝杠相对于螺母旋转时，滚珠在滚道内自转，同时又在封闭的滚道内循环运动，使丝杠和螺母相对产生轴向运动。
- 滚珠丝杠主要可分为内循环和外循环两大类，外循环中又可再分为端部导流、管循环和端盖式。外循环式滚珠丝杠运动时，部分滚珠与丝杠不接触，其优点为工艺简单且易于制造，而缺点为效率较低；内循环式滚珠丝杠运动时，滚珠始终与丝杠接触，适用于高速高敏高刚度场景，但缺点为加工困难。

图：滚珠丝杠分类及优缺点



2.5 丝杠导轨为核心传动部件，影响设备精度和稳定性

- 相较普通滑动丝杠，滚珠丝杠使用滚珠传递运动，具有传动效率高、定位精度高和传动刚度大等明显优势。滑动丝杠的优点在于结构简单、加工方便、成本低和能自锁，缺点是摩擦阻力大，易磨损，传动效率低。目前已逐步被滚珠丝杠所替代，但在部分需要自锁功能和对精度传动效率要求不高的场景仍有应用。

图：滚珠丝杠和滑动丝杠优劣势对比

	滚珠丝杠	普通滑动丝杠
优点	传动效率高、定位精度高、精度保持性好、功率消耗低、可预紧、运动可逆	结构简单、加工方便、成本低、能自锁
缺点	结构复杂、制造成本高、安装调试困难、不能自锁	摩擦因数大、易磨损、传动效率低、低速易爬行



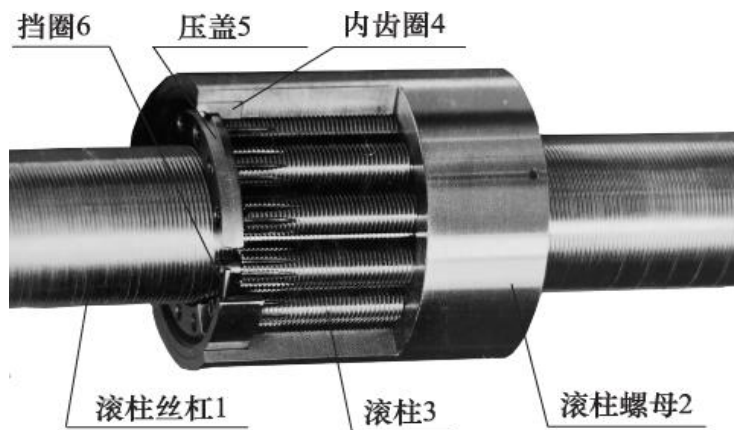
资料来源：金属加工公众号，东吴证券研究所

2.5 行星滚柱丝杠在承载力等方面优于滚珠丝杠

- 行星滚柱丝杠主要是由滚柱丝杠、滚柱螺母、滚柱、内齿圈、压盖及挡圈组成。

滚柱丝杠与滚柱螺母为齿形角 90° 的多头螺纹，滚柱为齿形双凸圆弧的单头螺纹，若干滚柱围绕丝杠均匀分布。当滚柱丝杠旋转时，滚柱既围绕丝杠轴作公转，又围绕自身轴线作自转，带动滚柱螺母作轴向移动。行星滚柱丝杠结构与滚珠丝杠类似，只是传力元件为螺旋滚柱，属于典型的线接触；而滚珠丝杠的传力元件为滚珠，属于点接触。

图：行星滚柱丝杠结构图



资料来源：《行星滚柱丝杠副的研究》，东吴证券研究所

图：滚珠丝杠结构图



资料来源：《行星滚柱丝杠副的研究》，东吴证券研究所

2.5 行星滚柱丝杠在承载力等方面优于滚珠丝杠

● 行星滚柱丝杠相比于滚珠丝杠在承载力、运动平稳性、转速及加速度等方面更具优势：

（1）高转速和高平稳性：滚柱在丝杠中滚动时无返向机构，不产生震动，运行平稳，转速可达6000r/min，加速度可达7000rad/s²。（2）高承载和高刚度：相同丝杠直径下行星滚柱丝杠承载能力提高6倍，相同负载下节省1/3空间，寿命提高14倍，工作环境温度提高2倍，且采用行星机构控制滚柱运动高速运转时噪声较小。但是由于螺纹分度误差及牙型强度等原因，行星滚柱丝杠的实际承载小于理论承载，且传动效率和精度方面也与滚珠丝杠存在一定差距，在润滑良好的情况下行星滚柱丝杠传动效率可接近90%。

