人形机器人深度：产业化渐行渐近，未来前景广阔

2024年7月16日

引言：作为AI与物理世界交互的载体，人形机器人迎来产业发展窗口期

- **人形机器人是人工智能与物理世界交互的优质载体。**大模型问世是人工智能发展的分水岭，以人工智能大模型为代表的人工智能第三发展阶段未来会有一段较长的发展红利期，将成为新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力量。人形机器人作为人工智能落地物理世界的优质载体，将受益于人工智能的快速发展，其拥有感知、思考、决策等能力不再遥不可及。人形机器人集成人工智能、高端制造、新材料等先进技术，有望成为继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品。当前人形机器人正处于从实验室研发到产业化转化的关键时期，产业规模快速增长，生态活力不断提升。
- **应用场景多元化，劳动力缺口加速机器人产业化进程。**人形机器人下游应用场景丰富，包括生产制造、应急救援、家庭陪护、教育、医疗等。在产业场景中，人形机器人主要在智能制造领域发力，如IBM结合AI、遥感和边缘计算的力量打造新一代安防巡检机器人，亚马逊采用AI技术驱动机器人用于自动化的仓库操作和物流处理等。劳动力缺口扩大导致用工成本上升，工厂机器替人需求逐渐增加，有望进一步加速机器人产业化进程。
- **多方入局，人形机器人正迎来产业高速发展窗口期。**外资巨头纷纷加速推进人形机器人业务进程，2024年3月，OpenAI与FigureAI合作推出通用型机器人Figure01，全球AI算力头部厂商英伟达发布人形机器人通用基础模型ProjectGR00T；4月，波士顿动力新版Atlas人形机器人亮相；5月，特斯拉发布人形机器人Optimus最新进展视频，展现其已具备分拣电池、行走、执行工厂任务的能力。在激烈竞争的市场环境下，我国人形机器人产业也呈现出蓬勃发展的态势。优必选Walker、小米CyberOne、达闼Ginger、傅利叶GR-1等一批国产人形机器人陆续面市，全球人形机器人产业竞争按下加速键。

