

# 人工智能的终极载体，开启十年产业大周期

## --人形机器人深度报告

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

2023年8月18日

- ◆ **人形机器人开启人工智能应用大未来，未来十年产业大趋势确立：**人形机器人的通用性打破工业及服务机器人的限制，近2年国内外资本大举进入，未来20年产业大趋势确立。特斯拉机器人兼具性能与性价比，目标定价2万美金，且进度引领全球，目前处于B样阶段，24年底有望开始小批量，率先与工厂应用，商业化路径将从细分领域突破到通用型，从tob向toc转变，28-30开始大规模放量。我们预测全球25年人形机器人初步商业化，销量2-3万台，30年新增需求100万台，2035年销量有望突破1000万台。
- ◆ **AI加速人形机器人产研，特斯拉引领全球：**软件决定人形机器人高度，算法需与硬件匹配，而科技巨头具备超强研发实力及软件技术优势，其中特斯拉凭借FSD算法算力积累、电动车供应链降本优势，遥遥领先。特斯拉将FSD纯视觉+深度学习神经网络嫁接至人形机器人，利用仿真虚拟大模型及自动驾驶积累数据提升算法训练效率，从而提高机器人平衡性能、行走步态、手部抓取等。此外，特斯拉自研的FSD芯片与Dojo超算提供算力支撑。
- ◆ **特斯拉运控系统最具量产优势，中国供应链受益：**特斯拉机器人核心关节包括三大类、40个执行器组成，其中身体14个旋转执行器（谐波减速器方案）、14个线性执行器（滚柱丝杠+梯形丝杠方案），手部12个空心杯模组。目前执行器三花与拓普均已送样，手部关节鸣志电器已送样。目前整机bom成本超30万，大规模量产后将降至10万元。从价值量及技术壁垒综合看，零部件排序为六维/丝杠/减速器/空心杯/无框力矩电机。**六维传感器：**目前进口价值量高，单个1-2万元，推测手腕或各使用一个，国产技术未完全突破；**滚柱丝杠：**线性执行器中使用8个左右，目前单个价值量1-2万元，龙头为欧洲厂商，看好速滚柱丝杠国产化的大幅降本；**谐波减速器：**旋转执行器中使用14个，单个价值量1200元，供应商为绿的，未来随小厂起量，价格有下降空间，同时腕关节或使用新型RV减速器替代，双环已启动研发；**空心杯：**用量12个，单个价值量1000元，鸣志已送样，后续拓展至集成，提高ASP；**无框电机：**主要供应商为美企，壁垒接近伺服电机，伺服相关厂家可以切入，且执行器集成商也可自产。
- ◆ **对标电动车化，人形机器人星辰大海：**从股价角度看，电动车行情2010年第一次纯主题炒作，涨幅超1倍；2012年底-2014年产业化前夕的主题投资，主线清晰，特斯拉概念受追捧，涨幅超2倍。因此人形机器人放量行情前的主题投资仍值得参与。从产业角度看，电动车19年底开启的放量行情中，价值高/壁垒高/格局好的环节，如整车、电池、隔膜、电解液等易出10倍股，因此对于机器人投资，优选**绑定头部企业、壁垒最高核心环节、单机价值量可提升环节。**
- ◆ **投资建议：**人形机器人未来十年产业大趋势，短期主题热点长期大成长空间，优选进入Tesla供应链核心优质标的或者具备相关技术正在积极切入的公司：1) 总成|旋转关节+线性关节：推荐**三花智控、拓普集团、汇川技术**；2) 手关节：推荐**鸣志电器**，关注**江苏雷利（鼎智科技）**，3) 减速器&丝杠：推荐**双环传动**、关注**绿的谐波、秦川机床、贝斯特、恒立液压**，4) 无框伺服电机：推荐**禾川科技、雷赛智能**，关注**步科股份、伟创电气**等。
- ◆ **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



- 人形机器人开启人工智能应用大未来
- AI加速人形机器人产研，特斯拉引领全球
- 特斯拉运控系统最具量产优势，中国供应链受益
- 对标电动车化，人形机器人星辰大海
- 优选特斯拉供应链及高壁垒高价值量龙头
- 投资建议及风险提示

# 1、人形机器人开启人工智能应用大未来

- ◆ 人形机器人最基本的特征是具有人类的外形特征和行动能力。
- ◆ 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）。与服务机器人相比更需要保持平衡，普通服务机器人有底盘，用轮式驱动，不存在摔倒问题，人形机器人比服务机器人更高，靠双足行走，并需要适应不同的地面，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			

- ◆ 近2年人形机器人的研发及投入大增，国内外资本大举进入，未来20年产业大趋势确立。海外厂商主要有特斯拉、本田、波士顿动力、英国Engineered Arts、挪威1X，特斯拉Optimus预计24年底量产。国内厂商主要包括傅利叶、优必选、达闼、小米，其中优必选、达闼的人形机器人具备量产能力。

图 国内外代表性人形机器人进展及特点

机器人	ASIMO	Atlas	Walker	GingerXR-1	Ameca	CyberOne	Optimus	GR-1
厂商	本田	波士顿动力	优必选	达闼	Engineered Arts	小米	特斯拉	傅利叶
国家	日本	美国	中国	中国	英国	中国	美国	中国
发布时间	2000年	2013年	2016年	2019年	2021年	2022年	2022年	2023年
参数	身高130cm，体重48kg，最大速度是9km/h，全身57个关节	身高1.5米，体重80kg，速度1.5m/s，依靠28个液压执行器实现各种高难度运动	身高1.3m，体重63kg，具备36个高性能伺服关节	身高1.6米，重62kg，能够最快以1米/秒速度移动，全身共34个智能柔性关节SCA	重49kg，高1.87m，身体共有52个模块，支持51种关节运动	身高1.77m，体重52kg，单手握持1.5公斤重物、多达21个自由度	身高1.72m，重量73kg，负载9kg，全身超200个自由度	身高1.65米，体重达到55公斤，全身自由度多达40个，步行速度可达到5KM/h，负重50公斤
产品特点	实现小跑、单脚跳、上下楼梯以及踢足球等系列复杂运动	高动态的运动性能，能做高难度运动动作	突破了波动地形上的自平衡，力位混合控制，不平整地面行走等技术	具备抓取负载能力，能完成端茶倒水、穿针引线等高难度复杂动作	实现人类面部表情的高度模仿，但运动功能非常有限	可感知人类情绪，视觉敏锐、可对真实世界三维虚拟重建	具有自由行走和自我组装的能力；可在不同的环境中自主导航	采用自研FSA高性能一体化执行器，拥有强大且灵活的运动性能
进展	其高昂的价格导致未进行商业化	很难找到成熟的市场落地场景	已实现成本可控以及稳定量产交付	可规模化量产	还不具备量产能力	还不具备量产能力	24年底量产	一两年内实现量产交付
示意图								



- ◆ **特斯拉机器人产品性能不断升级，性价比优势凸显，且产业化进展快。** 特斯拉在2021年AI Day上发布了特斯拉的通用机器人计划，并用图片展示了人形机器人 Tesla Bot 的概念。2022年10月，特斯拉在AI Day发布会展示了Optimus人形机器人工程机，首次展示其详细参数和行动能力。2023年5月，特斯拉在股东大会上发布最新视频，Optimus控制能力、环境探索能力、学习能力增强。目前特斯拉机器人硬件进入b样阶段，24年中C样，24年开始小批量在特斯拉工厂运行，24年底-25年有望实现量产，最终产品目标定价2万美金，适用于大规模应用。
- ◆ **特点：1) 控制能力强：** 躯干28个执行器，手部各6个执行器，11个自由度，具有精确控制握持力输出的传感器，全身超200个自由度，行走、抓取物体自然。**2) 环境探索能力强：** 承接视觉AI，安装无人驾驶系统FSD，接入和特斯拉汽车同样的神经网络，可以全面识别周边环境。**3) 学习能力强：** 可以通过AI算法识别和学习人类动作。

图 特斯拉人型机器人

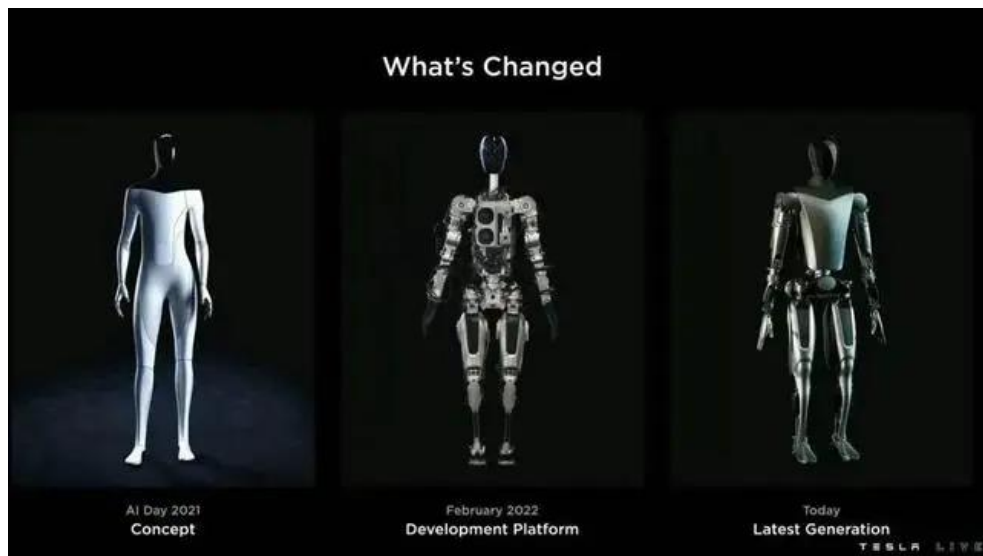
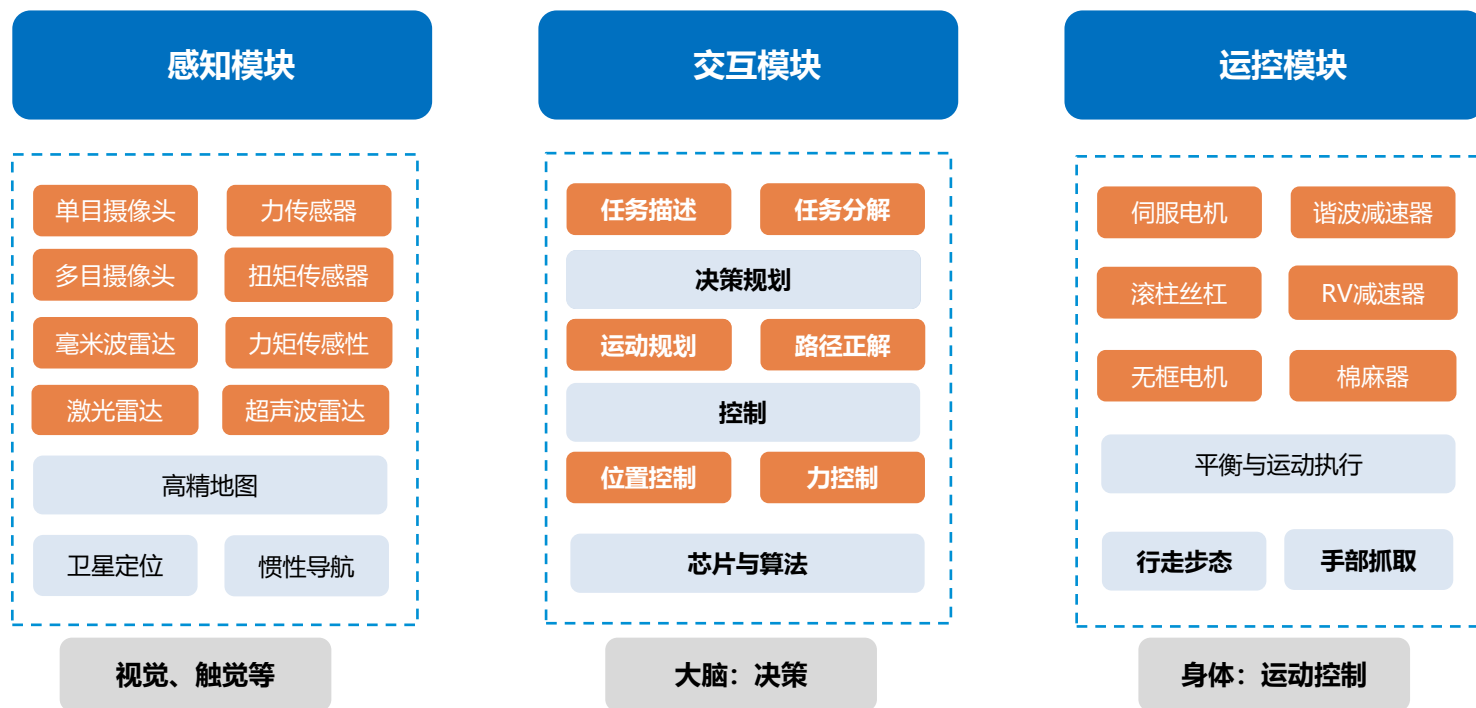


图 特斯拉人型机器人参数

参数	2021年概念机	2022年发布会
身高	172cm	172cm
体重	56.7kg	73kg
机电执行器	40个	28个身体关节执行器+12个手指关节执行器
全身自由度	-	200+
载重量	20.4kg	9kg
行走速度	8km/h	实物行走缓慢
用电功率	-	100w/500w

- ◆ **感知模块**：包括两方面视觉和触觉，视觉有纯视觉路线，也有依靠雷达等多方式融合路线，以便躲避障碍、规划路线；触觉主要通过传感器判断物体的重量、特性等，以便更好实行动作控制。
- ◆ **决策模块**：是机器人的大脑，核心是芯片与算法，为输入的任务进行分解、制定最佳决策规划，并根据感知和运控模块的反馈，实时调整；同时可利用大模型不断训练和迭代算法。
- ◆ **运控模块**：机器人的身体，根据指令，对关节的控制是核心，包括角度、力、速度等控制，难点是保持动态平衡、行走跳跃奔跑、手部抓取等，电驱动方式下主要由电机、减速器、丝杠、编码器等构成。

图 人形机器人三大构成部分





- ◆ **硬件：灵敏度与承压能力的协调，关节能力不能匹配运动规划。** 下肢要求保持灵敏的同时，可承受奔跑跳跃的重压，这对关节要求高；手要求具备极高灵敏度，以便完成精细化工作。同时，全身关节需快速、准确执行运动规划。
- ◆ **软件：算法是核心，需不断的训练与迭代。** 需准确的拆解任务、训练不同任务的运动规划（行走与抓取），实时反馈视觉检测与理解，并对运动规划做调整。
- ◆ **大规模降本路径清晰，应用场景不是问题：** 硬件供应链与汽车供应链部分重合，大规模量产可大幅降低高壁垒零部件价格，成本下降空间大。