图：行星滚柱丝杠和滚珠丝杠差异比较

类别	滚珠丝杠	行星滚柱丝杠
滚动体	滚珠	滚柱
转速及加速度	一般额定最高转速在 3000-5000r/min，随导程变化有所调整	转速可达 6000r/min，加速度可达 7000rad/s ²
运动平稳性	滚珠在丝杠循环滚珠链中运动时易产生冲击，平稳性较弱	滚柱在丝杠中滚动时无返向机构，不产生震动，运行平稳
传动效率	由于滚珠外表面粗糙度高且精度高，滚动摩擦系数小，传动效率大于 90%	虽滚柱与丝杠、螺母间为点接触及滚动摩擦，由于滚柱、丝杠和螺母加工误差及表面粗糙等原因，传动效率一般低于 90%
传动精度	C0 级滚珠丝杠最低可达约 4um/300mm	精度最高的 G1 级可达 6um/300mm
承载	小规格、小导程：承载小 大规格、大导程：承载大	滚柱接触点多，接触承载大，小规格、小导程行星滚柱丝杠承载大于滚珠丝杠

资料来源：《行星滚柱丝杠副的研究》，东吴证券研究所

2.5 行星滚柱丝杠在加工难度方面也高于滚珠丝杠

- **加工时间是滚珠丝杠的多倍：**两者加工设备可以实现混用，主要系底层原理和结构基本相同。但滚柱丝杠具有多头螺纹，对于磨削要求更高，单个螺纹的加工时间累加起来就慢了。如果要加大产量，必须购置设备单开一条生产线。
- **多头加工中热变形问题影响导程精度：**行星滚柱丝杠的加工都在恒温车间中进行，但磨削过程中发热导致丝杠变形的问题还是避免不了。尤其滚柱丝杠是多头螺纹，磨削余量控制相比单头难度更大。