目录

1人形机器人行业复盘和投资方法总结

2人形机器人关键技术：运控算法

3人形机器人产业链拆解

4投资建议

5风险提示

目录

1人形机器人行业复盘和投资方法总结
2人形机器人关键技术：运控算法
3人形机器人产业链拆解
4投资建议
5风险提示

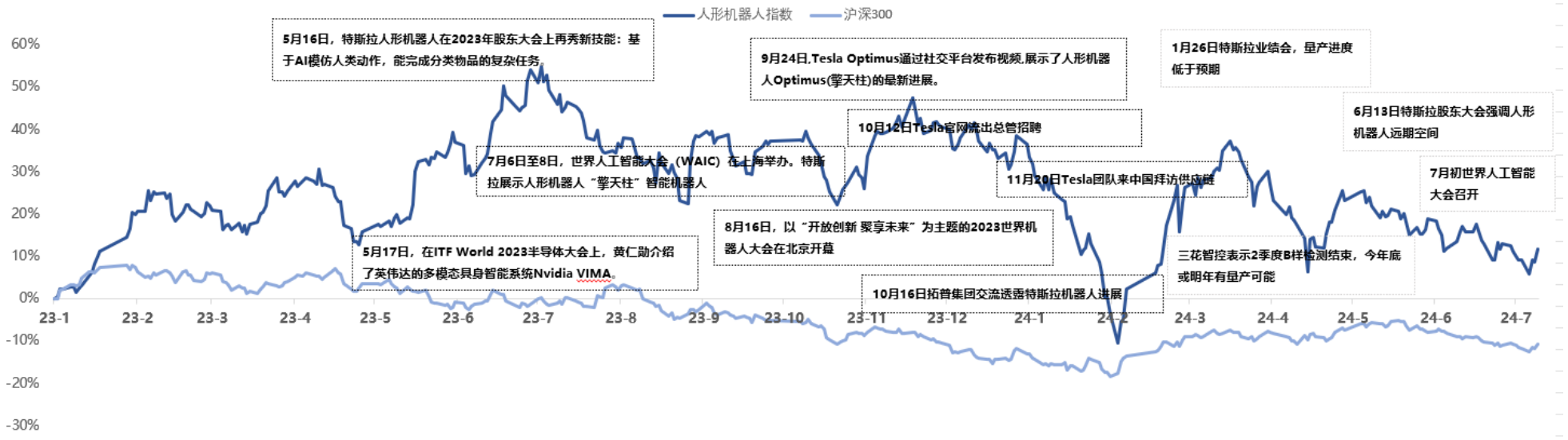
1.1复盘：人形机器人行业复盘

- **事件驱动型投资，关注头部厂商技术突破。**人形机器人属于强预期板块，主要是事件驱动，板块行情和特斯拉、英伟达、优必选等本体头部厂商进展高度相关。
- **2023年人形机器人行情在5月16日启动：**主因特斯拉和英伟达相继发布人形机器人最新技术，机器人板块作为AI大模型的重要应用端受到市场重视。
- **2023年10月，机器人板块经过调整之后迎来第二波涨势：**主因拓普集团等潜在供应商透露特斯拉机器人最新进展以及特斯拉团队来中国拜访供应链。
- **2024年1月以来人形机器人板块迅速下跌：**主因市场流动性较差，中小股票下跌较多，1月进入业绩预告期，板块公司业绩频频低于预期，叠加1月26日特斯拉在交流会上表示2025年才可能量产机器人，进度低于预期。
- **从2月7日开始板块迎来超跌反弹：**主因市场流动性和风险偏好的改善。2月20日，三花智控等头部供应商表示2季度B样检测有望结束，24年底或者25年初有望进入量产阶段。
- **2024年3月中旬开始板块迅速下跌：**主因人形机器人板块利好落地，加之年报业绩期来临，板块小幅调整。
- **从4月中旬开始板块迎来反弹：**特斯拉、英伟达等头部厂商释放利好信息，业绩期逐渐步入尾声，美股特斯拉、英伟达、谷歌等AI头部厂商表现较好，带动A股AI板块回暖，机器人板块也随之反弹。

1.1复盘：人形机器人行业复盘

- **事件驱动型投资，关注头部厂商技术突破。**人形机器人属于强预期板块，主要是事件驱动，板块行情和特斯拉、英伟达、优必选等本体头部厂商进展高度相关。

图表1：人形机器人指数及沪深300指数对比分析

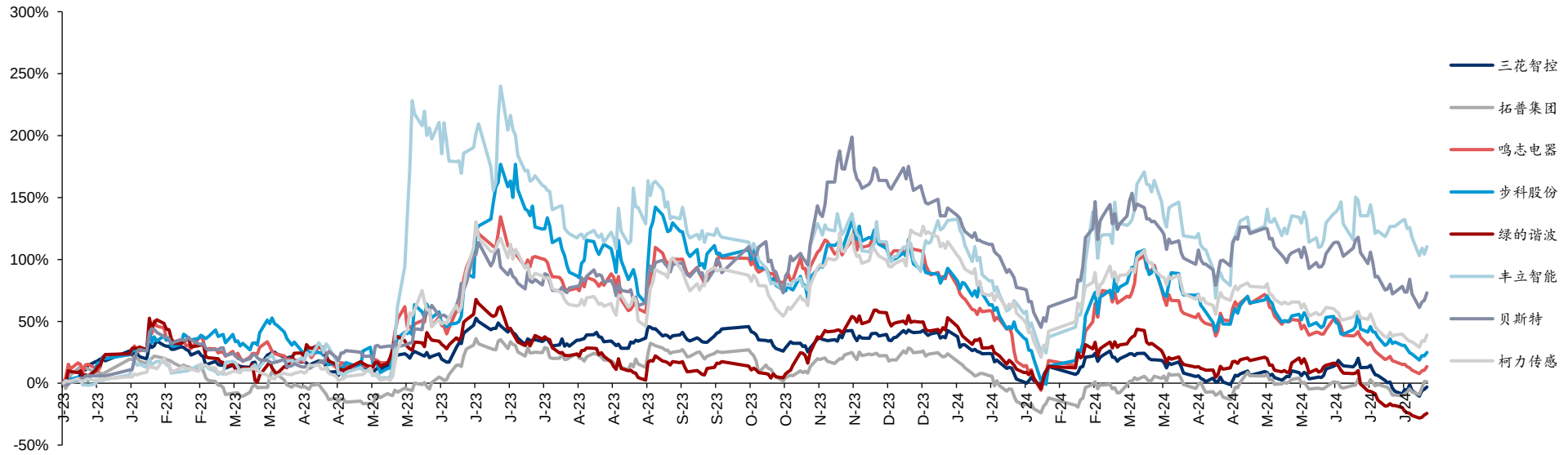


资料　　：Wind，华安证券研究所

1.2重点个股复盘：从炒小炒新逐步收敛到核心标的

- 2023年，受市场风格影响，在人形机器人板块中，小市值标的涨幅显著高于大市值标的；谐波减速器供应商丰立智能、丝杠供应商贝斯特、力感传感器供应商柯力传感涨幅居前；机构持仓较多的三花智控、拓普集团弹性弱于小市值标的。
- 2024年，我们通过复盘发现有业绩支撑的大市值股票抗跌性较好,小市值股票反弹弹性大。板块从炒小炒新逐步收敛到有进入头部厂商产业链的核心标的。