图 人形机器人下肢动作

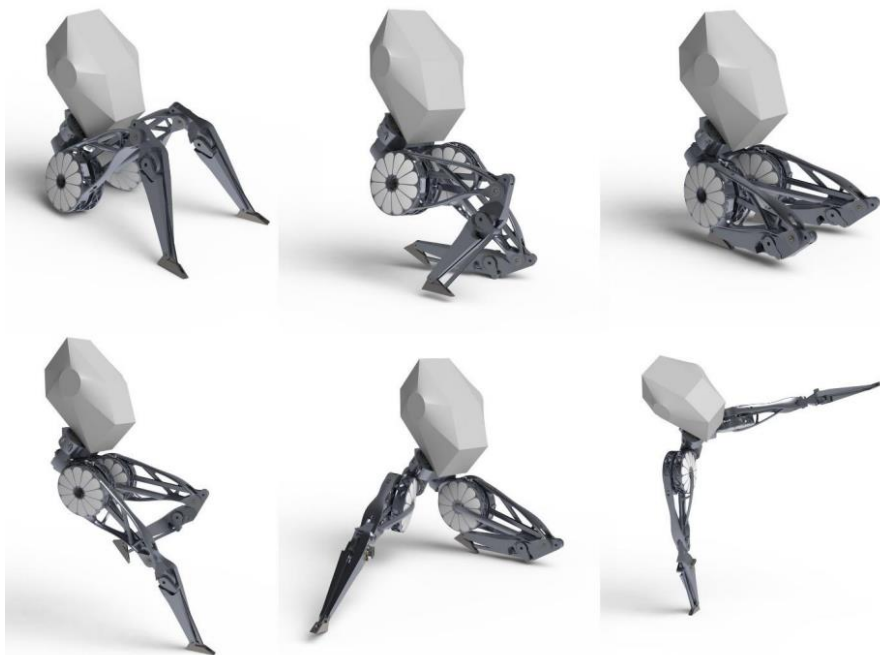
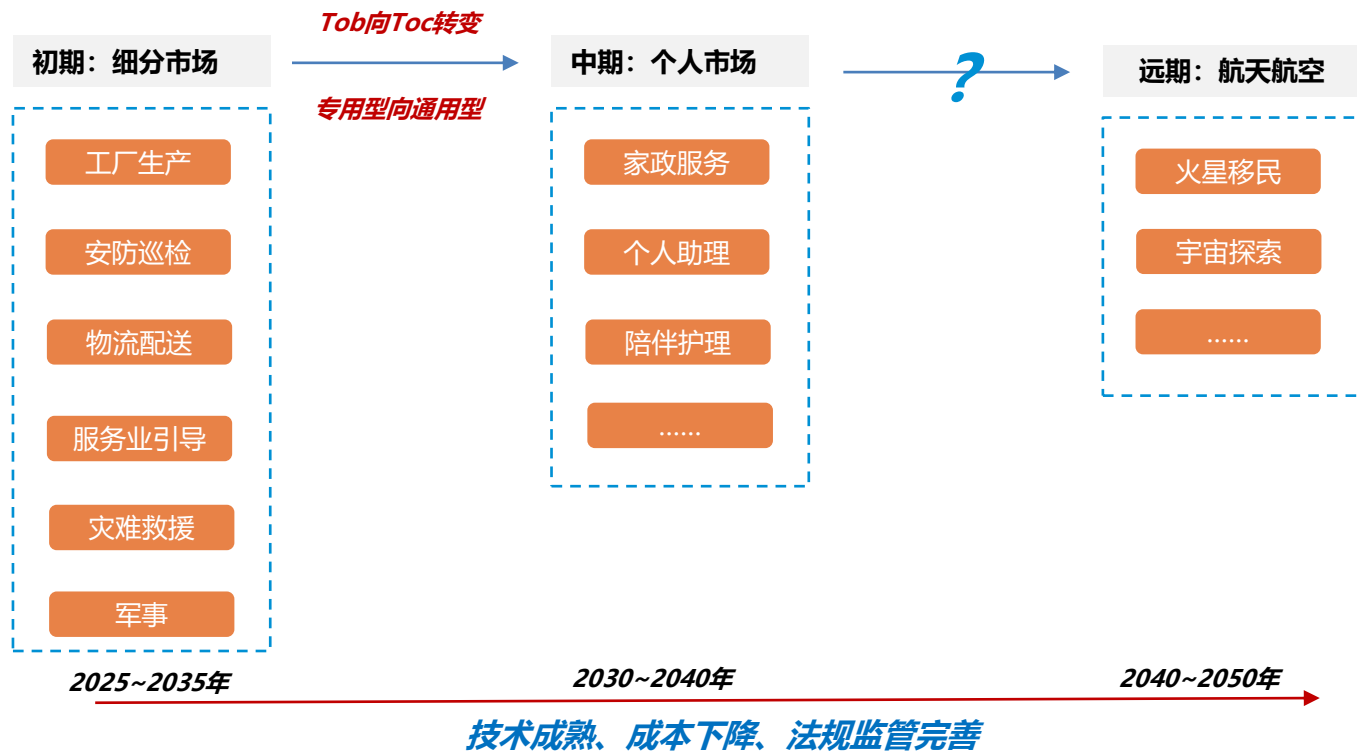


图 手部抓取动作

Power						Intermediate		Precision			
Large Diameter		Power Sphere		Power Disk		Lateral		Tip Pinch		Inferior Pincer	
Medium Wrap		Sphere 4 Finger		Extension Type		Lateral Tripod		Prismatic 2 Finger		Tripod	
Small Diameter		Sphere 3 Finger		Palmar		Ventral		Prismatic 3 Finger		Quadpod	
Ring		Index Finger Extension		Adducted Thumb		Stick		Prismatic 4 Finger		Precision Sphere	
Light Tool		Fixed Hook		Distal Type		Tripod Variation		Writing Tripod		Precision Disk	
						Adduction Grip		Palmar Pinch		Parallel Extension	

- ◆ **人形机器人的应用市场蕴含巨大的想象空间**：做人能做但不想做的工作，做人想做但是不能做的工作。
- ◆ **一个好的机器人可以不是最终“完美的”机器人**：参照自动驾驶，从L1-L3是经历5年以上迭代的，并且全自动驾驶L5也仍需时间。我们认为人形机器人的成熟也是渐进式，可在细分市场的率先商业化，如工厂生产、安防巡检、物流配送、服务业引导、救援、军事等，初期功能单一，后逐步成熟转为通用型机器人，由tob转为toc，进入家政等市场。更远期，人形机器人有望应用于航天航空领域，切合Musk火星移民构想。

图 人形机器人应用市场进度



# 人形机器人空间测算：25年起步，30年开始爆发

- ◆ **出生率下降、人力成本抬升，人形机器人空间广阔。**我们按照美国的安保、第二产业、送餐、快递、商场导购、餐饮服务、看护、家政及其他领域就业人数及渗透率测算出美国机器人市场需求，其他市场按照中国需求的1.5倍进行预测，预测全球25年人形机器人初步商业化，销量3万台左右，30年这些领域就渗透率1.5-2%对应存量需求230万台，新增需求100万台+，2035年销量有望突破1000万台。

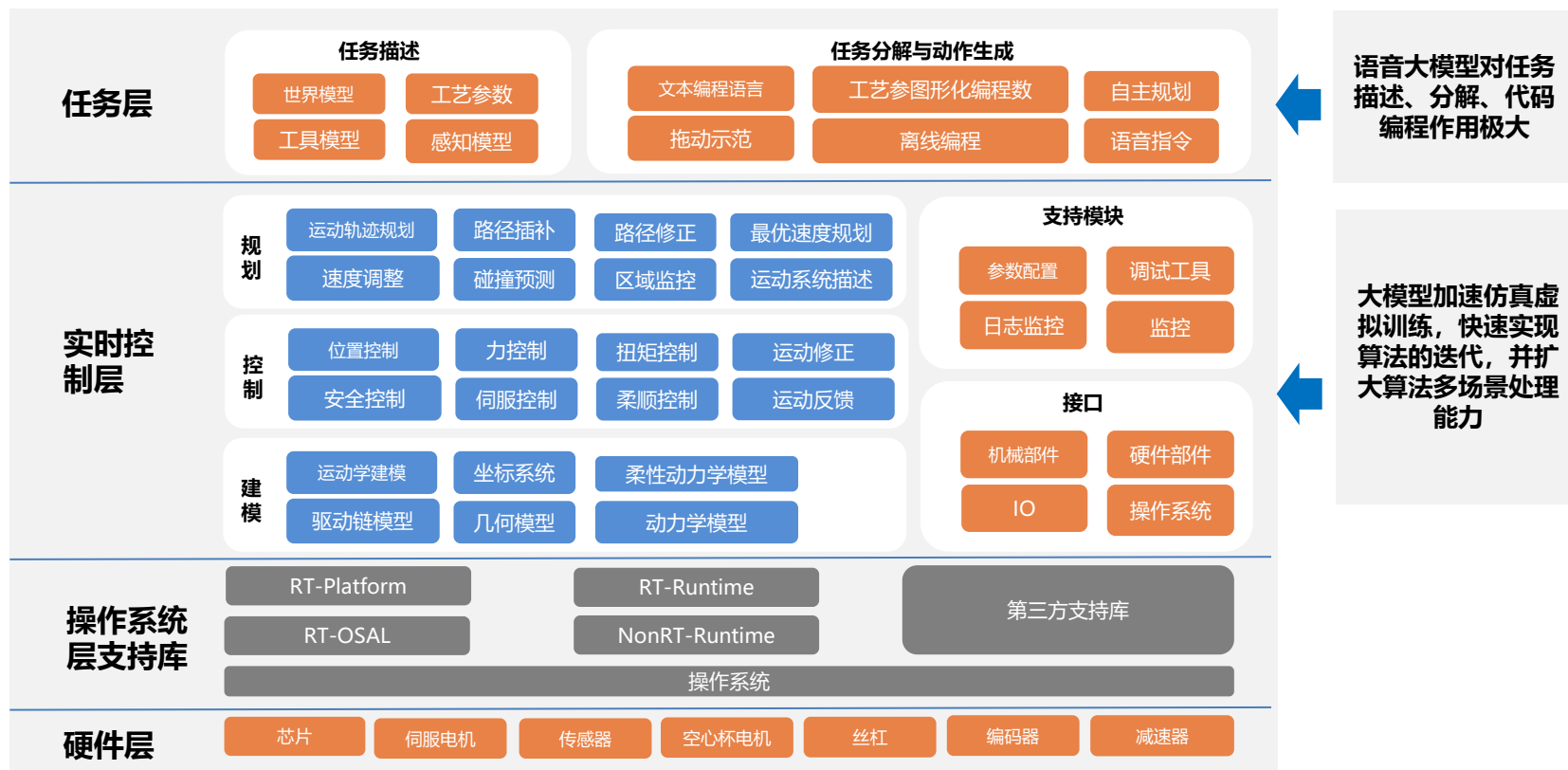
图 人形机器人市场空间测算

美国	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E	2035E
安保就业人数 (万)	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90
人形机器人渗透率	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.3%	0.5%	0.8%	1.0%	1.3%	1.7%	2.2%
<b>人形机器人需求 (万)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
制造业、建筑业、采矿业等工人 (万)	1500	1,485	1,470	1,455	1,441	1,426	1,412	1,398	1,384	1,370	1,357
人形机器人渗透率	0.1%	0.3%	0.8%	1.6%	3.8%	7.5%	12.0%	16.0%	18.0%	23.4%	32.0%
<b>人形机器人需求 (万)</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>54</b>	<b>107</b>	<b>169</b>	<b>224</b>	<b>249</b>	<b>321</b>	<b>434</b>
送餐 (万)	80	81	82	82	83	84	85	86	87	87	88
人形机器人渗透率	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%	0.6%	1.3%	2.3%	4.2%
<b>人形机器人需求 (万)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
快递 (万)	120	121	122	124	125	126	127	129	130	131	133
人形机器人渗透率	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.8%	1.6%	2.1%	2.7%
<b>人形机器人需求 (万)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
商场导购 (万)	1000	980	960	941	922	904	886	868	851	834	817
人形机器人渗透率	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	1.3%	2.6%	5.2%	10.4%	20.7%
<b>人形机器人需求 (万)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>44</b>	<b>86</b>	<b>169</b>
餐饮服务 (万)	1000	1,010	1,020	1,030	1,041	1,051	1,062	1,072	1,083	1,094	1,105
人形机器人渗透率	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.5%	1.0%	1.9%	3.8%	7.7%	10.0%	13.0%
<b>人形机器人需求 (万)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>41</b>	<b>83</b>	<b>109</b>	<b>143</b>
养老看护 (万)	250	300	360	432	518	622	746	896	1,075	1,290	1,548
人形机器人渗透率	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.3%	0.6%	1.3%	2.6%	5.1%	6.7%	8.7%
<b>人形机器人需求 (万)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>55</b>	<b>86</b>	<b>134</b>
家政服务 (万)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
人形机器人渗透率	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.3%	0.6%	1.3%	2.6%	3.3%	4.3%
<b>人形机器人需求 (万)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>
其他领域人形机器人 (万)	0	0	0	1	2	5	10	19	29	43	65
<b>美国市场合计人形机器人存量需求 (万)</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>67</b>	<b>134</b>	<b>224</b>	<b>335</b>	<b>471</b>	<b>660</b>	<b>966</b>
全球其他市场人形机器人存量需求 (万)	1	3	9	23	47	96	192	382	736	1,294	2,093
<b>合计全球人形机器人存量需求 (万)</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>23</b>	<b>53</b>	<b>113</b>	<b>230</b>	<b>415</b>	<b>717</b>	<b>1,207</b>	<b>1,954</b>	<b>3,059</b>
<b>全球人形机器人新增需求 (万)</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>116</b>	<b>188</b>	<b>308</b>	<b>504</b>	<b>777</b>	<b>1,165</b>
-增速		142%	141%	101%	104%	92%	62%	64%	64%	54%	50%

## 2、AI加速人形机器人产研，特斯拉引领全球

- ◆ **人形机器人本质是AI系统落地物理世界的最佳载体，算法是核心，需与硬件匹配。** 机器人的输出包含了虚拟与物理两种能力。虽然人形机器人从本体硬件上看，存在抗压硬度与灵敏度不足的问题，但更核心问题在于是算法对运动能力的控制，包括本体平衡、行走的步态、手部抓取等规划与控制。这需要成熟的感知系统基础、强大的算法分解任务和规划动作、大模型不断仿真训练以及超强的算力支撑。同时要求，算法与硬件相匹配，这要求机器人企业需自研算法，并持续更新迭代。

图 人形机器人任务级交互



- ◆ **人形机器人进入门槛高，科技巨头拥有研发实力及软件基础。**头部科技公司，如特斯拉、腾讯、OpenAI、小米等纷纷布局人形机器人，与工业机器人四大家族相比，可能在机械硬件方面积累较少，但在视觉感知、算法、虚拟仿真等软件方面领先优势明显，且与原有业务协同效应明显。综合来看，特斯拉人形机器人优势最为突出，一是可直接嫁接FSD感知与算法、深度神经网络训练软硬件基础，且具备最为顶级的研发团队；二是成熟的汽车供应链，降本路径清晰；三是特斯拉汽车工厂提供率先应用场景。

图 主要的互联网公司人形机器人布局及技术积累

互联网公司	人形机器人布局	优势
特斯拉	21年首次公布人形机器人项目计划，22年发布Optimus机器人原型机，预计24年底实现量产	1) 可直接嫁接 <b>FSD感知与算法、深度神经网络训练软硬件基础</b> ，具备最为顶级的研发团队 2) 成熟的汽车供应链， <b>降本路径清晰</b> 3) 特斯拉汽车工厂提供 <b>率先应用场景</b>
OpenAI	2023年3月领投挪威 <b>1X Technologies</b> ，其人形机器人 <b>EVE</b> 自今年4月以来已在 <b>美国和欧洲</b> 投入实际工作，同时加大双足机器人 <b>NEO</b> 的研发力度	<b>在深度学习领域拥有很强的实力</b> ，OpenAI的 <b>chatGPT模型</b> 在文本生成和理解方面表现出色，GPT-4可以接受图像作为输入并生成说明、分类和分析
小米	22年发布全栈自研人形仿生机器人 <b>CyberOne</b> ，自研Mi-Sense深度视觉模组，结合AI算法，可感知人类情绪，视觉敏锐，可对真实世界三维虚拟重建	1) <b>在人工智能技术方面拥有丰富的经验</b> ，在语音识别、图像识别、自然语言处理等方面具有强大的技术积累 2) <b>在全球范围内拥有广泛的用户基础和品牌影响力</b> ，在多个国家和地区设有销售渠道和服务网络
腾讯	1) 4月Robotics X实验室公布最新机器人研究进展，推出自研机器人灵巧手 <b>TRX-Hand</b> 和机械臂 <b>TRX-Arm</b> 2) 投资了国内 <b>优必选科技</b> ，目前公司产品已实现商业化应用	1) 拥有 <b>高性能网络平台、成熟的机器学习平台</b> ，为模型训练提供坚实基础 2) 发布全新的 <b>AI智能创作助手</b> ，正在研发类ChatGPT聊天机器人
纯米科技	23年1月纯米全尺寸人形仿生机器人视频公开，适用 <b>家用服务场景</b> ，机身高度灵活，五根手指都实现仿生级别的弯曲动作，明后年实现对外售卖	属于小米生态链，业务以智能家居为主， <b>硬件整合能力强</b>
谷歌	已经推出了一个能引导机器人的 <b>AI模型PaLM-E</b> ，该模型参数规模达到了5620亿个，里面集成了用于控制机器人的视觉与语言	AI模型研发基础深厚，PaLM-E是 <b>有史以来最大的视觉语言模型</b>
网易	网易伏羲和中建八局基于拌和站场景联合研发 <b>无人装载机人</b>	<b>积累了多年的游戏AI技术和开发经验</b> ，擅长在游戏仿真环境里对机器人控制算法、学习算法进行训练