图：行星滚柱丝杠和滚珠丝杆差异比较

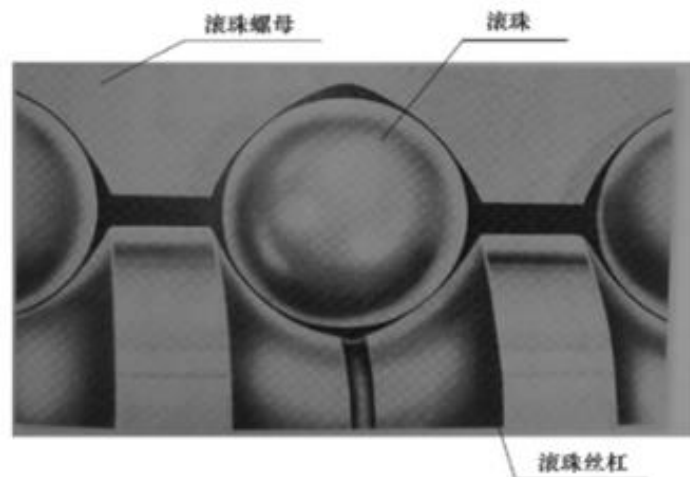


图7 丝杠、螺母、滚珠配合截面图

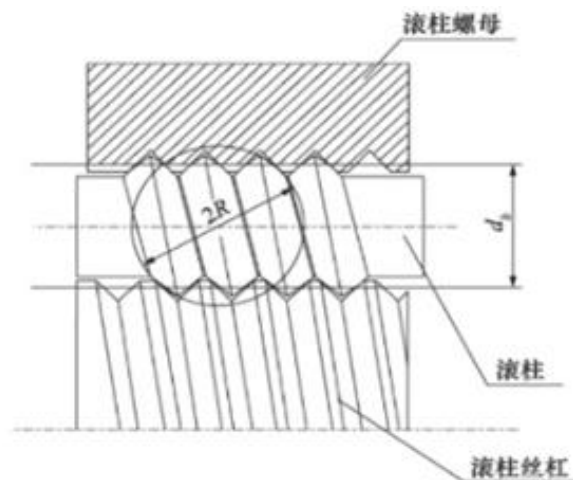
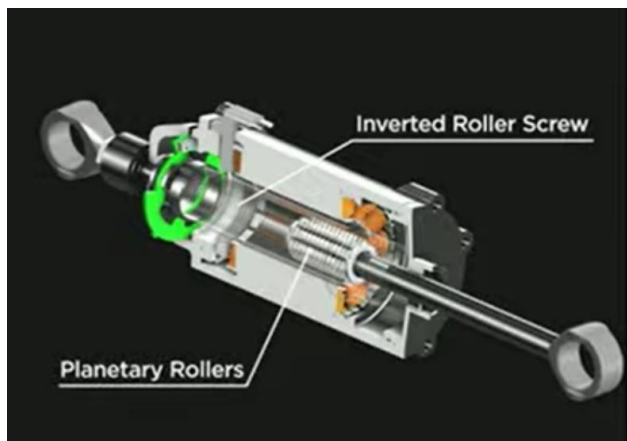


图4 滚柱丝杠、滚柱螺母与滚柱啮合原理图

2.5 人形机器人打开行星滚柱丝杠长期市场空间

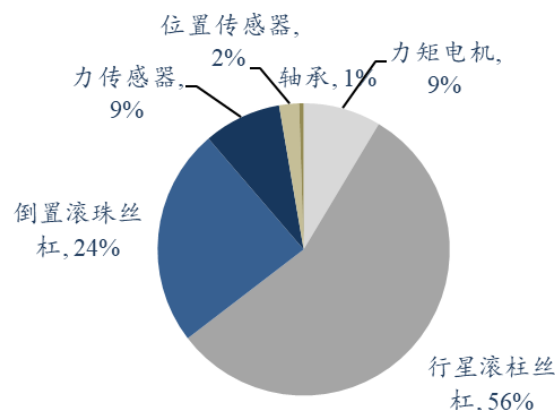
- 特斯拉Optimus线性关节采用电机+行星滚柱丝杠方案。根据特斯拉AI Day发布会披露，特斯拉Optimus人形机器人共有28个运动关节，包括旋转执行器和线性执行器，其中旋转关节的方案和传统仿人形机器人基本一致，采用电机+谐波减速机的形式；而线性执行器的分布却与以Asimo为代表的传统电伺服机器人差异较大，采用力矩电机+行星滚柱丝杠方案，其中行星滚柱丝杠成本占比可达56%。
- 特斯拉Optimus独创的线性关节方案，其优势在于能够自锁&提供更大的推力。1) 具备自锁能力：即下半身不动时可以自动锁定姿态，以减少能耗，能够形成一个低功耗且稳定的底部支架。2) 能够提供更大的推力：相较于传统的旋转执行器，线性执行器可以纵向分布，最大限度利用腿部或肘部空间，以布置更大更长的电机，从而提供更大的推力。

图：Optimus线性关节采用电机+行星滚柱丝杠方案



资料来源：特斯拉AI Day，东吴证券研究所

图：特斯拉线性执行器从成本拆分（2022年）



资料来源：特斯拉AI Day，东吴证券研究所

- 具体剖析线性关节方案，采用的是反向行星滚柱丝杠技术。行星滚柱丝杠可分为标准式、反向式、循环式、差动式和轴承环式五大类。一般标准式行星滚柱丝杠中，丝杠为主动件，螺母为输出构件，其优点在于能够实现较大行程，适用于环境恶劣，高负载、高速等场合，是目前应用最广泛的类型。而反向式行星滚珠丝杠中，螺母为主动件，丝杠为输出构件，其最大的优势在于可将其螺母作为电机转子实现电机和丝杠一体化设计，结构更为紧凑，主要用于中小负载、小行程和高速的应用场景。
- 特斯拉人形机器人用反向式行星滚柱丝杠的难点在于体积小&螺母加工难度较高。1) 体积小：反向式行星滚柱丝杠其外径小于一般普通丝杠，加工难度更高。2) 螺母加工难度高：反向式行星滚柱丝杠的螺母比普通螺母要更长，且与电机转子集成，加工难度很高。