图表2：主要个股行情复盘

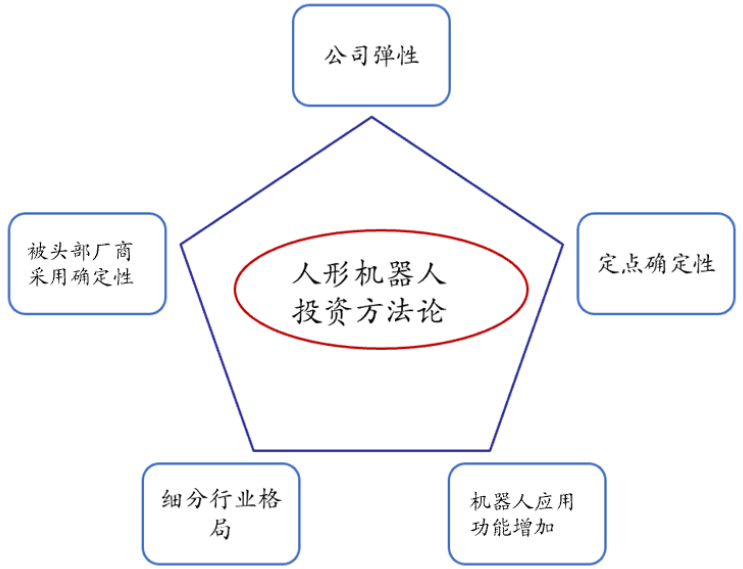


资料　：Wind，华安证券研究所

1.3人形机器人投资方法论——五大维度择选优质公司

- 复盘总结：人形机器人产业链表现为事件驱动和炒小炒新，主要原因为这是一个终局能看清，但是中间节奏看不清，短期没有业绩的行业。股价上涨的核心都是围绕增加的期权价值，我们总结了五大维度帮助把握人形机器人产业链的投资机会。
- **机器人应用功能增加：**事件催化背后是头部厂商技术进展，增加机器人应用功能，增加潜在销量和加快量产进展，确定性和行业潜在空间提升，股价上涨；
- **被头部厂商采用确定性：**环节被头部厂商采用的概率增加增强了确定性和潜在空间，股价上涨；
- **细分行业格局：**细分环节的壁垒越高，格局越好，最终落实到终局可以获得较高的市占率以及净利率；
- **定点确定性：**过往与头部厂商有合作的企业获得定点概率更大；
- **公司弹性：**机器人业务占比高，受其他业务影响的公司，弹性更大。

图表3：五大维度择选优质公司



资料　　：华安证券研究所整理

1.4催化剂：关注特斯拉、英伟达、figure的技术进展

- 2024年3月18日，英伟达GTC大会发布GT001机器人平台
- 2024年3月29-31日，中国具身智能大会（CEAI2024）在上海市徐汇区西岸智塔召开
- 2024年4月，中国人形机器人生态大会在上海举行
- 2024年5月，特斯拉发布二代optimus最新进展
- 2024年6月，特斯拉召开股东大会
- 2024年7月，世界人工智能大会在上海举办
- 2024年Q2末，特斯拉Optimus的零部件B样测试结束，可能会有公司定点，然后再进入C样
- 2024年8月15日-8月19日，2024年世界机器人大会（北京）博览会将在北京举办
- 2024年Q3，特斯拉产业链或有定点消息
- 2024年底或者2025年初，特斯拉Optimus准备量产。

目录

1人形机器人行业复盘和投资方法总结

2人形机器人关键技术：运控算法

3人形机器人产业链拆解

4投资建议

5风险提示

2.1人形机器人关键技术：运控算法

- **人形机器人对工业机器人的优势：**工业机器人和机械臂等更多在标准工业场景下使用，功能有限，设计人形机器人的意义在于机器人可以像人一样，在各种非结构化的场景下应用，实现多种功能的整合。

- **运控算法是人形机器人大规模量产的关键要素。**运动控制能力是人形机器人的核心能力，在机器人执行具体任务时候，需要解决准确性和实时性问题，AI在机器人的任务和步态规划是其中最大的难点，其他的比如人形机器人行动的速度、步幅、稳定性和路径规划也都是难点。

- **人形机器人算法可供练习数据相对较少。**人形机器人最终仍然需要往与人交互的层面上发展，要确保人形机器人在与人类做物理交互的安全不能仅依靠纯位置控制，最终能决定机器人人机交互能力的主要是AI算法及软件平台能力。相对自动驾驶和ChatGPT等人工智能算法，人形机器人的算法难度在于可获取用于练习的数据较少。

- **技术发展遵循“工业——2B商业——2C家用”的路线。**完全2C需要应用的场景太多样，算法和AI技术都难以满足要求。全通用场景的人形机器人实现难度较大，2B工业是最先应用的场景。2B场景更标准化、更简单，场景结构化程度高，尤其是工业场景，它更加标准，有利于标准数据收集及算法和产品迭代。

2.2人形机器人重点发展方向

- **1）具身智能——专用大模型与人形机器人融合**

✓ 打造具身智能人形机器人，推动专用大模型与人形机器人深度融合，提升人形机器人环境感知、行为控制、人机交互，为人形机器人注入语言理解、视觉泛化、常识推理等关键能力，加速大模型训练迭代和产品应用，提高人形机器人的“人-机-环境”共融交互能力，支撑人形机器人全场景落地应用。