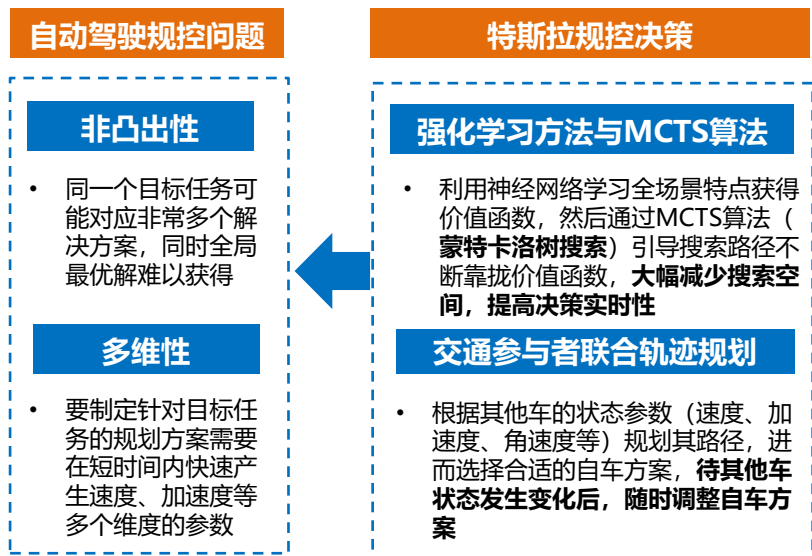
- ◆ **特斯拉FSD纯视觉+深度学习神经网络渐趋成熟，可嫁接至人形机器人。**与自动驾驶类似，人形机器人同样需利用传感器（摄像头、激光雷达等）感知、采集和处理周围环境信息，以便做出决策。**特斯拉人形机器人仅使用3个摄像头**（中间鱼眼摄像头、左右各一个视觉摄像头），直接嫁接FSD成熟的纯视觉方案，再辅之以力/力矩/声学/触觉/温度等传感器。

图 特斯拉FSD视觉感知图



- ◆ **人形机器人决策难度更高**：决策层依据感知层获取的信息进行决策判断，来控制机器人身体做出动作规划并下发指令。特斯拉人形机器人与FSD底层模块打通，一定程度上算法可复用，但人形机器人需完成人类各种动作，**动作连续复杂、需频繁的物理交互且操作因果性多，算法难度远高于自动驾驶。**
  - **ChatGPT助力拆解任务**：大语言模型擅长推断语言条件，并利用其代码编写能力，拆分任务，给出运动规划的目标函数。
  - **实时反馈以便调整动作**：依据感知系统的反馈，可实时调整动作规划，并执行

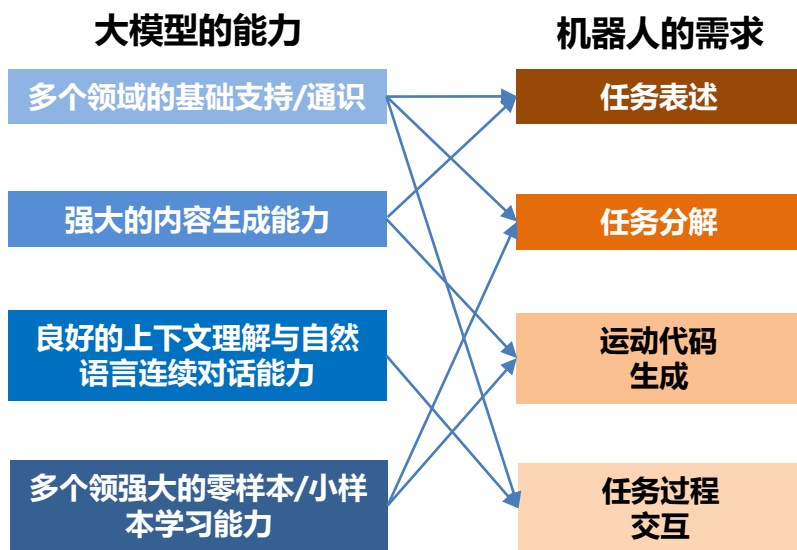
图 特斯拉FSD规控决策构架



指导汽车动作：加速、减速、停车、转向、避让

最大化确保行车安全性、效率性及舒适性及到达目的地

图 大模型下人形机器人任务拆解

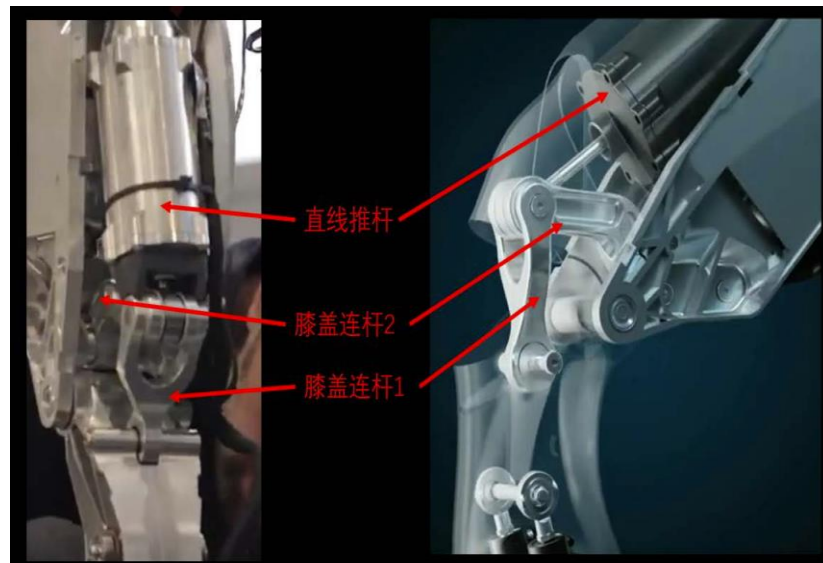


- ◆ **执行层：**系统在做出决策后，对机器人本体做出控制。机器人各操控系统都与决策系统相链接，并按指令精确执行。
  - **自平衡系统：**机器人在不同环境下保持动态平衡（特别是外力冲击下），需要软件算法和机械设计共同作用。软件层面看，一方面通过传感器获取机器人的状态信息，从而控制关节运动实现平衡；另一方面，通过预测机器人的运动轨迹和所需动作，而提前应对。
  - **行走步态：**零力矩点(ZMP)必须落在支撑面内，合理地规划踝关节和髌关节，以保持动态行走时重心的稳定；同时腿部应具备适当的机械柔顺性，有效缓解来自未知高刚度环境的碰撞冲击。**这均要求算法与关节硬件相匹配。**

图 特斯拉人形机器人行走步态与平衡



图 特斯拉人形机器人腿部设计



- ◆ **手部抓取训练难度极高**：手部抓取涉及多个手指的灵巧操作，需要适应物体的形状、重量和配置，要求极高。需要通过训练深度神经网络在机器人抓取时生成**所需的力控制命令**，并随着物体形状、重量、材质而变化。手部抓取需满足：
  - **可靠安全**：确保整个机器人系统工作万无一失，因此，要求其手爪结构和控制系统要简单化
  - **自适应性**：提高通用性，使得手爪具备适应各种被抓物体形状的能力
  - **智能性**：提高手爪决策的准确性，可根据不同需要，**决定手部抓取方式**

图 特斯拉机器人手部设计



图 特斯拉人形机器人手部分拣工作





- ◆ **大模型提升仿真学习能力，可大幅提升算法训练效率：**仿真的目的在于评估机器人结构和算法的设计，包括机器人的运动、工作环境、感知等，意义在于通过仿真模型快速、低成本、高安全性地训练机器人的算法。通过仿真，可加快软件更新迭代，同时缩短算法与硬件调整时间，极大提高训练效率。
- ◆ **未来端到端训练有望突破，具身智能未来可期：**特斯拉FSD将推12版本，将小模型集成至大模型中，也有望应用于机器人，提高训练效率。具身智能是人工智能的终极形态，机器人可理解、推理并与物理世界互动，集视觉、语言、认知和推理、机器学习等大成。

图 机器人在虚拟仿真场景训练



- ◆ **特斯拉人形机器人搭载FSD，共享底层技术。** 特斯拉第一代FSD芯片单个算力72tops，是市场上唯一从底层出发为自动驾驶和深度神经网络设计的芯片，CPU做控制，GPU做图像处理，NPU为神经处理单元，进行深度学习与预测，完全适用于人形机器人。同时第二代芯片算力升级已开始应用。
- ◆ **Dojo超级计算机采用D1芯片，专为神经网络训练而设计，同样适用于人形机器人训练：**旨在更高效地处理海量视频数据、进行定制的神经网络训练。Dojo的计算核心采用特斯拉自研的D1芯片，D1具备超强算力，32位浮点计算的最大性能达到22.6TFLOPs，16位浮点计算的最大性能达到362TFLOPs，同时功耗低，为400W。

图 特斯拉FSD芯片构架

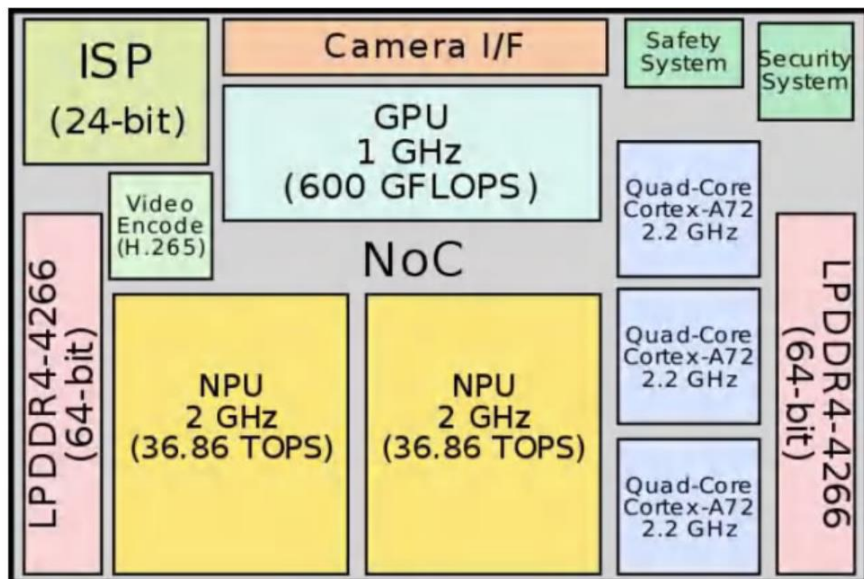
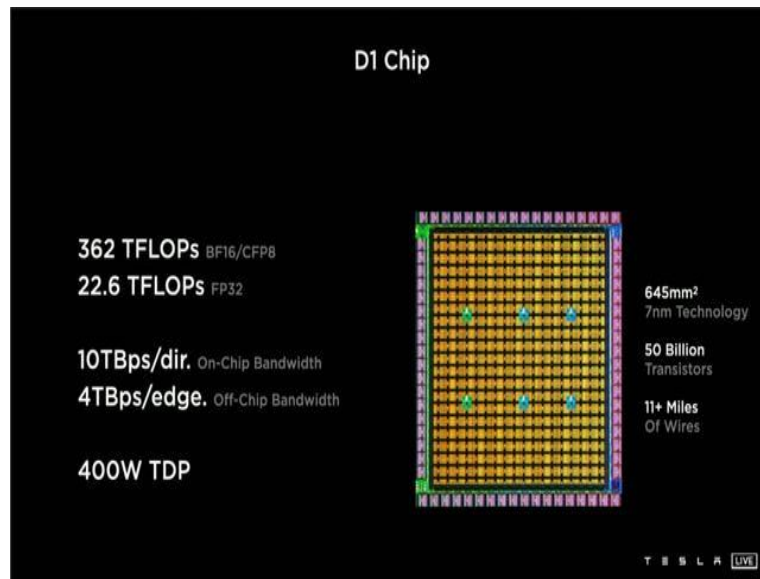


图 特斯拉D1芯片



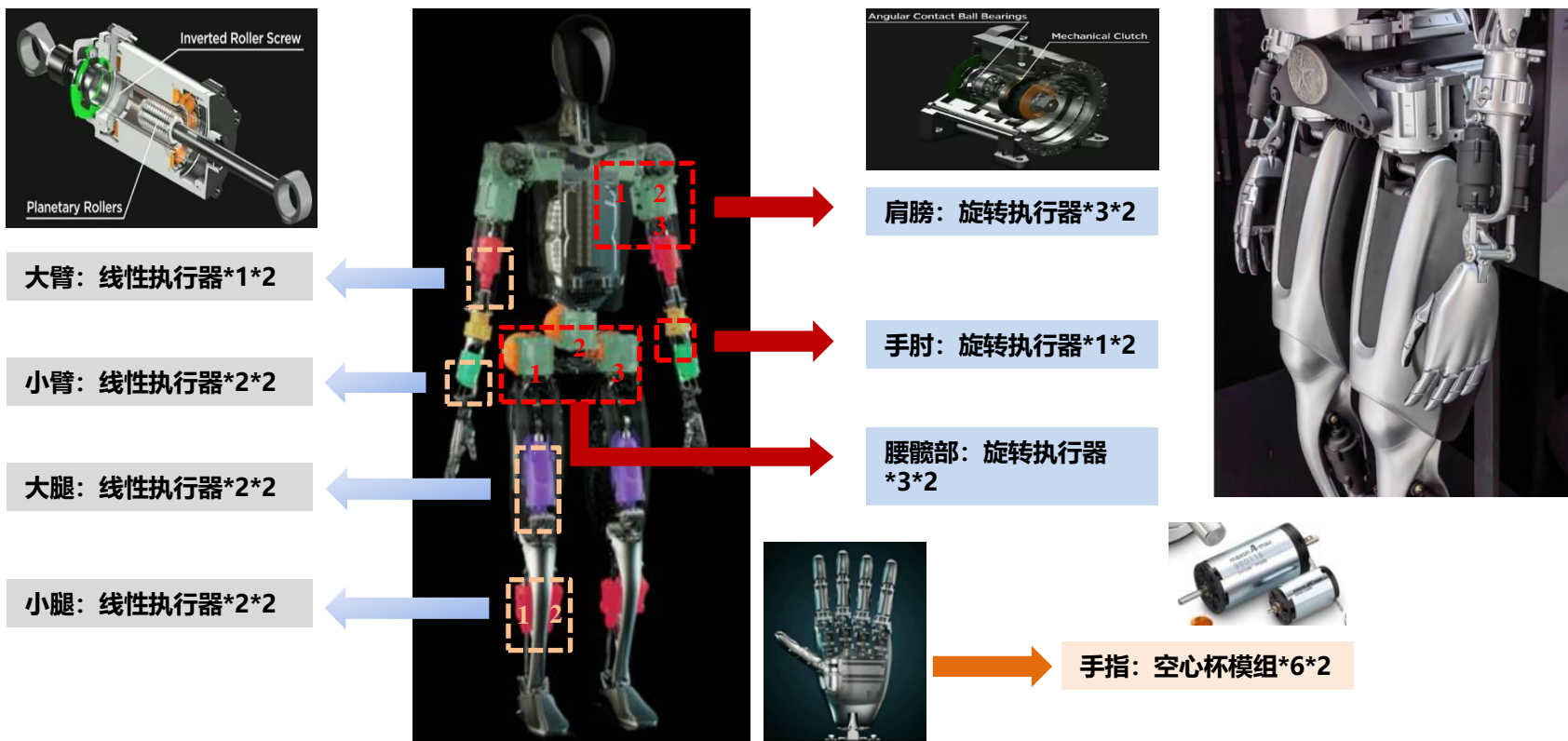


### 3、特斯拉运控系统最具量产优势，中国供应链受益

# 特斯拉机器人结构：40个执行器组成身体最核心的关节构架

- ◆ **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），成本可供。
- ◆ **三大类、40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，手部12个空心杯模组，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。

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）



# 成本拆分：执行器为成本之重，核心部件降本空间大

- ◆ **人形机器人成本拆分预计**：主要包括动力总成系统（60%，电池系统+各关节机电执行器）、智能感应系统（15%）、结构件及其他（10%）、制造成本（15%），其中行星滚柱丝杠、六维传感器降本空间大。我们测算2025年小批量生产时，单个机器人成本40万元以上，2030年之后大规模量产成本有望降低至13-14万元。