图：行星滚柱丝杠可分为五大类别

	优缺点	应用场景	图例
标准式	目前应用最广泛的行星滚柱丝杠	精密机床、机器人、军工等	
反向式	优点：一体化设计，结构紧凑； 缺点：行程受到螺母内螺纹长度的限制	航空航天、船舶、电力等	
循环式	优点：具有较高的刚度和较大的承载能力 缺点：凸轮环结构会产生震动，存在噪音	医疗器械、光学精密仪器	
差动式	优点：可以获得更小的丝杠导程 缺点：重载情况下，容易产生磨损和精度丧失、可靠性较低问题	适用于传动比更大的场景	
轴承环式	优点：较高的承载能力和传动效率 缺点：结构复杂、径向尺寸大，制造成本高	石油化工、重型机械	

资料来源：《行星滚柱丝杠传动精度分析与设计》，东吴证券研究所

2.5 丝杠市场空间测算&核心标的推荐

图：人形机器人用丝杠市场空间测算

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E	2035E
全球机器人新增需求（万台）	3	6	15	30	60	116	188	308	504	777	1,165
-单价（万/台）	35	35	35	35	35	25	20	14	14	14	14
市场空间（亿元）	89	215	516	1,038	2,114	2,903	3,762	4,318	7,060	10,875	16,310
直线执行器需求量（万套）	36	86	206	415	846	1,626	2,633	4,318	7,060	10,875	16,310
-单价（元/套）	10,000	9,500	9,025	7,220	5,054	3,538	2,830	2,406	2,045	1,943	1,845
市场空间（亿元）	36	82	186	300	427	575	745	1,039	1,444	2,113	3,010
行星滚柱丝杠需求量（万套）	20	49	118	237	483	929	1,505	2,467	4,035	6,214	9,320
-单价（元/套）	10,000	9,500	9,025	7,671	6,521	4,564	3,652	2,921	2,337	2,103	1,998
市场空间（亿元）	20	47	106	182	315	424	549	721	943	1,307	1,862
梯形丝杆需求量（万套）	15	37	88	178	362	697	1,129	1,850	3,026	4,661	6,990
-单价（元/套）	1,000	950	903	857	772	617	432	302	287	273	259
市场空间（亿元）	2	3	8	15	28	43	49	56	87	127	181

图：直线执行器（丝杠）核心标的整理

公司代码	公司名称	所处环节	简介	2023年营收 （亿元）	2023年利润总额 （亿元）
601100.SH	恒立液压	丝杠	公司主营业务是液压传动控制设备与系统集成的研发、制造、销售和服务工作。主要产品包括高压油缸、高压柱塞泵、液压多路阀、液压马达、工业阀、液压系统、液压测试台及高精密液压铸件等产品。	89.85	28.30
603009.SH	北特科技	丝杠	公司是专业研发、制造汽车底盘零部件、汽车空调压缩机、高精密零部件、铝合金轻量化产品的企业，主营业务为底盘零部件业务、铝合金轻量化业务、空调压缩机业务。	18.81	0.55
（未上市）	新剑传动	丝杠	公司是专业从事智能传动产品研发、生产和销售的高新技术企业，主要服务于机器人、汽车、半导体通讯电子等行业。	—	—
300580.SZ	贝斯特	丝杠	公司是江苏省高新技术企业，主营业务为各类精密零部件、智能装备及工装夹具等原有业务，新能源汽车零部件业务，工业母机、人形机器人等。	13.43	2.99
603667.SH	五洲新春	丝杠	公司是集研发、制造和服务为一体的综合型企业集团，主营业务为轴承及配件、汽车零配件、五金、车床零部件的研发、生产和销售。主要产品为轴承产品、汽车零部件和热管理系统零部件。	31.06	1.63
300100.SZ	双林股份	丝杠	公司主营业务为汽车部件的研发、制造与销售业务，主要产品包括汽车内外饰及精密零部件、智能控制系统部件、动力系统、轮毂轴承、滚珠丝杠等。	41.39	1.06