- **2）人形机器人核心部件：感知、驱动、结构**

✓ 聚焦人形机器人专用传感器，突破关键核心技术，提升人形机器人视、听、力、触、嗅等综合感知能力；提升减速器、电机、关节总成、伺服驱动器等驱动执行模块的高爆发移动和高精度作业能力，提升人形机器人运动控制能力；打造仿人机械臂、灵巧手和腿足，突破本体轻量化，研究人体力学特征及运动机理，形成人形机器人新型本体结构，实现多元化。

- **3）应用场景落地：制造业、矿山、军警**

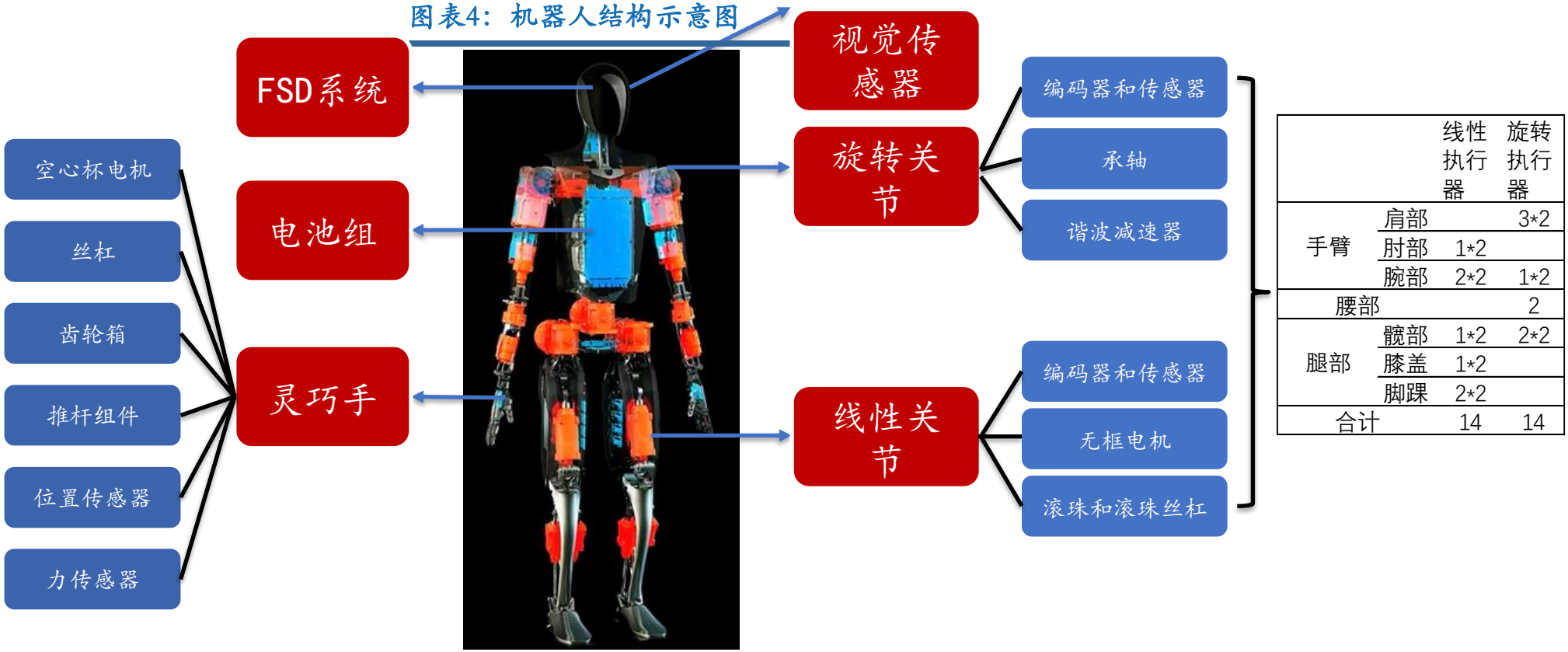
✓ 聚焦3C、汽车等制造业重点领域，提升人形机器人工具操作与任务执行能力，打造人形机器人示范产线和工厂，在典型制造场景实现深度应用；加快人形机器人在矿山环境应用，强化复杂环境下本体控制、快速移动、精确感知等能力，实现高效、安全的矿山作业；面向要地警戒守卫场景，强化人形机器人本体安全防护能力、复杂任务智慧生成与高精度操作能力，降低作业人员危险性。