图 特斯拉Optimus成本占比拆分&预测

项目	单机用量	2025：小批量			2030：大规模量产			下降幅度
		单价 (元/个)	单机价值量 (元)	占比	单价 (元/个)	单机价值量 (元)	占比	
<b>旋转执行器</b>	<b>14</b>	<b>3,250</b>	<b>45,500</b>	<b>11%</b>	<b>1,688</b>	<b>23,625</b>	<b>17%</b>	<b>-48%</b>
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%
<b>直线执行器</b>	<b>14</b>	<b>9,429</b>	<b>132,000</b>	<b>32%</b>	<b>2,527</b>	<b>35,375</b>	<b>26%</b>	<b>-73%</b>
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%
梯形丝杠	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%
<b>手部关节总成</b>	<b>12</b>	<b>6,167</b>	<b>74,000</b>	<b>18%</b>	<b>2,042</b>	<b>24,500</b>	<b>18%</b>	<b>-67%</b>
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%
<b>合计动力系统</b>	<b>40</b>	<b>18,845</b>	<b>251,500</b>	<b>61%</b>	<b>6,256</b>	<b>83,500</b>	<b>60%</b>	<b>-67%</b>
<b>电池 (kwh)</b>	<b>2.3</b>	<b>1,100.0</b>	<b>2,530</b>	<b>1%</b>	<b>800.0</b>	<b>1,840</b>	<b>1%</b>	<b>-27%</b>
<b>智能硬件</b>	<b>8</b>	<b>2,324</b>	<b>18,588</b>	<b>5%</b>	<b>1,088</b>	<b>8,706</b>	<b>6%</b>	<b>-53%</b>
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%
<b>结构件及配件</b>	<b>2</b>	<b>14,118</b>	<b>28,235</b>	<b>7%</b>	<b>7,059</b>	<b>14,118</b>	<b>10%</b>	<b>-50%</b>
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%
<b>软件成本摊销</b>	<b>1</b>	<b>50,000</b>	<b>50,000</b>	<b>12%</b>	<b>10,000</b>	<b>10,000</b>	<b>7%</b>	<b>-80%</b>
<b>制造成本</b>		<b>60,000</b>		<b>15%</b>	<b>20,000</b>		<b>14%</b>	<b>-67%</b>
<b>合计成本</b>		<b>410,854</b>		<b>100%</b>	<b>138,164</b>		<b>100%</b>	<b>-66%</b>

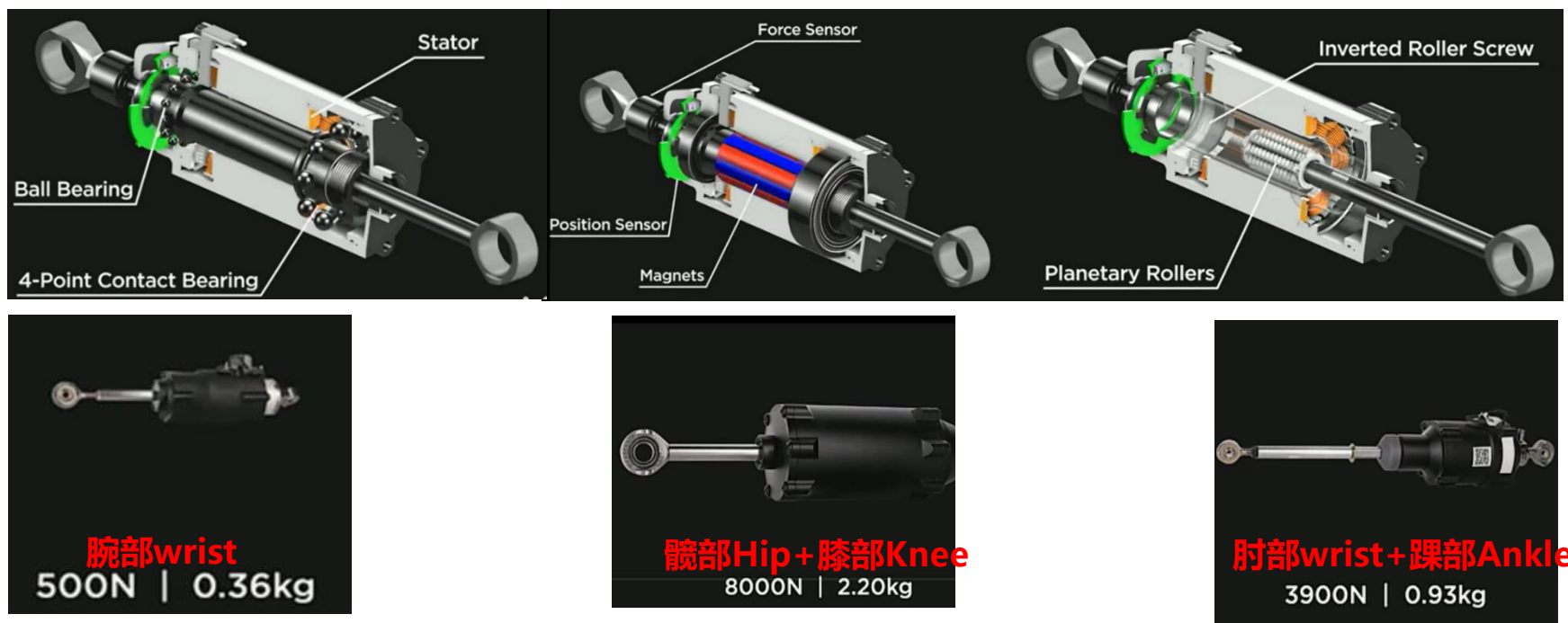
- ◆ **旋转执行器主要实现关节旋转运动，传动部件以谐波减速器方案为主：**目前由无框伺服电机+谐波减速器+电机驱动器+离合器+力传感器+编码器组成。目前共三类额定负载 $20\text{N}\cdot\text{m}$ / $110\text{N}\cdot\text{m}$ / $180\text{N}\cdot\text{m}$ ，分别应用于肩膀、手肘、腰髋部。由于谐波减速器承载力有限，我们推测髋部等部位后续可能采用其他减速器方案。
- ◆ **三花已送样旋转执行器，目前处于B样品，24年中有望C样，量产最快为24年底25年初：**三花目前送样的旋转执行器中自制电机，采用绿的谐波减速器，编码器及传感器由特斯拉制定海外供应商，后续三花目标进一步提高执行器集成度及零部件自供比例。

图 特斯拉Optimus旋转执行器结构及种类



- ◆ **线性执行器结构类人的肌肉，主要实现关节的直线运动，当前方案以滚柱丝杠及梯形丝杠为主。**线性关节由无框伺服电机+反式行星滚柱丝杠&梯形丝杠+电机驱动器+力传感器+编码器组成。目前共三类额定负载的线性执行器500N/3900N/8000N，N（牛顿）为力单位。目前其他方案，如电机+滚珠丝杠、直线电机、电机+行星减速器+滑动丝杠等，因其负载低和体积大等原因，性能均不如滚柱丝杠方案。
- ◆ **三花、拓普均已送样，目前B样，明年中C样：**线性执行器集成精度高，核心零部件为滚柱丝杠，三花目标实现自研自产；梯形丝杠为成熟的普通零部件，壁垒要求低。

图 特斯拉Optimus线性执行器结构及种类



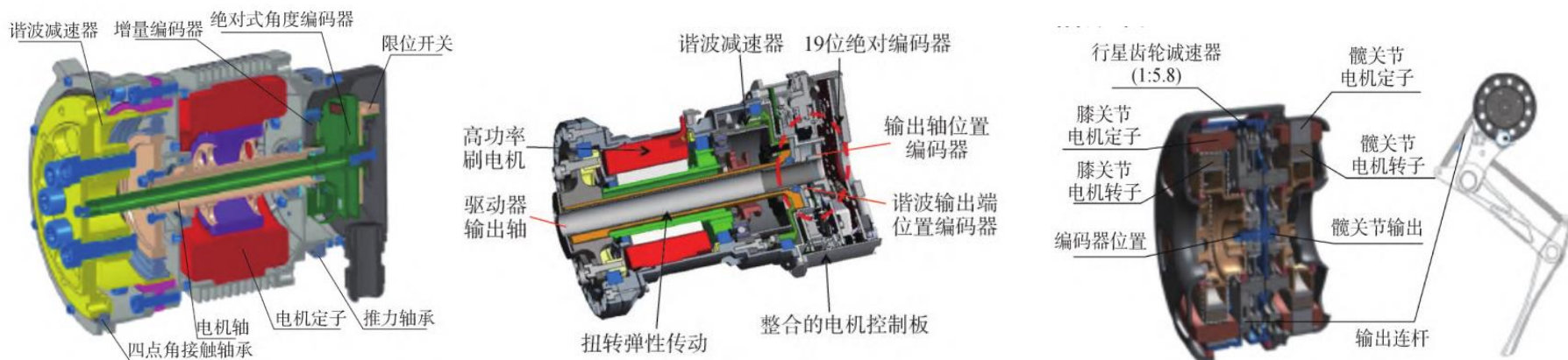


◆ **新技术方案或带来人形机器人行业成本超预期下降。** 特斯拉当前的方案采用的是传统的刚性驱动器的结构，特点是精度高，但功率密度达不到生物肌肉的水平、抗冲击性也一般，不太能适应复杂的地理环境。除了刚性驱动器外，还有弹性驱动器、准直驱等方案，控制算法会复杂、精度一般，但安全性和效率显著提升，其中准直驱方案在一些四足狗、人形机器人方案中使用较多。

表 各类驱动器特点对比

类型	刚性驱动器 TSA	弹性驱动器 EA	准直驱驱动器 PA
结构配置	电机+高传动比减速器+高刚性力矩传感器	电机+高传动比减速器+弹性体	直驱电机+低传动比减速器
力矩测量方式	应变片原理或电流	编码器或应变片	电流 (估计力)
控制特点	简单、精度高	复杂、精度低到高都有	简单、精度一般
能量效率	低	一般高到非常高都有	高
安全性	差	一般到好都有	好
应用场景	传统双足机器人	协作机器人、双足或四足机器人	四足机器人、小型双足机器人

图 各驱动器结构 (从左到右分别为刚性驱动器、弹性驱动器、准直驱驱动器)





□ **准直驱方案PA性价比更高，有望成为部分关节的首选。**相较于前述刚性驱动器方案（无框力矩电机+谐波减速器+力传感器+编码器），准直驱方案多采用直驱电机+低减速比的行星减速器+磁编码器，无须昂贵的力传感器，通过电流环直接实现力控，故适合力控精度要求高、响应快、抗冲击的场合。目前国外UCLA的机器人Artemis自研四个准直驱模组用于髋关节。

图 人形机器人ARTEMIS髋部采用半直驱方案

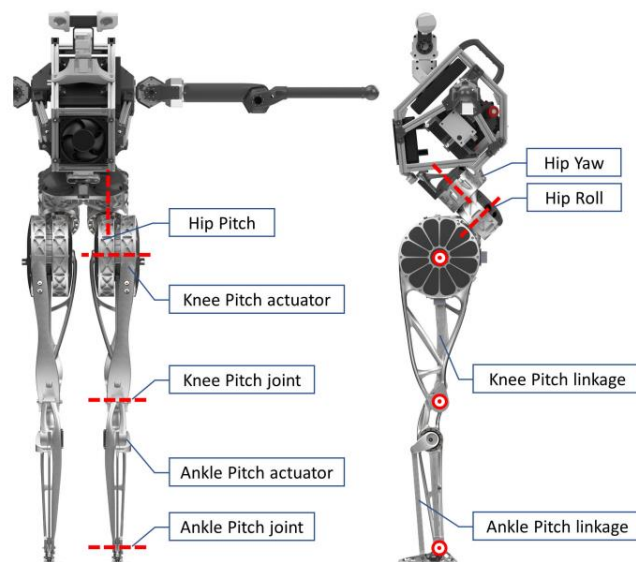


图 半直驱关节模组结构拆分图



图 半直驱关节的电机+行星减速器部分



- ◆ **特斯拉机器人灵巧手采用电机驱动+腱传动方案，拥有11个自由度。** 特斯拉灵巧手模组由空心杯电机+电机驱动器+行星减速器+编码器组成。对比各典型的灵巧手结构，特斯拉机器人灵巧手具备11个自由度，但单手仅需6个驱动电机，在保障灵巧度前提下、相对同行大大降低成本。
- ◆ **鸣志已送样手指空心杯电机模组，后续有望增加驱动器配套。** 鸣志空心杯电机性能接近Maxon、Faulhaber两大海外空心杯电机巨头，且价格便宜30%以上，其电机及配套的行星齿轮箱有望进入T供应链，同时凭借子公司T Motion在空心杯电机驱动的优势，有望送样驱动器部件以提高ASP。

图 特斯拉Optimus “灵巧手” 图及11个自由度标注

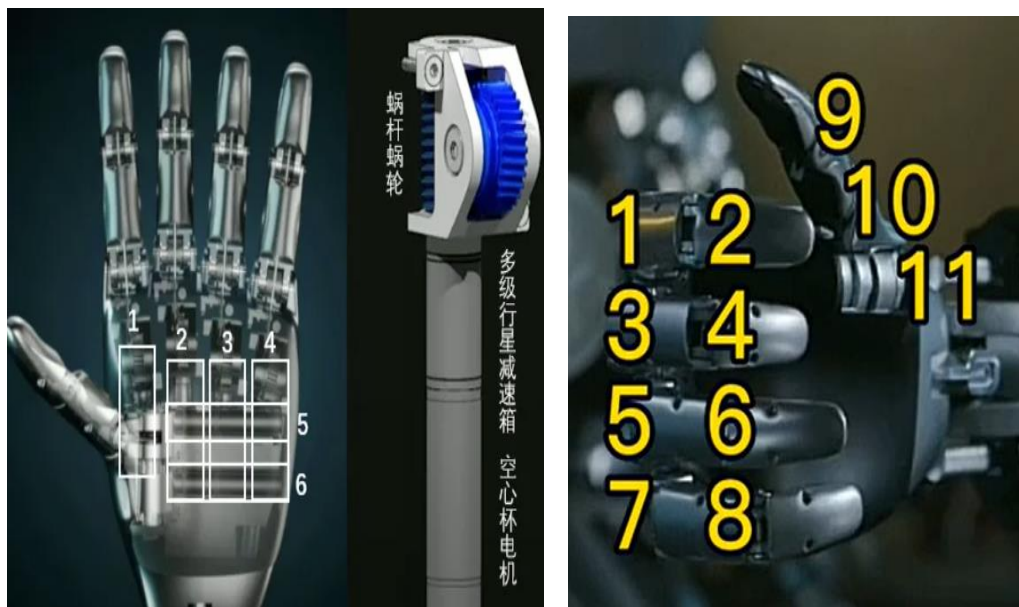
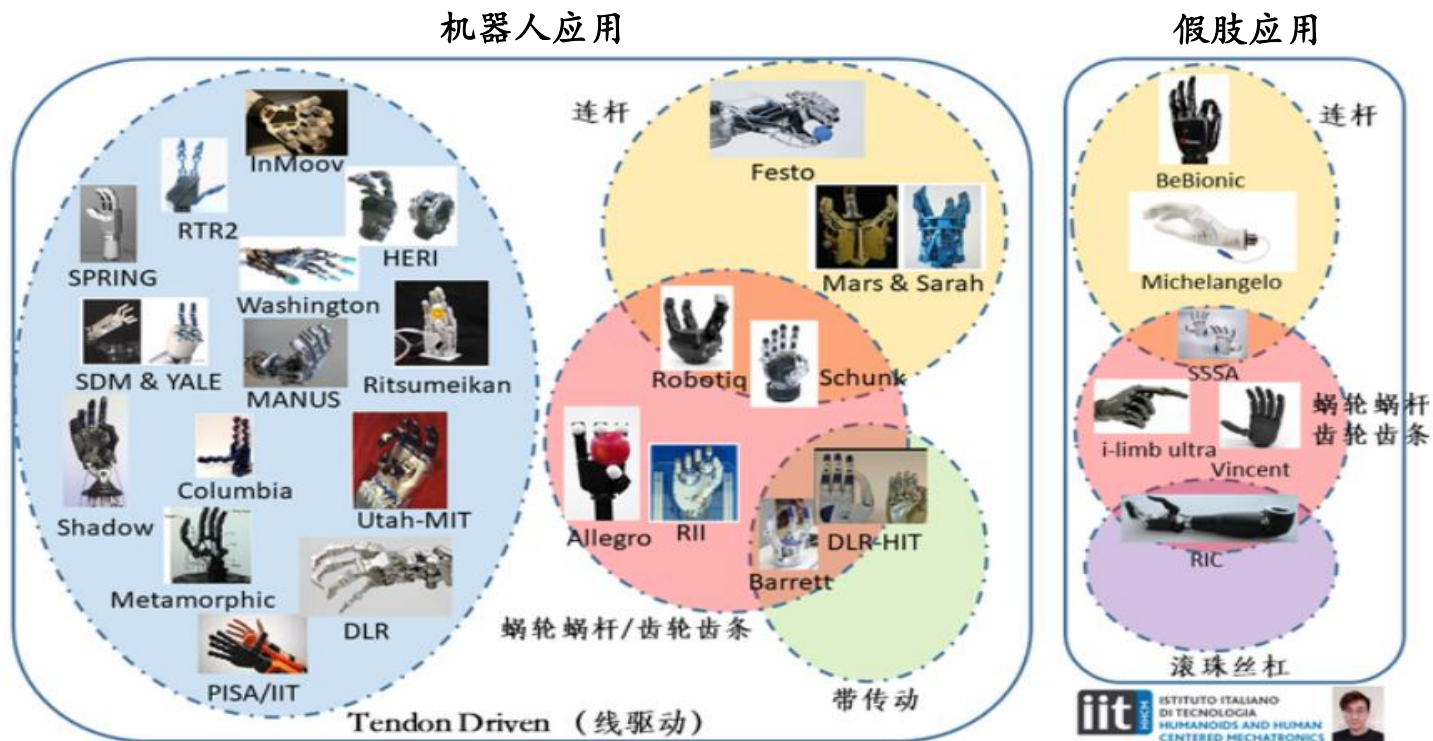