数据来源：东吴证券研究所整理



- 一、人形机器人行业复盘与投资机会总结
- 二、T链进展：确定性看Tier1和谐波减速器环节，未来变化首推灵巧手环节：
- 三、国内产业链：华为领衔中国具身智能产业落地，未来潜力巨大
- 四、投资建议与风险提示

3.1 海外科技巨头纷纷布局人形机器人

- 人形机器人市场目前科技巨头逐步进入，全球具身智能主机厂参与者众多，多数处于前期研发阶段，仅有少数达到商业化阶段。受益于AI大模型的积累，海外机器人厂商在技术和产品进展上较国内厂商进展要稍快。

图：海外人形机器人主要企业进展

公司	地域	成立时间	团队背景	产品和发布时间	特点	应用场景
特斯拉	美国	2003年	基于特斯拉在汽车等领域的积累	2022.8: Optimus Gen1 2023.12: Optimus Gen2	硬件层面具备超高的灵活性和协调控制力，软件基于FSD技术积累	工厂及生活场景
谷歌&Apptronik	美国	2016年	德州大学奥斯丁分校的Human Centered Robotics Lab分拆	2024: Apollo	有谷歌Deepmind技术团队支持	仓库和工厂场景
波士顿动力	美国	1992年	MIT和卡耐基梅隆大学的技术团队	2013: 初代Atlas 2016: 第一代液压版Atlas 2024: 全新全电动Atlas	良好的机械控制能力和复杂动作的实现能力	实验室应用
Figure AI	美国	2022年	核心团队来自于佛罗里达人类和机器认知研究所（IHMC）、Waymo、谷歌和Tesla等	2024.3: Figure 01	具备多模态理解、端到端学习能力，行走能力接近人类	定位通用场景
1x Techonologies	挪威	2014	核心团队来自于谷歌Deepmind	2022: EVE轮式机器人 2024: NEO双足机器人	Open AI投资，在AI大模型和端到端能力上有Open AI支持	工业、物流、零售和家庭场景
Standford Aloha	美国	/	斯坦福大学AI实验室	2024.6: Humanplus	基于宇树的H1机器人平台，人形模仿能力可以通过40h的高效演示，观察模仿学习一项新任务	科研场景，技术开源
Sanctuary AI	加拿大	2018	来自于量子计算行业先驱D-Wave、机器人公司Kindred和Creative Destruction Lab	2024.4: Phoenix Gen7	跟英伟达合作，具备AI的端到端能力，具备一定的泛化能力	通用化场景
PI	美国	2024	核心团队来自于Deepmind、Standford和NASA等	2024: π0（机器人软件）	采用预训练和后训练结合的AI算法，具备较高的泛化能力	通用化场景

数据来源：各公司官网、东吴证券研究所

3.2 国内外产业链共振，华为入局加速产业布局

- **国内人形机器人进展：**人形机器人产业以美日企业牵头，国内企业顺势而上加速追赶，小米、小鹏、傅里叶、埃斯顿等公司都在积极探索和布局人形机器人领域，产品方案各具特色。同时，随着政策的不断出台和资本的持续涌入，人形机器人产业链也将不断完善和壮大，**将加速人形机器人在商业、家庭、工业等不同场景下的应用落地。**