2.3人形机器人主要零部件构成

人形机器人关键零部件企业 关键零部件是人形机器人实现感知、控制、执行的基础，直接关系到人形机器人的性能、稳定性和安全性，为人形机器人更广泛应用和发展提供有力支持	芯片	华为海思、中环股份、华天科技、寒武纪、阿普奇、芯擎科技、中兴微电子
	新型传感器	宇立仪器、华威科、鑫精诚、远行时空、伟景智能、度量科技、柯力传感、他山科技、吴志机电、晶品特装、坤维科技、能斯达
	运动控制	国讯芯微、卓誉电气、绿的谐波、环动科技、清能德创、三花智控、鼎智智能、拓普集团、鸣志电器、汇川技术、雷赛智能、步科股份、江苏雷利、埃斯顿、禾川科技、恒力液压、意优机器人、巨蟹科技、诺万特
	肢体	傲意科技、因时机器人、睿尔曼智能、大寰机器人、钧舵机器人
人形机器人整机企业 产业蓬勃发展，产业氛围浓厚，出现一批致力于发展人形机器人整机技术与产品的创新型创业公司，助力我国未来产业发展新赛道	感知决策	智元机器人、戴盟机器人、松延动力、开普勒、追觅科技
	运动控制	星动纪元、加速进化、中兵智能、伟景智能、睿尔曼智能、灵心巧手、优宝特、理工华汇、傅利叶智能、宇树科技、达奇月泉、天太机器人、西木科技
	肢体执行	优必选、天链机器人、高擎机电、中电科机器人、小鹏鹏行、钢铁侠、纯米科技
人形机器人+大模型企业 大模型有望快速推动人形机器人在各大场景的商业化落地进程	具身智能	科大讯飞、达闼机器人、银河通用、小米科技、乐聚机器人

2.4机器人构成：14个旋转执行器和14个直线执行器

图表4：机器人结构示意图



		线性执行器	旋转执行器
手臂	肩部		3*2
	肘部	1*2	
	腕部	2*2	1*2
腰部			2
腿部	髋部	1*2	2*2
	膝盖	1*2	
	脚踝	2*2	
合计		14	14

资料　　：汽车之家，华安证券研究所

2.5产业链价值及降本空间测算

- 硬件降本是人形机器人大规模量产的关键要素，六维力传感器、谐波减速器、行星滚柱丝杠和空心杯电机价值量最大，未来降本空间较大。

图表5：产业链价值及降本空间测算

产品	数量（个/台）	当前售价（元）	单体价值（万元）	占比	未来售价（元）	未来单体价值（万元）	占比	降幅
手部模组	**12**	**3700**	**4.44**	13%	**1250**	**1.50**	10%	-66%
空心杯电机	12	2000	2.40	7%	600	0.72	5%	-70%
行星减速器	12	500	0.60	2%	100	0.12	1%	-80%
编码器	12	200	0.24	1%	50	0.06	0%	-75%
驱动器	4	200	0.08	0%	100	0.04	0%	-50%
单维力传感器	12	800	0.96	3%	400	0.48	3%	-50%
旋转关节	**14**	**3050**	**4.27**	12%	**1730**	**2.42**	16%	-43%
无框力矩电机	14	500	0.70	2%	250	0.35	2%	-50%
谐波减速器	14	1200	1.68	5%	800	1.12	7%	-33%
单维力传感器	14	800	1.12	3%	400	0.56	4%	-50%
驱动器	14	200	0.28	1%	100	0.14	1%	-50%
十字交叉轴承	14	150	0.21	1%	80	0.11	1%	-47%
柔性轴承	14	100	0.14	0%	50	0.07	0%	-50%
编码器	14	100	0.14	0%	50	0.07	0%	-50%
线性关节	**14**	**15086**	**21.12**	60%	**5857**	**8.20**	53%	-61%
无框力矩电机	14	500	0.70	2%	250	0.35	2%	-50%
梯形丝杠	6	400	0.24	1%	300	0.18	1%	-25%
行星滚柱丝杠	8	3000	2.40	7%	1200	0.96	6%	-60%
驱动器	14	200	0.28	1%	100	0.14	1%	-50%
编码器	14	100	0.14	0%	50	0.07	0%	-50%
单维力传感器	10	800	0.80	2%	400	0.40	3%	-50%
六维力传感器	4	15000	6.00	17%	5000	2.00	13%	-67%
电池	2.5kwh	1000	**0.25**	1%	800	**0.20**	1%	-20%
连接器	120	20	**0.24**	1%	15	**0.18**	1%	-25%
FSD	1	10000	**1.00**	3%	8000	**0.80**	5%	-20%
IMU（惯性测量单元）	1	2000	**0.20**	1%	1500	**0.15**	1%	-25%
其他(壳体、控制器、摄像头、热管理、电子皮肤等)			**4.00**	11%		**2.00**	13%	-50%
硬件成本			**35.36**			**15.37**		**-57%**