表 各国典型灵巧手结构配置对比

年代	灵巧手名称	单手指数	自由度	单手电机数量	传动
1974年	Okada手 (日本)	3	11	10	腱
1983年	Stanford手 (美国)	3	9	12	腱
20世纪90年代	DLR手 (德国)	4	12	20	腱
1999年	NASA手 (美国)	5	14	12	腱
2003年	Gifu手 (日本)	5	16	16	连杆
2004年	HIT/DLR I (中国/德国)	4	13	12	连杆
2022年	特斯拉机器人灵巧手	5	11	6	腱

- ◆ 当前特斯拉的灵巧手采用蜗轮蜗杆驱动方案，但灵巧手有更丰富的配置方案：**1) 按驱动方式分**，涵盖全驱动/欠驱动方案，欠驱动方案使用较多，其电机数量小于关节自由度，系统体积小、质量轻，成本低廉，且具备抗外界冲击的柔性等优势；**2) 按机械传动方式分**，也可分为连杆/蜗轮蜗杆/滚珠丝杠/带传动。

图 典型灵巧手结构配置方案





- ◆ **灵巧手仍有优化空间。** 特斯拉目前方案采用蜗轮蜗杆+线驱动的欠驱动方案（单手6个电机、带动11个自由度），带滚珠丝杠的直驱方案同样有望应用于灵巧手，其结构刚性、稳定性更强。
- ◆ **传感类硬件有增配可能。** 为实现更灵巧柔性的操作，有望增加力传感器、电子皮肤的配置。

图 特斯拉灵巧手由电机驱动蜗轮蜗杆-传动金属线，进而控制手指的弯曲

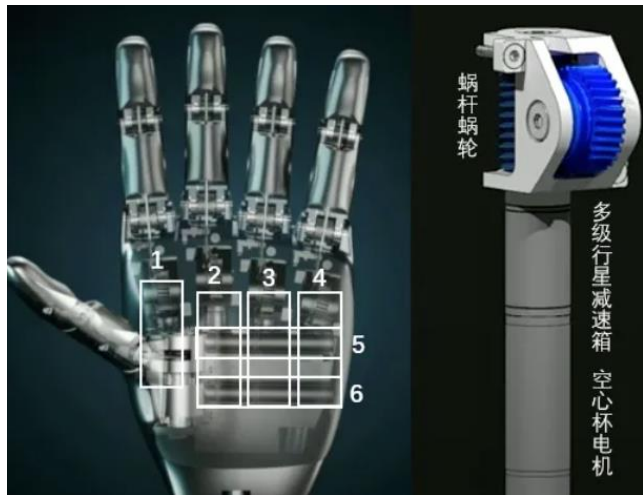


图 因时机器人手指关节采用微型电缸直驱（电机+滚珠丝杠）



## 图 核心零部件空间测算

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E	2035E
<b>全球机器人新增需求 (万台)</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>116</b>	<b>188</b>	<b>308</b>	<b>504</b>	<b>777</b>	<b>1,165</b>
-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
<b>旋转执行器需求量 (万套)</b>	<b>36</b>	<b>86</b>	<b>206</b>	<b>415</b>	<b>846</b>	<b>1,626</b>	<b>2,633</b>	<b>4,318</b>	<b>7,060</b>	<b>10,875</b>	<b>16,310</b>
-单价 (元/套)	3,200	3,040	2,888	2,455	1,964	1,375	1,237	1,113	1,058	1,005	955
市场空间 (亿元)	11	26	60	102	166	223	326	481	747	1,093	1,557
<b>直线执行器需求量 (万套)</b>	<b>36</b>	<b>86</b>	<b>206</b>	<b>415</b>	<b>846</b>	<b>1,626</b>	<b>2,633</b>	<b>4,318</b>	<b>7,060</b>	<b>10,875</b>	<b>16,310</b>
-单价 (元/套)	10,000	9,500	9,025	7,220	5,054	3,538	3,007	2,556	2,173	2,064	1,961
市场空间 (亿元)	36	82	186	300	427	575	792	1,104	1,534	2,245	3,198
<b>谐波减速器需求量 (万套)</b>	<b>36</b>	<b>86</b>	<b>206</b>	<b>415</b>	<b>846</b>	<b>1,626</b>	<b>2,633</b>	<b>4,318</b>	<b>7,060</b>	<b>10,875</b>	<b>16,310</b>
-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	<b>108</b>	149	232	360	527	<b>751</b>
<b>无框力矩电机需求量 (万套)</b>	<b>71</b>	<b>172</b>	<b>413</b>	<b>831</b>	<b>1,691</b>	<b>3,251</b>	<b>5,266</b>	<b>8,635</b>	<b>14,121</b>	<b>21,750</b>	<b>32,620</b>
-单价 (元/套)	600	570	542	514	463	394	335	318	302	287	272
市场空间 (亿元)	4	10	22	43	78	128	176	274	426	624	889
<b>行星滚柱丝杠需求量 (万套)</b>	<b>20</b>	<b>49</b>	<b>118</b>	<b>237</b>	<b>483</b>	<b>929</b>	<b>1,505</b>	<b>2,467</b>	<b>4,035</b>	<b>6,214</b>	<b>9,320</b>
-单价 (元/套)	10,000	9,500	9,025	7,671	6,521	4,564	2,967	2,077	1,661	1,495	1,421
市场空间 (亿元)	20	47	106	182	315	<b>424</b>	446	512	670	929	<b>1,324</b>
<b>梯形丝杆需求量 (万套)</b>	<b>15</b>	<b>37</b>	<b>88</b>	<b>178</b>	<b>362</b>	<b>697</b>	<b>1,129</b>	<b>1,850</b>	<b>3,026</b>	<b>4,661</b>	<b>6,990</b>
-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
<b>空心杯电机需求量 (万套)</b>	<b>30</b>	<b>74</b>	<b>177</b>	<b>356</b>	<b>725</b>	<b>1,393</b>	<b>2,257</b>	<b>3,701</b>	<b>6,052</b>	<b>9,321</b>	<b>13,980</b>
-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	<b>89</b>	122	191	296	434	<b>618</b>
<b>行星减速器需求量 (万套)</b>	<b>30</b>	<b>74</b>	<b>177</b>	<b>356</b>	<b>725</b>	<b>1,393</b>	<b>2,257</b>	<b>3,701</b>	<b>6,052</b>	<b>9,321</b>	<b>13,980</b>
-单价 (元/套)	200	190	181	171	154	123	105	100	95	90	85
市场空间 (亿元)	1	1	3	6	11	17	24	37	57	84	119
<b>六维力矩传感器需求量 (万套)</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>29</b>	<b>59</b>	<b>121</b>	<b>232</b>	<b>376</b>	<b>617</b>	<b>1,009</b>	<b>1,554</b>	<b>2,330</b>
-单价 (元/套)	20,000	19,000	18,050	14,440	11,552	8,086	5,660	3,962	3,764	3,576	3,397
市场空间 (亿元)	10	23	53	86	140	<b>188</b>	213	244	380	556	<b>792</b>
<b>电池需求量 (gwh)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>29</b>	<b>47</b>
-单价 (元/kwh)	1,000	950	903	857	815	774	735	698	663	630	599
市场空间 (亿元)	1	1	3	6	11	23	38	66	113	181	284

- ◆ **人形机器人标的弹性测算核心变量：**1) 根据当前特斯拉送样情况&公司自身实力，给予各自**目标份额**；2) 根据零部件技术壁垒高低，给予三档**净利率水平**。
- ◆ **利润弹性为2030/2035年机器人利润÷公司2022年归母净利润。**

图 人形机器人核心标的弹性测算

机器人部位	部件	技术壁垒	标的	是否T链	市值(亿)	22年收入(亿)	22年利润(亿)	ASP (2030年/2035年)	2030年机器人份额	2030年机器人收入(亿)	利润率	2030年机器人利润(亿)	2030年机器人利润弹性	2035年机器人份额	2035年机器人收入(亿)	利润率	2035年机器人利润(亿)	2035年机器人利润弹性
执行器	线性/旋转执行器	一般	三花智控	是	1,014	213.5	25.7	70000/41000	40%	325.8	10%	32.6	127%	30%	1,431.3	7%	100.2	389%
			拓普集团	是	759	159.9	17.0		25%	203.6	10%	20.4	120%	18%	858.8	7%	60.1	354%
手指	空心杯电机	非常高	鸣志电器	是	268	29.6	2.5	9100/6300	30%	26.7	12%	3.2	129%	35%	216.2	10%	21.6	874%
			江苏雷利(鼎智科技)	否	100	29.0	2.6		10%	8.9	12%	1.1	41%	10%	61.8	10%	6.2	239%
旋转执行器	减速器	高	绿的谐波	是	203	4.5	1.6	4000/2800	35%	16.2	12%	1.9	125%	40%	128.7	10%	12.9	829%
			双环传动	是	278	68.4	5.8	5300/3700 (假设其行星减速器替代8个谐波减速器)	35%	26.0	12%	3.1	54%	40%	223.7	10%	22.4	384%
			中大力德	否	51	9.0	0.7	4000/2800	3%	1.4	12%	0.2	25%	8%	25.7	10%	2.6	388%
			汉宇集团(同川)	否	49	10.6	2.0		3%	1.4	12%	0.2	8%	8%	25.7	10%	2.6	126%
丰立智能	否	59	4.3	0.4	3%	1.4	12%	0.2	37%	8%	25.7	10%	2.6	573%				
线性执行器	滚柱丝杆	非常高	江苏雷利(鼎智科技)	否	100	29.0	2.6	40200/17500	3%	12.7	15%	1.9	74%	5%	93.1	12%	11.2	432%
			秦川机床	否	130	41.0	2.8		3%	12.7	15%	1.9	69%	5%	93.1	12%	11.2	406%
			贝斯特	是	203	4.5	1.6		3%	12.7	15%	1.9	123%	5%	93.1	12%	11.2	719%
			恒立液压	否	899	82.0	23.4		3%	12.7	15%	1.9	8%	8%	149.0	12%	17.9	76%
			长盛轴承	否	58	10.7	1.0		3%	12.7	15%	1.9	187%	5%	93.1	12%	11.2	1095%
传感器	六维传感器	非常高	柯力传感	否	81	10.6	2.6	16200/6800	3%	5.6	15%	0.8	32%	5%	39.6	12%	4.7	182%
电机	无框力矩电机	一般	步科股份	否	55	5.4	0.9	11000/7600	5%	6.4	10%	0.6	70%	8%	71.1	7%	5.0	547%
			昊志机电	否	55	9.9	0.2		3%	3.8	10%	0.4	172%	5%	44.4	7%	3.1	1397%



- ◆ “电机”是将电能转换成机械能的电气设备，按照用途可以分为控制电机和驱动电机（功电机），也可根据工作电源种类方式分为交流电机和直流电机。
- **控制电机**：侧重电机输出量的幅频特性、相频特性及输出特性的精度、灵敏度（汇川技术、鸣志电器、江苏雷利等归于此类）。控制电机根据控制方法、结构、用途等不同又可以分为步进电机、伺服电机、直流无刷电机、力矩电机等。人形机器人要求电机体积小、扭矩密度高、精度高，故应用控制电机为主。
- **驱动电机**：侧重启动和运行过程中的力能指标，功率较大（卧龙电驱、方正电机、英搏尔从事的电机业务等归于此类）。可分为交流的永磁同步电机、异步电机、磁阻电机，以及直流电机（通常是发电机）。

图 电机结构及运行原理

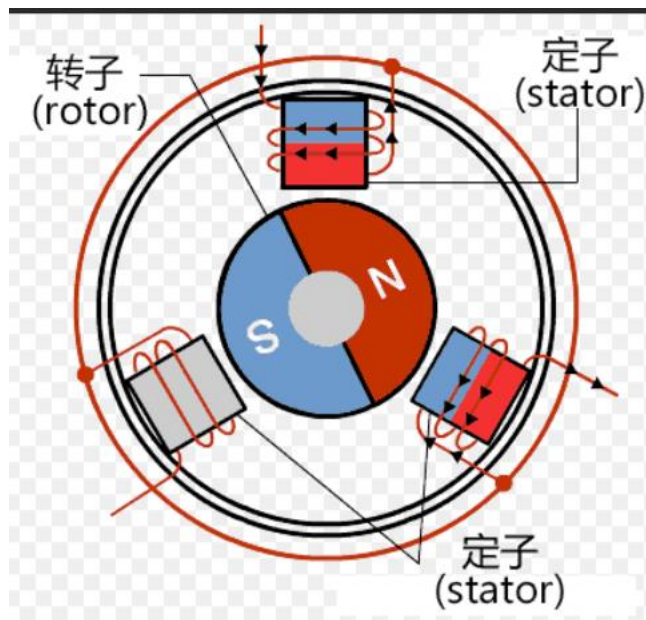
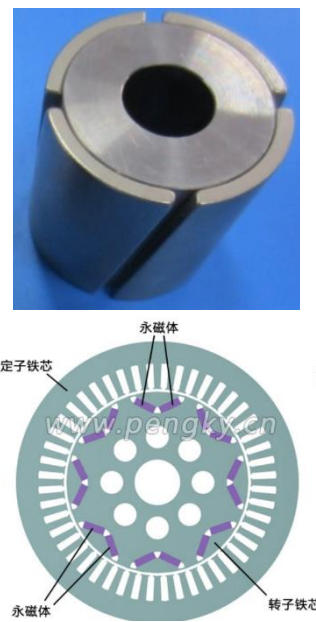


图 电机定子结构



图 电机转子结构

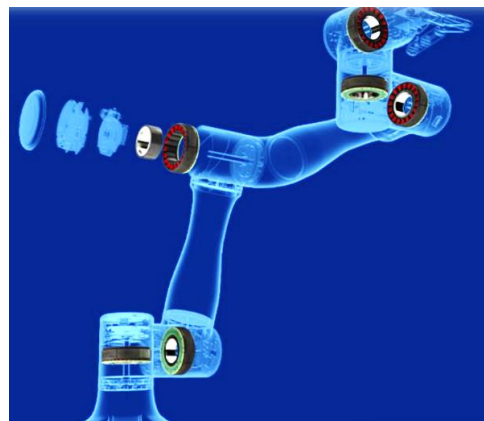


- ◆ **无框电机与伺服电机一样属于永磁同步电机，但只有定子及转子部件，没有伺服电机外壳、轴、轴承等部件。**无框电机结构紧凑、输出力矩高、堵转情况下仍能连续运转，故通常应用于**机器人、医药、包装、印刷**等领域。无框伺服电机类似普通伺服电机；但无框力矩电机在设计端采用更大的直径长度比、较高的极数、更低的转速，使得它相对伺服电机可提供更大的扭矩。

图 无框电机通常与其他零部件组合成机器人关节模组



图 无框电机在协作机器人上的应用



- ◆ **无框电机市场规模、应用范围仍较小。**无框电机市场应用以协作机器人为主，单协作机器人对无框电机的使用量在6-7台，单价在几百元到几千元不等（因功率而异），假设价格在1000元，则22年协作机器人领域无框电机市场规模为1.17-1.37亿元。其中，部分机器人厂家在自研电机，第三方供应商步科股份的无框电机收入为百万元量级。
- ◆ **人形机器人有望打开无框电机空间。**按特斯拉机器人当前设计，全身关节需要28台无框电机，100万台量级假设下有望拉动2800万台无框电机需求，相对协作机器人需求可放大28倍。