图：行业迎来黄金发展期，国内主机厂纷纷布局

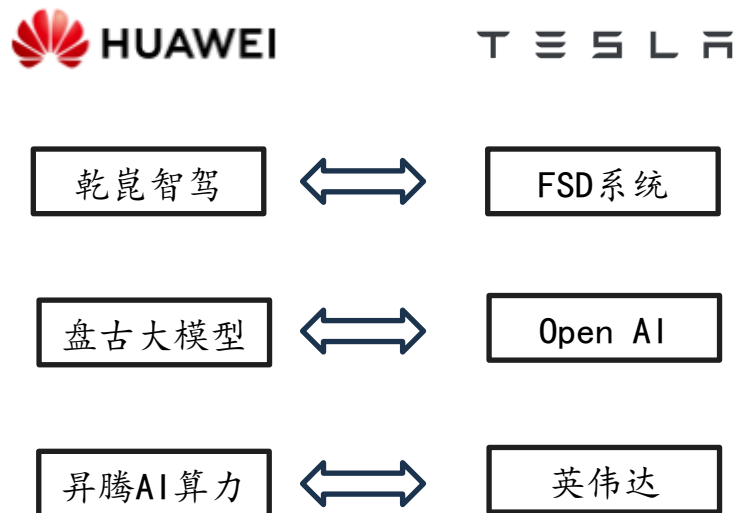
公司	概览	人形机器人型号	人形机器人简介	发布年份	速度 (km/h)	自由度	销售
优必选	2012年创立，国内人形机器人第一股	Walker S	第一款工业场景机器人，已经进入蔚来汽车工厂实训	2024	-	-	少量
小米	2010年创立，专注于消费电子及智能家居生态链建设	CyberOne	为一款基于人工智能交互算法的双足真人尺寸人形机器人，能感知人类情绪，视觉敏锐、可对真实世界三维虚拟重建，充分模拟人的各项动作。采用了高度可扩展的设计，可实现更多的AI模型与算法验证，在工业、康复、居家、科研等多应用场景潜能巨大。	2022	3.6	21	无
傅利叶智能科技	2015年创立，核心产品康复机器人已进入规模化应用阶段。	Fourier GR-1	具备自主导航、语音交互、人脸识别等功能，可以广泛应用于家庭、商业、工业等领域。采用先进的AI算法和传感器技术，能够实现精准定位、自主避障和智能交互。	2023	5	44	预售
智元机器人	2023年由华为天才少年稚晖君创立	远征A1	为一款云端智能迎宾服务机器人，结合了云端大脑的智能视觉、智能语音、智能语义、智能运动等综合AI能力，可以完成精准运动、高精度视觉引导、柔性抓取和操控等任务。	2023	7	49	无
达闼	2015年创立，云端智能机器人运营商	Cloud Ginger XR1	攻克了SLAM、ToF激光雷达、结构光等核心技术，进一步提升了机器人的场景识别和语义理解能力	2019	-	34	少量
追觅	2017年创立，起步于扫地机器人	通用人形机器人	采用了创新的“直腿”行走方案，不仅平衡能力出众，更在行走方式上呈现出大跨步、自然且拟人的步态	2023	-	44	无
小鹏鹏行	2016年创立，起步于四足机器人	PX5	宇树H1人形机器人是一款高度集成的智能机器人，具备高度的灵活性和自主性，能够实现智能控制，可应用于物流、仓储、医疗、救援等多个领域。	2023	-	-	无
宇树	2016年创立，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	H1		2023	5.4	19	无

数据来源：各公司官网、东吴证券研究所

3.3 华为链：国内外产业链共振，华为入局加速产业布局

- **华为在机器人领域早有布局：**特种机器人方面，23年华为与中国煤科、海康威视以及科大讯飞联合推出“领航者3巡检机器人”，华为方面主要提供昇腾AI算力。人形机器人方面，22年4月华为首次涉足人形机器人领域，与达闼机器人签署合作协议，联合开展机器人应用领域技术攻关；23年6月华为投资8.7亿成立东莞极目机器人公司，专注于研发AI技术应用和智能制造等领域的解决方案。24年3月，搭载盘古大模型的乐聚机器人亮相华为HDC大会。24年5月华为与四川省签署战略合作协议，10月开始筹备华为（西南）数字机器人创新中心、华为（四川）人工智能与智改数转创新推广中心、华为（成都）数字服务创新中心。
- **华为在机器人领域布局类似于英伟达，提供大模型&算力支持。**在大模型方面，华为拥有盘古具身智能大模型，全面赋能自动驾驶、铁路巡检、人形机器人等多领域；在算法和云平台方面，华为拥有毕昇编译器和华为云平台，能够帮助本体企业训练&加速机器人应用创新。