资料　　：各公司公告，特斯拉，华安证券研究所

目录

1人形机器人行业复盘和投资方法总结

2人形机器人关键技术：运控算法

3人形机器人产业链拆解

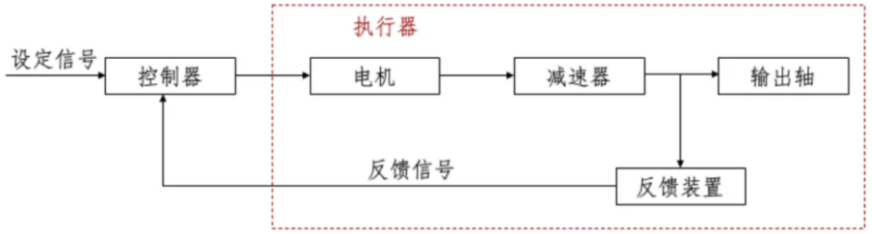
4投资建议

5风险提示

3.1机器人核心部件：执行器

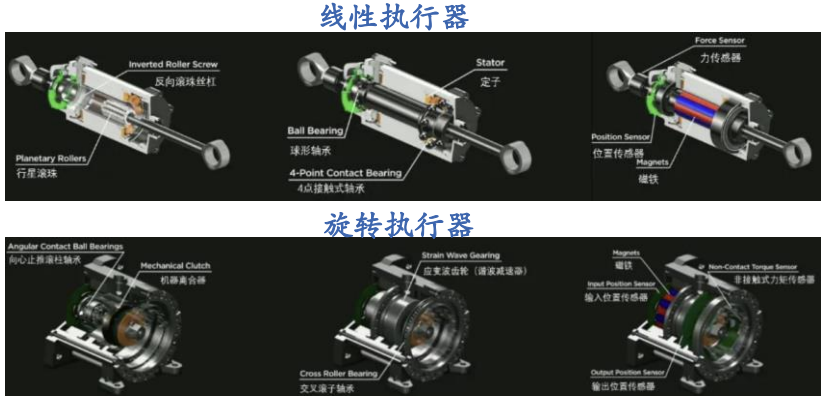
- **人形机器人的执行器主要负责将能量转化为机器人的机械运动。**执行器按运动类型可分为旋转执行器和线性执行器。旋转执行器相对于中点（即沿圆）以角度移动，主要用于使机器人的关节进行旋转运动，而线性执行器则用于推拉动作，如手臂的伸展。
- **执行器核心零部件包括电机、减速器、丝杠、编码器、力矩传感器等。**特斯拉Optimus线性执行器的配置为：无框力矩电机*1+行星滚柱丝杠*1+力传感器*1+编码器*1+驱动器+球轴承*1+四点接触球轴承*1；特斯拉Optimus旋转执行器的配置为：无框力矩电机*1+谐波减速器*1+力矩传感器*1+编码器*2+驱动器*1+交叉滚子轴承*1+角接触球轴承*1。

图表6：执行器原理示意图



资料　：《智能电动执行器关键技术的研究和开发（2012年）》，华安证券研究所

图表7：特斯拉线性执行器与旋转执行器构造图

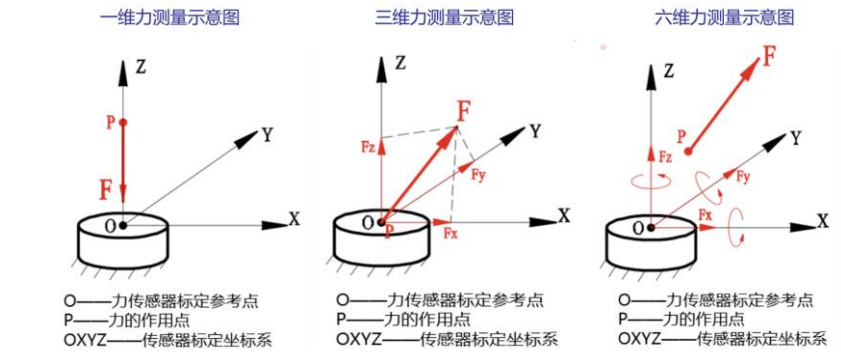


资料　：特斯拉，华安证券研究所

3.2机器人触觉：力矩传感器

- **传感器相当于机器人的触觉，力矩传感器是一种用于测量物体所受到的力矩或扭矩的传感器。**力矩是绕轴旋转时的力的效果，可以是静态力矩（未产生旋转的力矩）或动态力矩（产生旋转的力矩）。力矩传感器的作用是将物体的力矩转化为电信号。
- **按照测量方向分类，可分为一到六维力传感器。**六维力矩传感器是性能最优、技术壁垒最高的力矩传感器。在笛卡尔坐标系中，单轴力传感器只能检测一个方向的力值，无法测量其他方向的分量；三维力传感器能够检测X、Y、Z三轴方向的垂直力，但需要保证Z轴方向与重力方向一致，否则力值测量容易引起误差。而六维力矩能够同时测量三个轴向力Fx、Fy、Fz和三个轴向力矩Mx、My、Mz，能够满足任何方向上力的检测，是功能最全面的力矩传感器。
- **六维力传感器的核心技术是弹性体的结构设计**，这影响着传感器的灵敏度、动态性能、维间耦合等关键性能参数。六维力/力矩传感器的结构主要有一体化结构和Stewart并联结构两种。一体化结构的六维力传感器包括竖梁式、横梁式、复合梁式、圆筒式等。