图 中国六轴及以上协作机器人出货量情况及预测

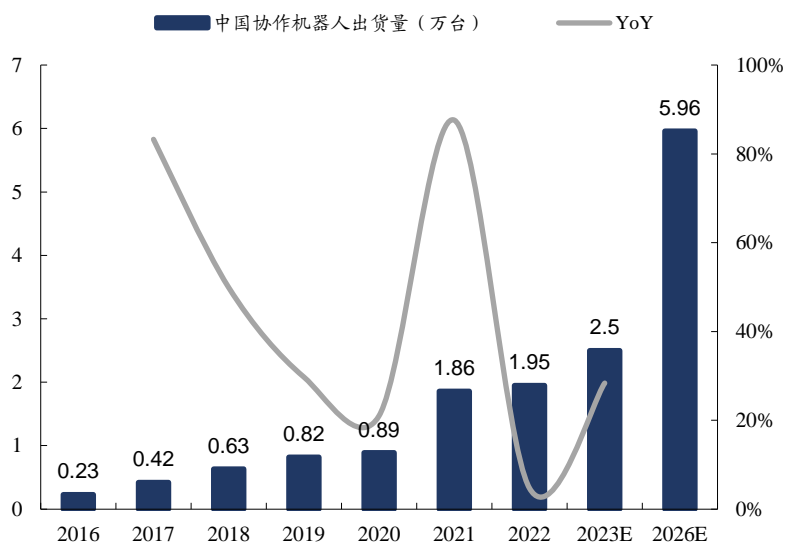


图 人形机器人对无框电机需求的拉动较大

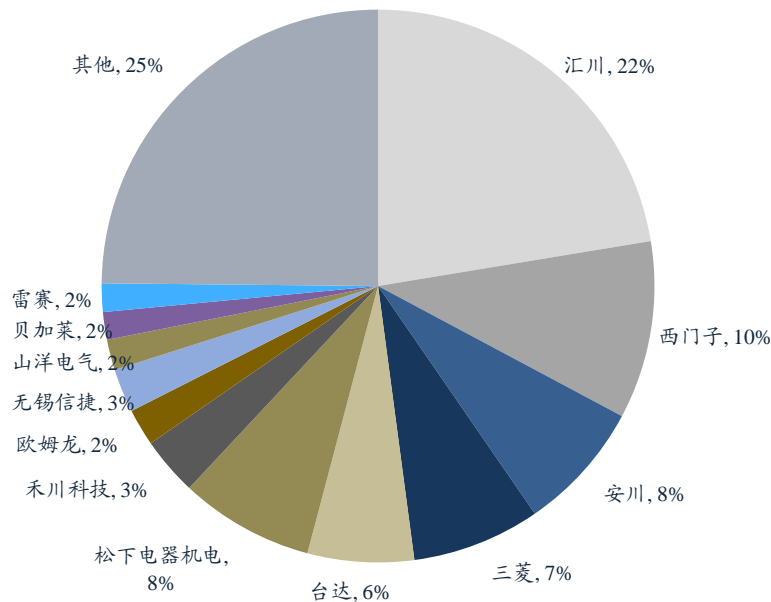
单位：万台	2022年	2026E	2030E
<b>无框电机需求-协作机器人</b>	<b>14</b>	<b>42</b>	<b>102</b>
协作机器人销量	1.95	5.96	14.55
单台协作机器人无框电机用量	7	7	7
<b>无框电机需求-人形机器人</b>	<b>0</b>	<b>280</b>	<b>2800</b>
人形机器人销量	0	10	100
单台人形机器人无框电机用量	28	28	28

- ◆ 无框力矩电机主要供应商为美国企业为主（科尔摩根为首），国内厂商较少，现有产品均以协作机器人、AGV应用为主。
- ◆ 产品壁垒接近伺服电机，随市场容量扩大，伺服相关厂家也可以切入机器人无框电机市场（科尔摩根、步科等公司同样也有伺服电机产品线）。无框和伺服电机的加工工艺类似，主要差别在：1) 设计（高直径长度比、高极对数）；2) 表面需要做额外防水防尘处理（定转子直接裸露在外，通常做到IP65/IP67等级）；3) 定制化程度比伺服这类标准品来得高。

图 无框力矩电机供应商介绍

公司	国家	公司介绍	无框电机应用领域	电机实物图
Kollmorgen	美国	科尔摩根 (Kollmorgen) 是全球领先的运动控制系统和配件供应商。提供业界高性能、高可靠性的电机、驱动器、直线执行器、AGV 控制解决方案和自动化平台，拥有逾百万款标准和定制产品	机器人、AGV、机床、医疗设备、印刷、包装等	
Aerotech	美国	AEROTECH 是美国运动控制器供应商，为用户设计和制造最高性能的运动控制和定位系统，用户覆盖世界各地的工业，政府，科学和研究机构。行业包括医疗设备和生命科学、半导体和平板显示、汽车、电子制造和测试、装配等	未做说明	
Parker	美国	派克汉尼汾公司 (Parker) 是全球一流的运动控制制造公司 (纽交所上市)，元件和系统超过1400余条生产线，在运动控制方面分布于1000多个工业和航空领域，是唯一一家提供液压、气动和机电一体化运动控制方案的制造商	未做说明	
步科股份	中国	上海步科 (Kinco) 一直专注于工业自动化设备控制核心部件与工业物联网/互联网软硬件的研发、生产、销售以及相关技术服务，并为客户提供设备自动化控制、数字化工厂及工业互联网解决方案	协作机器人、仓储物流	
研一机械	中国	苏州研一机械专注于定制无框力矩电机及高精密减速电机，公司由多名机器人行业专家发起成立。拥有数十年电机、电驱伺服和机器人减速机应用经验，及成熟完备的供应链配套。	协作机器人	

图 国内伺服市场格局 (2022A, 按销售额)





◆ **空心杯电机是特殊结构的直流无刷电机，面向高端细分市场：**空心杯电机是直流无刷电机的一类，电机转子结构采用无铁芯结构，适用于体积小、转矩密度高、能量转换效率高、响应速度快的应用场景（**机器人灵巧手**要求体积小和高转矩密度&响应速度，对精度要求只在±0.1mm量级）。根据NTCysd，2021年空心杯电机市场规模为6.8亿美元，22-28年CAGR=8.47%。

图 空心杯电机结构爆炸图及实物装配图

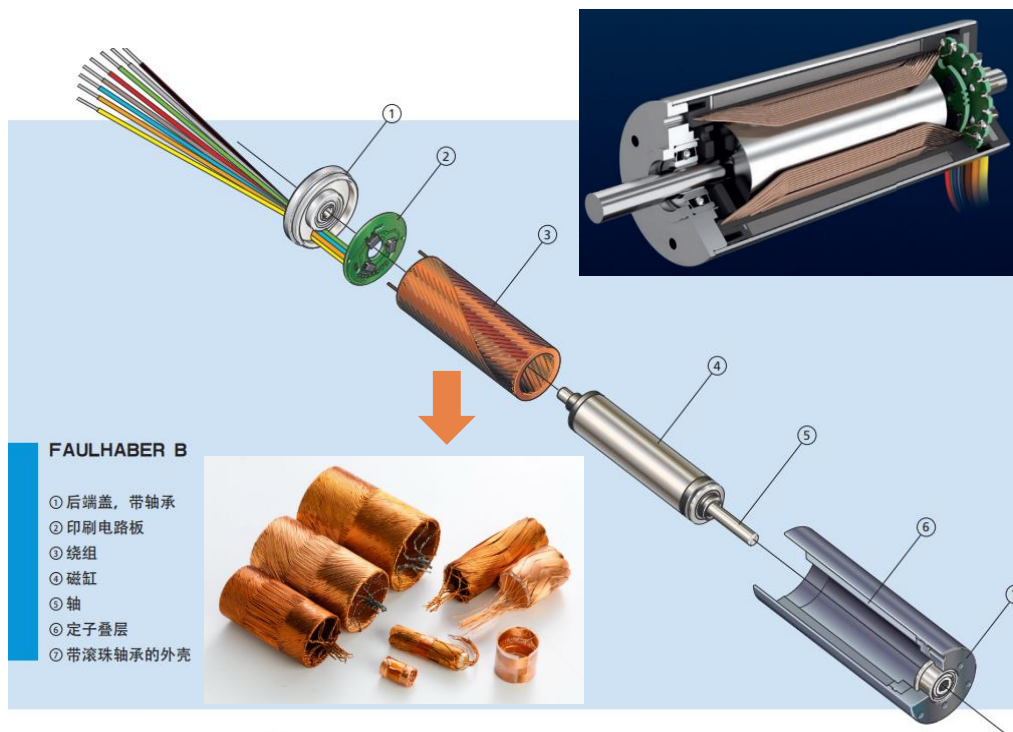
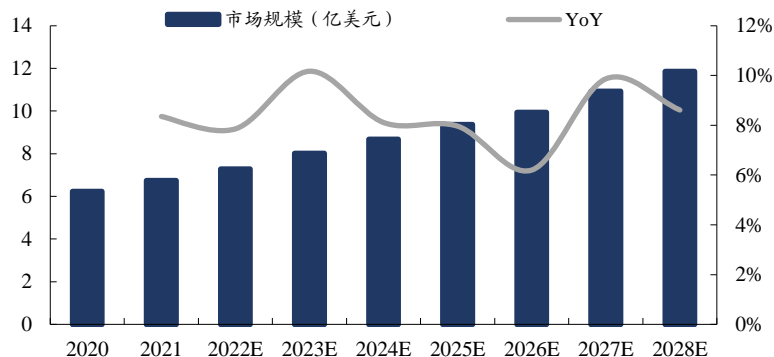


图 空心杯电机全球市场规模及应用场景列表



应用场景	功率密度	效率	扭矩	加速度	精度	寿命
医疗设备	√		√		√	√
手术电动工具	√	√	√			√
工业电动工具	√	√	√	√		
临床诊断				√		
仪器仪表	√	√		√		
安全系统		√		√		√
航空航天	√					√
<b>仿人机器人</b>		√	√	√		√

- ◆ **产品壁垒一：空心杯线圈绕组成型工艺难，批量后良率难保障**
- ◆ **海外厂商多采用一次成型空心杯绕线技术，龙头厂商绕线设备自研，且绕组设计专利壁垒深厚（通常空心杯电机有集中式、分布式叠绕组等多种绕组形式，龙头企业会设置绕组设计专利门槛）。**
- ◆ **国内厂商通常采用人工绕线或卷绕式工艺（半自动化），生产效率、和线圈质量落后国外。**

图 线圈绕制结构较为多元化

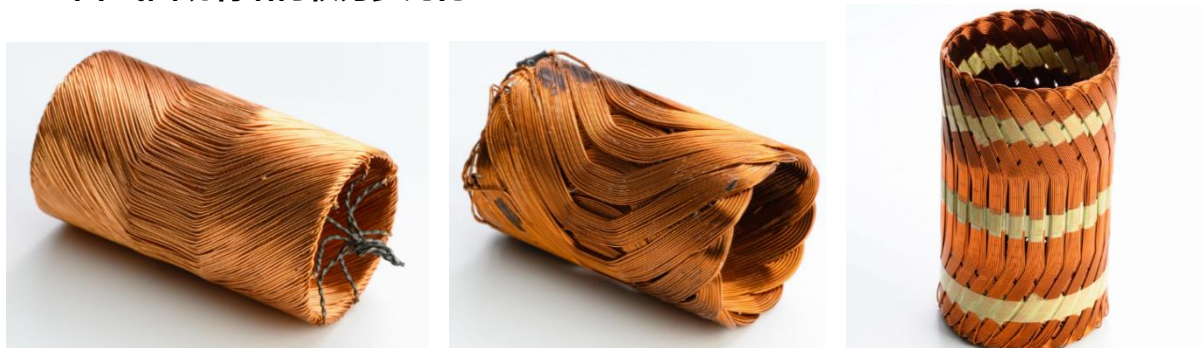
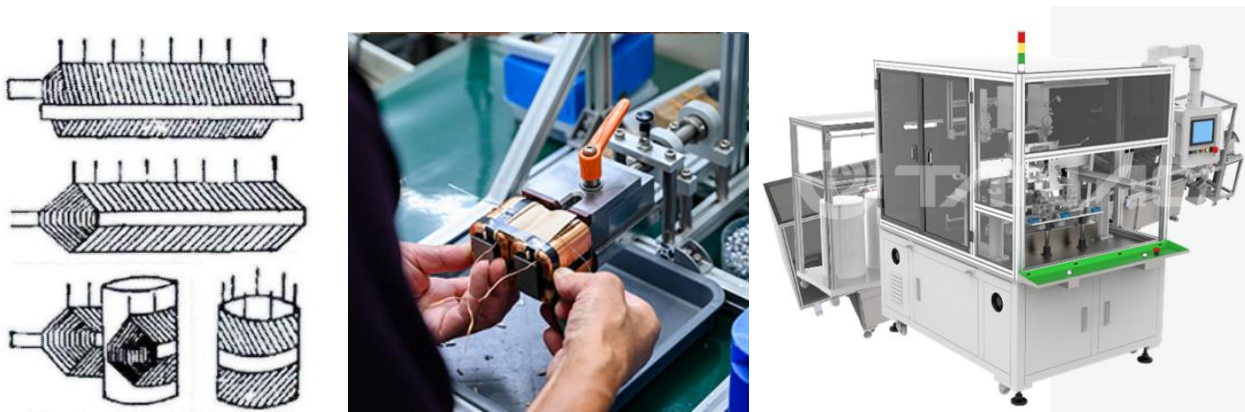


图 卷绕式工艺（左1.2图）及全自动绕线机（右图）

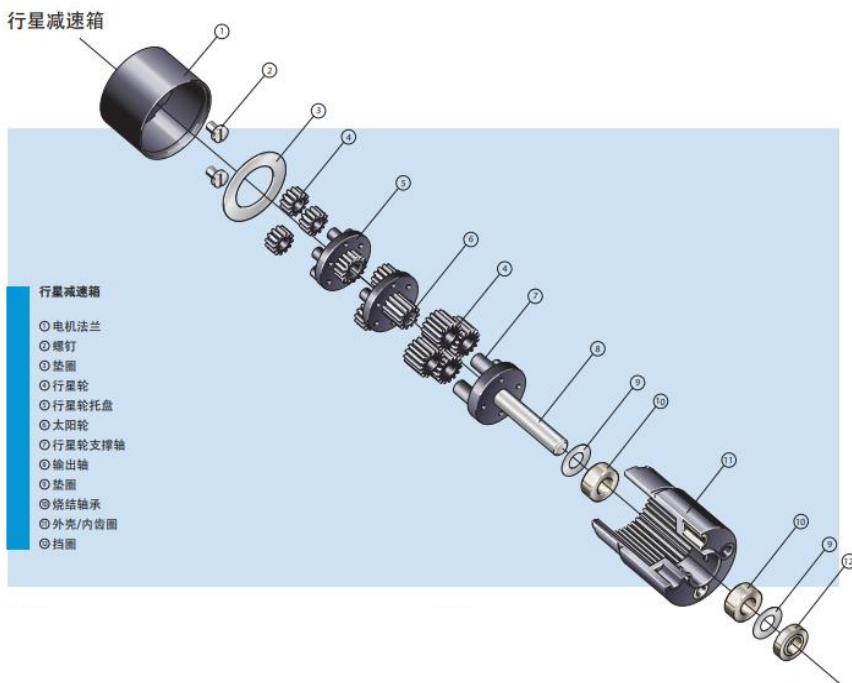




## ◆ 产品壁垒二：高速转动的零部件精密制造要求高

- ◆ 空心杯电机直径通常在13mm及以下（针对人形机器人应用），且通常以几万-10万转每分钟的高速运动（常规电机通常几千转/min）、各机械件公差配合难度高，考验精密制造能力，通常会采用日本、德国等地进口的机床进行精加工。

图 空心杯电机往往搭配精密齿轮箱（减速机），高速+小尺寸场景下考验加工精度



- ◆ **海外企业基本垄断空心杯电机市场，国内奋起直追。** 全球龙头主要是瑞士maxon、德国faulhaber两家，内资龙头为鸣志电器，第二梯队主要有鼎智科技、深圳拓邦、上海埃依琪（非上市）、北京奕山（非上市）等，产品主要面向国内中低端市场。
- ◆ **海外厂家空心杯电机品类齐全，内资在同类型产品上具备性价比优势。** Faulhaber、maxon空心杯直径可小到3-5mm，内资少有12mm以下的空心杯电机。同功率段产品对比下，鸣志性能与外资接近、价格便宜30%+，特斯拉机器人量产之际，内资供应商是“不二之选”。

**表 国内空心杯电机上市公司产品进展**

公司	空心杯电机进展	尺寸范围	转速范围	是否有减速机
鸣志电器	产品批量出货，应用于医疗、航空、机器人等	Φ8-30mm	0-5万rpm	√
鼎智科技	22年新产品空心杯电机、精密行星减速箱量产	Φ16-42mm	0-5万rpm	√
拓邦股份	产品批量出货，应用于电动窗帘、工业机器人、医疗等	Φ12-40mm	0-7万rpm	×