图：华为在软件端实现对标海外最高水平



数据来源：东吴证券研究所整理

图：华为（西南）数字机器人创新中心成立



数据来源：华为官网，东吴证券研究所

3.3 华为链：国内外产业链共振，华为入局加速产业布局

● **华为机器人：**我们预计多BU均有前期研发，乐观来看25年机器人亮相在即：
华为链刚开始出发，有望复刻T链行情：华为具备昇腾芯片、盘古大模型、FSD等全系列智算软件系统，叠加华为部分合作方整机制造能力，有望复刻华为“智选”模式赋能多家人形制造厂商。此外，机器人核心零部件厂商也可复用当前国内其他人形厂商的供应商。当前HW链正在形成过程中，我们估计若对标特斯拉进度，HW尚处于特斯拉22年的Optimus Gen1阶段，我们认为25年华为机器人链的零部件供应商变化、华为对外的发布会、地方政府和华为的合作应重点跟踪。

图：华为签约合作备忘录的重点公司梳理

类型	重点供应商	主营业务	合作BU	事件
整机	拓斯达	工业机器人	云计算	24年11月作为工业机器人和运动控制合作方就华为云就具身智能领域签署合作协议，联创项目智能分拣和码垛工作站
	乐聚机器人	人形/物流/教育机器人	云计算	24年6月乐聚夸父机器人亮相华为HDC大会，11月签约、联创项目是展厅讲解服务机器人，12月华为联合中国移动和乐聚开展5.5G网络下的机器人应用
	埃夫特	工业机器人	未披露	24年11月与华为签署合作备忘录
	大族机器人	协作机器人	未披露	24年11月与华为签署合作备忘录
	中坚科技	园林机械、智能机器人	未披露	24年11月与华为签署合作备忘录
电机电控	兆威机电	微型传动系统	2012实验室	24年11月与华为签署合作备忘录，联创项目是2012年实验室柔性自动化装配技术外溢，解决企业问题
	禾川科技	伺服、PLC、变频等	未披露	24年11月与华为签署合作备忘录
	科力尔	串激电机、伺服电机	未披露	22年中标伺服电机系统订单，应用于华为的芯片检测设备、新能源车等

数据来源：东吴证券研究所整理



一、人形机器人行业复盘与投资机会总结

二、T链进展：确定性看Tier1和谐波减速器环节，未来变化首推灵巧手环节：

三、国内产业链：华为领衔中国具身智能产业落地，未来潜力巨大

四、投资建议与风险提示

● 投资主线:

- 1) T链（特斯拉）：推荐【三花智控】【拓普集团】【绿的谐波】【鸣志电器】【双环传动】；建议关注【贝斯特】【北特科技】【五洲新春】【安培龙】【双林股份】等。
- 2) 华为机器人产业链：推荐【赛力斯】【雷赛智能】；建议关注【兆威机电】【中坚科技】【拓斯达】【埃夫特】【禾川科技】【祥鑫科技】【柯力传感】【豪能股份】【蓝黛科技】等。
- 3) 其余链条：推荐【伟创电气】；建议关注【中大力德】【长盛轴承】【建设工业】等。

- **人形机器人产业化不及预期：**人形机器人技术尚未完全成熟，零部件成本较高，量产仍需解决技术与成本问题。若量产进度不及预期，机器人本体与零部件企业利润则不及预期。
- **技术迭代导致现有零部件不再应用：**人形机器人目前技术路线尚未完全确定，若技术迭代导致技术路径变化，原定的零部件供应商可能被排除供应链外。
- **国际贸易摩擦及大客户依赖风险：**人形机器人产业众多零部件需要依靠国外进口，若国际贸易摩擦导致供应链断裂，则机器人本体生产可能受阻。
- **零部件降价导致盈利能力下滑：**人形机器人量产仍有降本需求，若本体厂商向供应商采取压价措施，则零部件厂商利润空间可能受损。

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街5号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园