图表8：不同维度力测量示意图



资料　：坤维科技公众号，华安证券研究所

图表9：不同弹性体结构的力/力矩传感器的特性比较

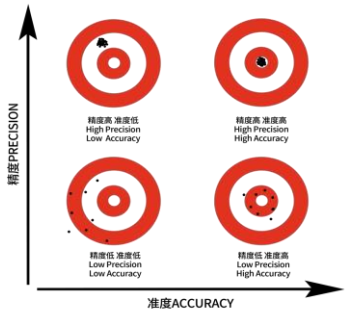
机械结构	优点	缺点
竖梁	承载能力强，结构简单，横向效应和抗冲击性能好	纵向灵敏度低，维间耦合严重
圆筒式弹性梁	耦合小	刚度差
十字弹性梁	高对称性，结构紧凑，刚度大，易加工，由于柔性连接简化了力学模型	存在维间耦合和径向效应
非径向梁式	刚度大	输出为强非线性
复合梁型	可实现无耦合测量	结构复杂，受加工和装配精度的影响大
Stewart 并联结构	刚度大，稳定性好，负载能力大	较难实现力和力矩的各向同性，仅适用于静态力/力矩的测量

资料　：付立悦《多维力传感器的静动态性能研究》，华安证券研究所

3.2.1六维力传感器技术壁垒：消除维间耦合，六维联合加载

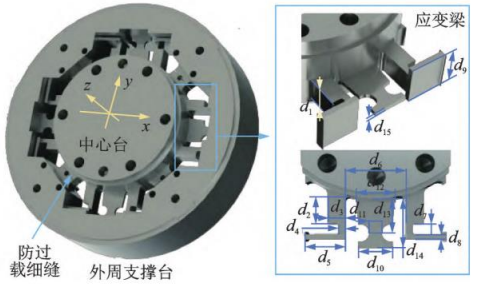
- **六维力传感器测量的准确度通常由串扰、精度、准度等指标表示。**1）串扰：用来衡量多维力传感器各测量方向间的耦合影响，可以反映测量误差水平，是体现产品性能的关键指标之一；2）精度：衡量测量结果之间的重复性；3）准度：衡量测量结果与理论真值的偏离程度，更能体现产品的综合性能，是多维力传感器最为核心的技术指标之一。
- **六维力传感器的技术壁垒较高。**六维力/力矩传感器提升性能、降低误差的关键是消除维间耦合，目前消除维间耦合的解耦方法常见有硬件解耦和软件解耦两种。多维测力传感器的加载标定是制约其研制的技术瓶颈，对六维力传感器而言，标定需要同时考虑六个维度，其在承受多个维度力的同时作用时非线性特征显著，需要应用六维联合加载。
- **六维联合加载设备是高精度六维力传感器研发和生产的必要条件。**六维力传感器标定检测设备可以对力觉传感器实现正交三个方向力和三个方向力矩的同时精确加载，只有在传感器标定和检测过程中采用这种六维联合加载的方式，才能实现0.5%FS准度。六维联合加载设备的研发涉及到空间光学定位、载荷位移补偿、机电一体化等多项综合技术，非常依赖工程经验。

图表10：精度与准度指标的详释图



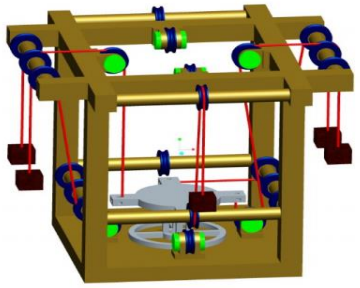
资料　：坤维科技公众号，华安证券研究所

图表11：六维力传感器弹性体结构示意图



资料　：宋逸等《一种低耦合高精度六维力传感器设计及应用》，华安证券研究所

图表12：传感器标定装置



资料　：张思远《一种新型高精度六维力传感器的设计与研究》，华安证券研究所

3.2.2六维力传感器的市场空间：目标市场空间200亿元

- 人形机器人通常在手腕、脚踝处安装六维力传感器共4个，在其余旋转执行器、线性执行器以及灵巧手关节部位安装1个单维力传感器。
- **六维力矩传感器单价昂贵是其无法广泛普及的重要原因之一。**根据MIR调研，六维力传感器产品单价可达2-4万元。六维力传感器利润率较高，存在较大的降价空间。出于谨慎性考虑，假设2025-2030年六维力传感器价格由1.5万元/个降至0.5万元/个。
- **目前六维力传感器市场空间不足20亿元，当人形机器人销量达到100万台时，市场空间有望达到200亿元。**

图表13：力传感器市场空间测算

力传感器空间测算	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球机器人新增需求(万台)	**3**	**6**	**15**	**30**	**60**	**100**
单维力传感器需求量(万套)	**102**	**204**	**510**	**1020**	**2040**	**3400**
-单价(元/套)	800	800	700	600	500	400
市场空间(亿元)	8	16	36	61	102	136
六维力传感器需求量(万套)	**12**	**24**	**60**	**120**	**240**	**400**
-单价(元/套)	15000	12000	10000	8000	6000	5000
市场空间	18	29	60	96	144	200