**表 各家空心杯电机公司性能参数对比**

性能指标	Faulhaber	Maxon	鸣志电器	鼎智科技
产品	1660S024BHS	ECX SPEED 16L	ECH16056H24	22ZWWC48
功率	96W	80W	90W	100W
空载转速	52400 rpm	61200 rpm	45000 rpm	55000 rpm
最大连续转矩	11.6 mN·m	16.1 mN·m	14.59 mN·m	20 mN·m
最大效率	92%	93%	91%	89%
机械时间常数	1.2 ms	1.79 ms	1.19 ms	1.89 ms
重量	0.078 kg	0.073 kg	0.073 kg	0.11kg
功率密度	1.23 kW/kg	1.10 kW/kg	1.23 kW/kg	0.91 kW/kg
价格（均小批量）	——	2287 元	1358 元	——

- ◆ **Faulhaber和Maxon空心杯电机合计占据全球市场近半份额。** 2021年Faulhaber和Maxon合计占全球空心杯电机份额超45%，top3厂商市场份额占55.43%，2022年top5厂商市场份额占67%。
- ◆ **龙头竞争优势主要在于技术专利积累、产品种类数量和销售渠道全球化。** Maxon产品种类丰富，可提供100万种组合方式进行定制化搭配；Faulhaber在微小尺寸空心杯电机制造上具有显著技术优势。

图 全球空心杯电机市场格局（上：2022年，下：2021年）

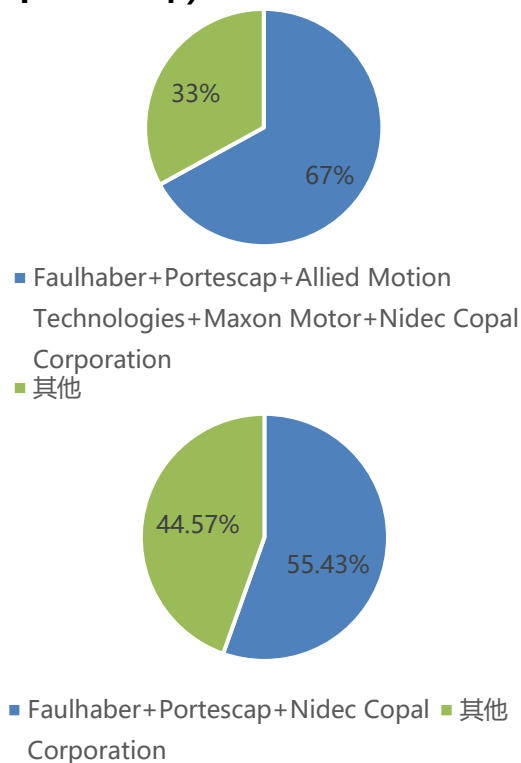


表 海外空心杯电机龙头公司介绍

	Maxon	Faulhaber
<b>企业情况</b>	成立于1961年，全球约有3200个员工，销售网络遍布全球40多个国家，产品系列包括有刷、无刷空心杯电机，行星齿轮箱、传感器、编码器等	历史可追溯至1947年，具有丰富的制造经验，作为空心杯电机的发明企业，空心杯迷你电机的产品性能突出
<b>核心优势</b>	用有三大核心优势—产品模块化、销售国际化、设计可定制化	在微小尺寸和高扭矩领域有显著的技术优势
<b>产品参数</b>	空心杯电机已覆盖直径6mm到65mm，功率范围0.3W到250W，可提供5000种产品、100万种组合方式	产品富有竞争力，最小直径仅1.9mm，最大连续扭矩高达200N·m
<b>人形机器人应用</b>	其灵巧手解决方案成熟稳定，已成功应用于Miroki人形机器人	

- ◆ **行星滚柱丝杠目前市场小、成本高**：全球市场空间不足20亿，国内1亿元，产品主要应用于军工、航天领域，机床等其他领域更多使用滚珠丝杠作为替代。售价一套1万元，反转式行星滚柱丝杠价格2万元以上。
- ◆ **生产工艺要求极高，反转式难度加倍**：工艺及设备共同形成滚柱丝杠壁垒。滚柱丝杠难点在于精度的控制，特别是周围的6-12根小滚柱的精度要达到c2级别，否则位置互换时造成噪音和卡顿。从工艺角度看，热处理（影响寿命）、精磨（影响精度）、装配（影响一致性）是核心；其次，对设备的精度要求极高，特别是精磨设备，高精度设备主要来自日本三井和德国霍夫曼，设备交货周期1-2年。反转式行星滚珠丝杠难度加倍，主要由于反式是内螺纹，内径小，使用磨床的砂轮片小且旋臂大，精度极难控制。

表 行星滚柱丝杠工艺流程

工序	作用	所需设备	所得产品
淬火和磨削	使得硬度和精度达标		
旋风铣	用装在高速旋转刀盘上的硬质合金成型刀，从工件上硬铣出滚道，去除率是普通磨削的4倍左右	旋风铣铣床（进口）	镗铣半成品，即精度要求不高的丝杆
切割	按照客户定制要求，对丝杆的长度进行切割	金属切割机床	
车削	对轴颈部分的切削加工，车出螺纹并半精磨加工轴承外缘	车床	
磨削	磨轴颈外缘，要配合轴承，所以对精度要求比较高	高精度加工螺纹磨床（进口）	高精度要求的高端丝杆

- ◆ **滚柱丝杠承载能力较滚柱高4-5倍、额定动载荷（寿命）高3-4倍、转速更高，更适合用于人形机器人：**滚珠是点接触、滚柱是线接触，受力面大，承载能力强，虽然滚珠可将螺母加长2倍达到同等承载力，但会影响机器人行动；滚柱的DN值为16万，较滚珠的7-8高（珠钢内部循环，为减少对弯道的冲击，速度有限）。因此滚柱丝杠更适合应用于人形机器人。
- ◆ **滚珠丝杠企业可延伸至生产滚柱丝杠，设备等有同源性：**设备差异不大，车床、螺纹磨床、热处理设备等相似，但工艺不同，如砂轮的设计，丝杆与小丝杠的结构，精度要求等均不一致，仍需时间拓展。但SKF、力士乐这些滚珠企业已延伸至滚柱丝杠行业。

表 行星滚柱丝杠、滚珠丝杠、梯形丝杠对比

特性	梯形丝杠（滑动丝杠）	滚珠丝杠	行星滚柱丝杠
原理	滑动摩擦，螺旋形式为普通等腰梯形	滚动摩擦，螺杆的旋转使滚珠推动螺母轴向移动，同时滚珠沿螺旋形凹槽滚动	在主螺纹丝杠的周围布置了6-12个螺纹滚柱，由传统滚珠丝杠式的点接触变成了精度、承载力更高的线/面接触
性能特点	连续工作发热严重，传动效率低，30%，一般适用于大负载但工作转速度和工作制要求很低的情况	由于滚珠存在相互碰撞及末端急剧转向，导致高转速条件下传动效率降低、噪声大，只适用于对精度要求高的中等性能要求的场合	具有高承载、耐冲击、高速度、噪声低、高精度、长寿命等特点，对滚珠丝杠、液压驱动等技术路线形成有效替代，应用场合要求最高
下游应用领域	电梯、汽车、自动化设备、机床、消费品设备等	高档数控机床、普通机械、工业机器人、人形机器人、航空航天、医药、模具加工等	航天器、望远镜等高精度控制系统，机床、数控机床、精密机器人、半导体设备等
全球主要玩家	Thomson、NIPPON、Kuroda等	日本NSK、日本THK等	GSA、SKF、EWELLIX、MOOG等



- ◆ **滚珠丝杠市场竞争格局：**市场空间全球500亿，国产化率约10%，国内厂商主要占据中低端市场。第一梯队为日本和欧洲厂商，如日本THK/NSK、德国舍弗勒（SKF）、博世力士乐；第二梯队中国台湾厂商，上银科技、银泰科技；第三梯队国产厂商：南京工艺、秦川机床、博特精工；新进入者：贝斯特、恒立液压、鼎智科技、长盛轴承、禾川科技。
- ◆ **滚柱丝杠市场竞争格局：**市场空间全球20亿，竞争格局与滚珠丝杠高度重合，目前龙头仍为舍弗勒、SKF、博世力士乐等。

表 滚珠丝杠市场竞争格局

	公司	成立时间	主要产品	2022年总营收（亿元）
第一梯队	日本THK	1946年	致力于开发LM滚动导轨，滚珠花键，滚珠丝杠，电动智能组合单元等在内的机械元件	206
	日本NSK	1916年	直线运动产品包括滚珠丝杠、NSK直线导轨、直线模组、大扭矩直驱电机和其他精机产品	476
	德国舍弗勒	1946年	滚动功能部件主要包括滚珠丝杠支撑轴承，用于高精度数控机床	1263
	博世力士乐	1795年	丝杠传动系统包括滚珠丝杠传动系统、螺母、精密螺杆，行星丝杠传动系统、螺母、螺杆	559
第二梯队	中国台湾上银科技	1989年	精密研磨级滚珠丝杠、转造级滚珠丝杠、高速化低噪音滚珠丝杠Super T系列等	67
	中国台湾银泰科技	1990年	主要生产滚珠螺杆、精密螺杆花键、线性导轨、滚珠花键及致动器，系为精密机械关键性零组件	非上市公司
第三梯队	南京工艺	1991年	为精密卧式加工中心批量配套滚珠丝杠副、滚动导轨副	非上市公司
	汉江机床	1965年	以滚珠丝杠副、滚动直线导轨副、滚动导轨块、滚动花键副、螺杆转子副为主的滚动功能部件	4
	博特精工	1992年	精密滚珠丝杠副、精密滚动直线导轨副	非上市公司

- ◆ **机器人产业链有望加速滚柱丝杠国产化，目前虽精度低，但后续提升空间大：**目前三花及拓普均有送样T执行器，滚柱丝杠均有寻求自产及国产供应商，其中三花已购入精磨设备研发，并与新剑传动合作；拓普也与新剑传动有过丝杠合作。其次，国内滚珠丝杠积累较深的厂商，如南京工艺、秦川机床、人本、新剑等也具备小批量滚柱丝杠量产能力。同时贝斯特、恒力液压等滚珠丝杠新进入者，基本设备与团队优势，后续也有望发力滚柱丝杠市场。目前国产精度预计C7级别，未来提升至C5甚至C3，以满足需求。
- ◆ **滚柱丝杠降本空间大：**一是依靠规模化，若100万辆机器人对应丝杠空间400亿（单价降至5k元）；二是冷轧工艺放量（磨削工艺精度高，但极度依赖机床，降本难）；三是特斯拉算法足够强大，对零部件精度要求放低，成本将明显下降。

**表 国内滚珠丝杠企业进度梳理**

国内企业	公司介绍	布局情况和进度
秦川机床	工业母机产业国企改革典型标的，机床+零部件上下游布局协同效应强	22年行星滚柱丝杠已经小批量生产，下游主要是军工行业（飞机）
博特精工	滚动功能部件标准(滚珠丝杠副、直线导轨副)主要起草单位	已具备小批量生产能力，丝杠直径覆盖24-63mm
南京工艺	滚动功能部件领域制造公司	已具备小批量生产能力，丝杠直径覆盖36-160mm
三花智控	世界领先的OEM供应商	外购两台设备，具备自制滚柱丝杠的能力
鼎智科技	具备精密运动控制解决方案能力，和集成商三花智控紧密合作	公司预计23年底行星滚柱丝杠能完成研发，仅有滑动丝杆曾供货三花智控
恒立液压	高端液压件国产替代领军企业，定位高端机床+工程机械	可把滚珠的团队和技术迁移到滚柱上，公司预计24年初具备行星滚柱生产能力，主要得益于21年9月定增项目的投产
贝斯特	深耕精密零部件加工	进口设备进入交付、安装期，主要生产滚珠丝杠用于机床行业，可能把滚珠丝杠的团队和技术迁移到滚柱丝杠上
鸣志电器	运动控制领域的知名制造商	子公司派博思具备自制梯形丝杠及滚珠丝杠能力，配套鸣志的步进电机
新剑传动	机电传动为核心技术的智能制造企业	引进行星滚柱丝杠超精密进口加工设备，于22年7月正式投产，与三花、拓普等公司合作
人本	直线轴承生产商	具备生产精密滚珠丝杠的能力

- ◆ **谐波具备体积小、精度低率先应用于旋转执行器，手指关节采用小型行星减速器：**目前送样方案看，特斯拉机器人14个旋转关节均采用谐波减速器方案，12个手指关节采用行星减速器方案。
- ◆ **机器人下半身承重要求高，有望引入RV新方案：**谐波承重和抗压力相对较弱，在机器人下半身，包括髌部、膝盖、脚踝有望引入RV减速器，增加抗压力，目前国内有龙头厂商通过将谐波与RV技术融合，既保留RV的承重力，又缩小体积，后续有望送样。

图 减速器类型对比

	RV减速器	谐波减速器
结构	RV减速器由一个输入轴、一个偏心轮、若干个摆线针齿轮和一个输出轴组成。摆线针齿轮通过偏心轮的运动实现与输入轴和输出轴的连接	谐波减速器由一个柔性铰链轮、一个波发生器和一个输出轮组成。柔性铰链轮通过波发生器产生谐波运动，并驱动输出轮实现减速输出。
工作原理	当输入轴转动时，偏心轮驱动摆线针齿轮进行旋转，通过摆线针齿轮的连续啮合来实现减速。	波发生器不停地产生周期性的径向变形，使柔性铰链轮发生弯曲变形，从而实现输出轮的转动。
传动效率	>80%	>75%
噪声	<70db	<60db
减速比	30-192	30-160
额定转矩使用寿命	>6000h	>8001h
输出扭矩	101-6135N*m	6.6-921N*m
特点	负载高、刚度高，但重量大、体积大，多应用于机器人大臂、肩部、髌部等重负责	体积小、精度高、噪音低，但是负载轻，多应用于机器人关节
价格	工艺更复杂，价格5000元	零部件少，价格1000元+

- ◆ **谐波国产化加速，国内厂商占比显著提升。**谐波减速器此前长期被日本哈默纳克垄断，随着绿地谐波采用三次谐波理论，创新研发P型齿，率先开始国产替代，同时哈默纳克专利到期，技术开始扩散，国内小厂逐步起量。2020年哈默纳克和新宝在国内谐波份额占比46%，21年下降至43%，22年略微提升至45%。海外市场看，由于哈默与四大工业机器人绑定更深，目前份额仍遥遥领先。
- ◆ **国内第二梯队份额逐步提升，但与绿的差距较大。**21年国内谐波市场绿的、来福、福德、大族市占率为21%、6.1%、4.7%、4.1%，22年市占率分别为24%、8%、6%、4%、4%，其中绿的、来福、福德份额稳步提升。

图 谐波减速器份额变化 (按销量, 左: 2021年; 右: 2022年)

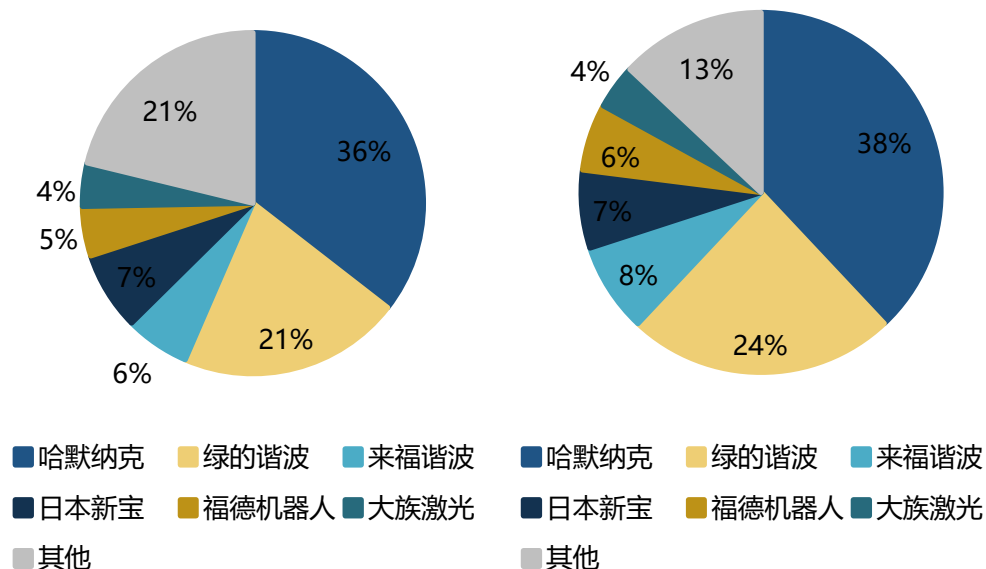


图 谐波减速器技术壁垒

核心壁垒	相关技术	产生的影响
<b>齿形设计</b>	30°压力角渐开线齿形 哈默纳科改良后的IH齿形	IH齿形大幅增加啮合齿数, 改善拉伸刚性; 使齿底应力缓冲效果一致
<b>柔轮材料</b>	一般为合金钢 哈默纳科使用特殊钢	特殊钢疲劳强度大, 细化程度与稳定性较好, 使齿轮承受的压力变小、转矩容量变高
<b>组合结构优化</b>	哈默纳科对壳体和波发生器采用了铝等轻质合金, 对连接部件进行优化	使得整机轻量化, 适合于特殊要求的应用场景
<b>加工精度</b>	主流的加工是钢轮插齿+柔轮滚齿, 绿的谐波采用线切割	线切割效率比滚齿慢, 但是精度高, 线切割做出来的柔轮运行噪音比滚齿低