资料　：MIR，华安证券研究所

3.2.3六维力传感器格局：国外ATI等厂商技术较先进

- **全球六维力和力矩传感器厂商主要分为欧美、日韩、国产三大阵营：**
- 1）欧美地区厂商：分为传统传感器制造商如ATI、Bota、Kistler等和全球知名机器人末端工具生产商如OnRobot、Robotiq等，后者主要和本地机器人厂商合作，包括优傲机器人、达明机器人等。
- 2）日韩厂商：六维力和力矩传感器厂商主要有Wacoh-Tech、Robotous等，主要配套本地区机器人厂商发那科、安川等。
- 3）国内厂商：以宇立仪器为代表，已经在全球市场开始和欧美、日韩厂商同台竞技，国内厂商还有坤维科技、鑫精诚、蓝点触控等。

图表14：全球力和力矩传感器主要参与者一览

品牌	业务简介
Baumer	1952年以电器开关起家，后逐渐开发光学传感器、编码器、力矩、温度、压力传感器等产品，业务领域覆盖食品饮料、钢铁冶金、工程机械、轨道交通、生物制药、工业自动化等领域的测量与控制。
Interface	1968年以称重传感器起家，逐渐开发矩补偿器、力矩校准器、多维力和力矩传感器等全套力矩测试产品技术，成为力测量解决方案集成商，业务领域覆盖工业自动化、航空航天、汽车等众多领域。
ATI	1989年成立，主营工具快换装置、多维力矩传感器、抛光打磨工具等机器人末端执行器，2021年被NOVANTA以2.239亿美金收购ATI，作为集团进军工业自动化的技术支撑。
HBM	1950年以位移传感器起家，不断拓展应变片、称重、力和力矩传感器产品，并开展传感器OEM代工业务。2000年被Spetris收购，并与Brüel&Kjær合并成HBK公司，作为硬件技术辅助集团进军航空航天、汽车、轨道交通等领域的力测试业务。
Optoforce（onrobot）	2012年以机器人力矩传感器起家，2018年与PerceptionRobotics、onrobot三家公司合并而成现在的onrobot，成为协作机器人解决方案集成商，Optoforce主要负责六维力矩传感器的研发生产。
Bota	衍生于苏黎世联邦理工学院机器人系和NTUA控制系统实验，目前专营面向抛光打磨、组装示教场景的协作机器人传感器。
AIDIN	衍生于韩国Sungkyunkwan大学机器人创新实验室，以力矩、近觉传感器、智能抓手为主，主营协作机器人的力控解决方案。

资料　　：前瞻产业研究院，华安证券研究所

3.2.3六维力传感器格局：国内宇立仪器相对领先

- 力矩传感器领域国内外头部厂商差距较大，国内宇立仪器和坤维科技相对领先。宇立仪器在工业机器人磨抛行业和汽车碰撞测试行业应用较多，坤维科技在协作机器人、医疗手术机器人、医疗检测机器人和康复机器人领域优势显著。

- 近年来中国力矩传感器市场入局者逐年增加，但受限于该行业的高技术壁垒，真正具备批量供应能力的厂商依然较少。

- 从行业集中度来看，目前行业内出现少数头部厂商企业，但是受制于技术壁垒，暂时未形成大规模的生产优势，因此行业集中度处于中等偏高水平。

图表15：国内力和力矩传感器主要参与者一览

品牌	业务简介
宇立仪器	主营多轴力传感器、力控打磨设备和汽车测试设备，围绕力测量和力控制，为全球客户提供系列化的解决方案。多轴力传感器包括六维力传感器、三维力传感器、一维力传感器和关节扭矩传感器。
蓝点触控	从事高精度、高性能力传感器以及力控产品研发和生产，在多维力传感器、关节扭矩传感器、机器人力控技术等方面拥有深厚的经验积累和技术优势，现已形成了Wrist六维力传感器、Joint关节扭矩传感器、力控应用软件包等多个产品系列。
坤维科技	从事智能型多轴力传感器研发、生产及应用，掌握力觉测量核心技术，具备自主知识产权。公司的六维力传感器以先进的力敏元件及其固化技术、标定检测技术、核心算法、智能化硬件，赋予机器人、精密制造、测试与测量、航空航天、大健康等领域革命性的机器力觉产品及解决方案，产品性能稳定，准度（含串扰）可优于0.5%FS。
鑫精诚	成立于2021年，专注于微型压力、称重、多轴力、扭力等多样化的智能传感器与控制仪表等工业级产品的创新研发和精益生产。为3C自动化设备、精密医疗、农业、新能源锂电、机器人、半导体、航空铁路等领域提供“力控系统解决方案”与技术创新，以及高校产学研合作。
神源生智能	致力于力测试技术的研究及产业化，主营产品包括多维力传感器、力矩传感器、测力平台、刚度仪等，已应用于航空航天、机器人、自动化、科研教学等行业，并已经销售至美国、德国、丹麦、瑞典等欧美国家。
瑞尔特测控	致力于提供力测与自动化控制解决方案，研发、生产精密微小型测力传感器、扭矩传感器、多维力传感器、称重传感器等产品，同时提供包括风洞、拧紧力、电动起，电动工具、六分量天平、桥梁、核电、贴片膜应力分析、高速称重测力数据采集、多通道数据采集等一系列专业技术服务。

资料　　：各公司官网，华安证券研究所

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/205341030230011300