- ◆ **RV工艺更复杂、壁垒更高，国产化率仍偏低：**RV减速器结构负责、加工精度要求更高；工艺难度更好，包括热处理、精加工、装配等，可直接影响寿命和性能。因此即便未有专利限制，目前全球市场仍被纳博特斯克垄断，21年其占据全球60%份额。
- ◆ **特斯拉若部分采用RV方案，则国内龙头有望受益：**RV格局更集中，中国21年机器人领域，日本纳博特斯克和住友份额分别为55%、6.6%，国内双环、中大力德、南通振康、珠海飞马、秦川分别占比15%、4%、4%、4%、3%，22年份额基本维持稳定，其中秦川略微下降1pct。

图 RV减速器份额变化（按销量，左：2021年；右：2022年）

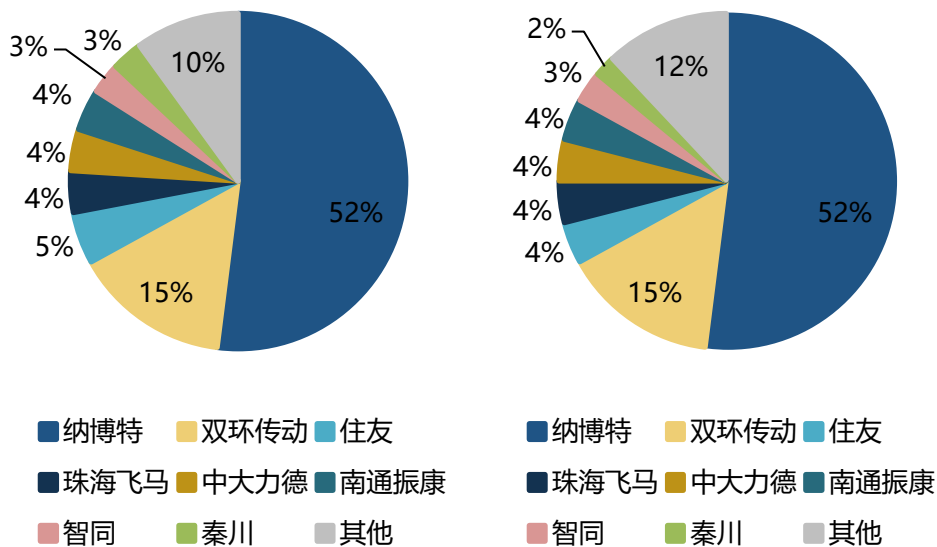


图 RV减速器壁垒

核心壁垒	影响因素
摆线轮齿廓修形	(1) 参与啮合段齿形与理论共轭廓形逼近，以满足减速器瞬时传动比恒定、运动精度高的要求，减小轮齿弹性变形
加工装配	(2) 摆线轮与针齿之间要有一定啮合间隙，以保证运转过程中具有良好润滑 加工与装配时的公差分配是影响传动精度的重要因素

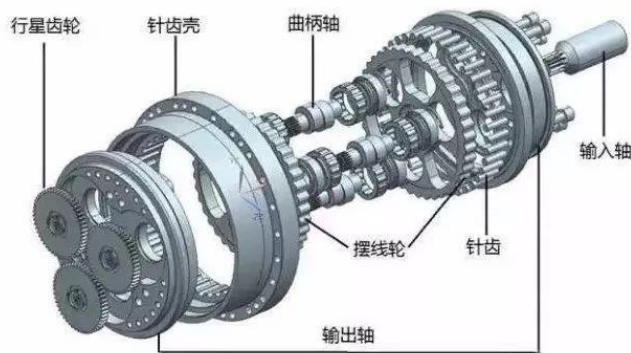




表 国产减速器厂商产能布局、产品定位、下游应用

公司名称	减速器类型	产能布局	产品定位	下游应用
绿的谐波	谐波	截至2021年底，产能达30万台/年；计划新增谐波减速器产能100万台/年、机电一体化执行器20万套/年，2023年6月目前尚未开工，预计两年完成	中高端	用于工业机器人、服务机器人、数控机床等
来福谐波	谐波	2019年上半年，产能达到2万台/月	高扭矩、小型化、高性价比	工业机器人、服务机器人、数控机床、医疗器械、高精度自动化设备等领域
中大力德	行星、RV、谐波	截至2022年7月，减速器总产能约10万台/年（含行星、RV和谐波减速器）；2023年4月新增大型RV减速器产能，达产后预计可形成约35.50万台一体化智能执行单元产品以及0.50万台大型RV减速器产能	智能化、自动化	工业机器人、智能物流、新能源设备、工业母机、纺织机械等工业自动化领域
大族传动	谐波	截至2022年底，产能约6万台/年，计划扩产至10万台/年	中高端	光伏、锂电、半导体、电子、精密测量、激光等领域
国茂股份	谐波、RV	截至2022年8月，产能2500台/月，计划扩产至10万台/年	中低端	广泛应用于环保、建筑、电力、化工、食品、物流船舶、水利、纺织等行业
昊志机电	谐波	截至2022年9月，产能13.8万台/年	中高端	可应用于汽车制造、金属制品、食品饮料、3C、医药、物流和美容等领域
双环传动	RV、谐波	截至2023年2月，小型RV产能12万/年，大型8万/年，因此中枢是10万/年，23Q3预计达15万台/年；截至2023年4月，公司谐波减速器已形成了多个型号产品的批量供货，在原有的谐波减速器产品基础上开发出了3大衍生新型号的谐波减速器	中高端	汽车的动力总成和传动装置，包括变速器、分动箱等，新能源汽车的动力驱动装置如混合动力变速器以及各类纯电驱动电机与减速传动齿轮，非道路机械（含工程机械和农用机械）中的减速和传动装置以及在轨道交通、风力发电、电动工具、机器人自动化等多个行业门类中的驱动、传动应用场
秦川机床	RV、谐波	截至2023年5月，机器人关节RV减速器产能为6-9万套/年	中高端	主要适用于汽车、高端装备制造、工程机械、海洋工程、机床、石油化工等领域。
丰立智能	谐波	预计2023年下半年达产，届时精密谐波减速器产能3.5万件/年	中高端	广泛应用于电动工具、农林机械、医疗器械、智能家居等领域；
兆威机电	行星、RV、谐波	公司通过在直径小于6mm行星齿轮箱的结构设计、制造以及装配上开拓创新，开发了3.4mm、4.1mm、5.0mm、等多款微型精密行星减速器	中高端	主要产品涉及汽车电子、智慧医疗、通讯、智能家居、消费电子等领域；业务拓展方面重点聚焦汽车电子、智慧医疗、AR/VR、工业装备等领域的开拓
艾迪精密	RV	2015年携手国内知名高等院校开始自主研发精密减速机，截至2022年末已研发出C、E、N三大系列共计32款减速机	中低端	应用范围以建筑、市政工程、矿山开采、公路、铁路等

- ◆ **所用力传感器维度越高，对机器人完成复杂、精细任务，实现柔顺化、智能化帮助越大：**将力的量值（张力、拉力、压力、重量、扭矩等）转换为相关电信号的器件，其中测量扭矩/力的传感器叫作力/力矩传感器。结构上由力敏元件（利用弹性材料的形变和位移来感受力）、转换元件（常见为电阻应变片，将机械构件上应变的变化转换为电阻变化）、电路部分。一维和三维可满足普通需求，高精度和全面感知需六维。
- ◆ **执行器上均需配套一个传感器：**特斯拉14个旋转执行器分别配套1个旋转传感器，14个线性执行器分别配套1个力传感器。目前特斯拉机器人传感器均为海外厂商供应，但未来趋势为国产化。

图 力传感器按测量维度分为一维/三维及六维力传感器

名字	精准测量需要条件	局限	应用
一维力传感器	需要满足两个条件： 1.力的方向和测量轴线完全重合； 2.力的作用点在传感器的标定中心	无法将弯矩和与测量轴线不重合的力对力的干扰进行修正消除	压力传感器、拉力传感器
三维力传感器	需要满足一个条件： 力的作用点在传感器的标定中心（否则会收到扭矩干扰）；力的方向可以随意变化	无法将弯矩对力的干扰进行修正消除	受力点离传感器较近、对 <b>测量精度要求较小</b> 的医疗设备或 <b>机器人关节</b>
六维力和力矩传感器	力的方向和作用点都可以随意变化	相对较小（可以修正各个方向和弯矩的干扰）	受力和力矩长，且对 <b>测量精度要求高</b> 的航空航天、 <b>机器人</b> 、医学设备等领域

图 力传感器中作用点偏离造成的弯矩干扰

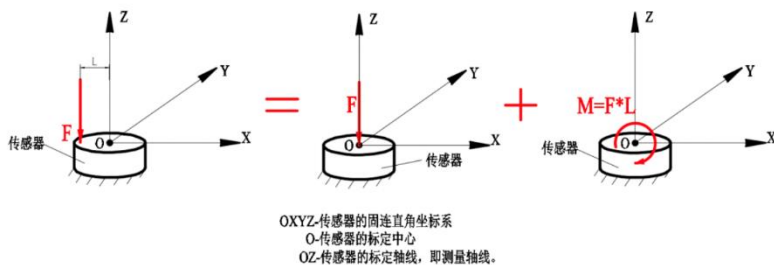
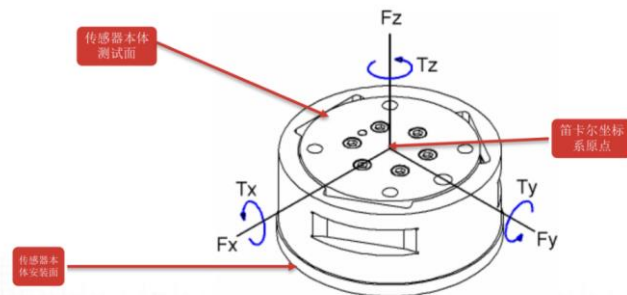


图 六维力/力矩传感器结构



- ◆ **六维力传感器也是维度最高的力觉传感器。** 六维传感器可同时测量沿三个坐标轴方向的力和绕三个坐标轴方向的力矩，给出最为全面的力觉信息，其技术难度和使用难度都比较大。如果力的作用点离传感器标定参考点的距离较远，且随机变化，测量精度要求较高，一定需要采用六维力传感器，不仅可获得力的信息，同时可获得内部受力姿态，多应用于机器人手腕，便于抓取。
- ◆ **六维传感器国产技术尚未完全突破，价格高昂。** 六维传感器软硬件均存在难点，仅个别厂商可以国产化但精度仍与进口存在差异：1) 难以解决对所测力分量敏感的单调性和一致性问题；2) 无法解决因结构加工和工艺误差引起的维间干扰问题、动静态标定问题；3) 矢量运算中的解耦算法建模困难；4) 电路实现困难。目前六维传感器价格2-5万/个，后续国产化+规模化后降价空间大。

图 国内外主流厂商六维力和力矩产品性能对比

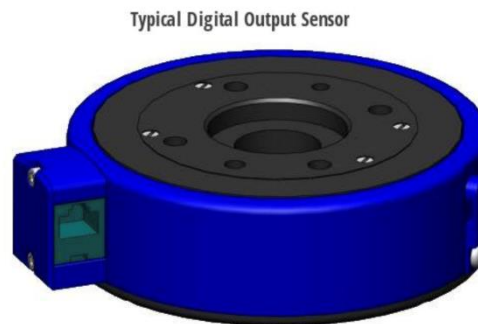
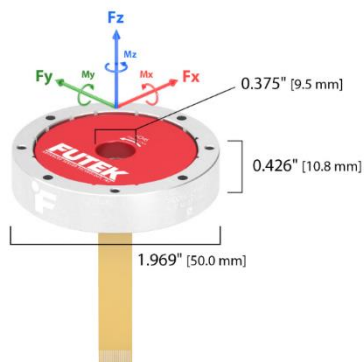
性能指标	宇立仪器	坤维科技	ATI	JR3
力范围(N)	50 ~ 600000	30 ~ 10000	32 ~ 88000	40 ~ 12000
力矩范围(Nm)	0.5 ~ 40000	1.5 ~ 1600	0.2 ~ 6000	3 ~ 1100
精度(%FS)	-	0.1	-	-
准度(%FS)	0.5 ~ 3	0.5 ~ 3	<2	0.25 ~ 1
过载水平	2 ~ 10倍	1.5 ~ 3倍	3 ~ 22倍	3 ~ 13.3倍
直径范围(mm)	15 ~ 135	36 ~ 200	17 ~ 330	76 ~ 191
厚度范围(mm)	9.2 ~ 280	20 ~ 47.5	7.0 ~ 107	25 ~ 50.8
防护等级	IP60 ~ 68	IP64	IP60 ~ 68	-
分辨率(%FS)	最小可达0.0025	0.03	0.015	0.0125
操作温度	-	0 ~ 80	0 ~ 65	-40 ~ 60
公司产品覆盖	产品种类极多，传感器型号超过500种	产品种类丰富，覆盖一维至六维传感器	主营机器人配件和手臂工具产品，力和力矩传感器以多维为主	主营产品为六轴力和力矩传感器及配件，产品种类不多
覆盖领域	汽车安全、汽车耐久、机器人自动化和医疗等领域	机器人力觉、工业/测试、运动/康复、航空航天领域	工业自动化领域	教育、医疗、航空航天、风洞、工业领域

- ◆ **海外供应商：**国外成熟的多维力传感器厂商主要有美国的AMTI、ATI、JR3、FUTEK，瑞士的BOTA，德国的HBM等公司，已开发出多种商用六维力/扭矩传感器。

图 国外公司部分六维力和力矩传感器产品图（红字部分只做多维传感器）

国家	公司	技术&产品
美国	AMTI	AMTI 专注于六轴力和扭矩传感器，在其设计和制造方面拥有超过 45 年的经验
	ATI	成立于 1989 年，是世界领先的机器人配件和机器人手臂工具的工程开发商，产品优化了机器人、航空航天、生物医学、汽车、电子、应用研究、学术、核能和政府等领域的工业应用，ATI拥有多款成熟的多轴力/扭矩传感器产品。
	JR3	成立于1983年，公司已牢固确立为多轴力扭矩传感器市场的领导者地位，JR3 为世界各地的客户提供了数千个传感器和持续的支持。
	FUTEK	成立于1985年，主营产品传感和测试测量仪器，主要应用于航空航天、国防、自动化、制造业等领域。
德国	HBM	1950年在德国成立，65 年来，HBM 测试和测量市场和技术一直深受客户信赖，从虚拟测试到真实的物理测量，HBM 可为多种行业测量应用提供产品和服务，HBM 产品范围涵盖传感器、应变片、放大器、数据采集系统以及用于结构耐久性测试和分析的软件。
瑞士	Bota	源自瑞士苏黎世联邦理工学院机器人实验室，为多轴力扭矩传感器、扭矩传感器和定制传感器的开发商和制造商。

图 国外公司部分六维力和力矩传感器产品图



◆ **国内供应商：**一维度力传感器技术门槛不高，国内生产商众多；三/六维度力传感器受到技术限制，目前国内主要玩家：

- **宇立仪器：**未上市，创始人是美国FTSS原总工黄约博世，是安川电机、KUKA、ABB 的力传感器合作商，产品线覆盖各类力矩传感器、数据采集、力控打磨等；
- **坤维科技：**未上市，供货给节卡、遨博、越疆、思灵、大族等国内协作机器人厂商，其中瀚川智能子公司参股坤维科技)；
- **昊志机电：**仅公布“攻克六维力传感器技术”。

图 宇立仪器产品示例图



图 国内主要玩家及技术介绍

国内厂商	技术&产品
宇立仪器 (SRI)	SRI拥有27项专利，取得了ISO9001质量体系认证和CNAS实验室认证。SRI拥有30多年传感器设计和力控经验，100% 自主研发及生产技术，传感器型号超过500种，实际应用超过2000例，60000多SRI传感器全球服务进行中。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。
坤维科技	公司凭借优秀的产品技术已获得多项发明专利，其中包括：多轴力/力矩传感器结构优化、六轴联合标校技术、高精度串扰解耦算法、高精度智能型嵌入式数采电路。公司主营产品为六维力传感器。
昊志机电	公司已经攻克六维力传感器技术。

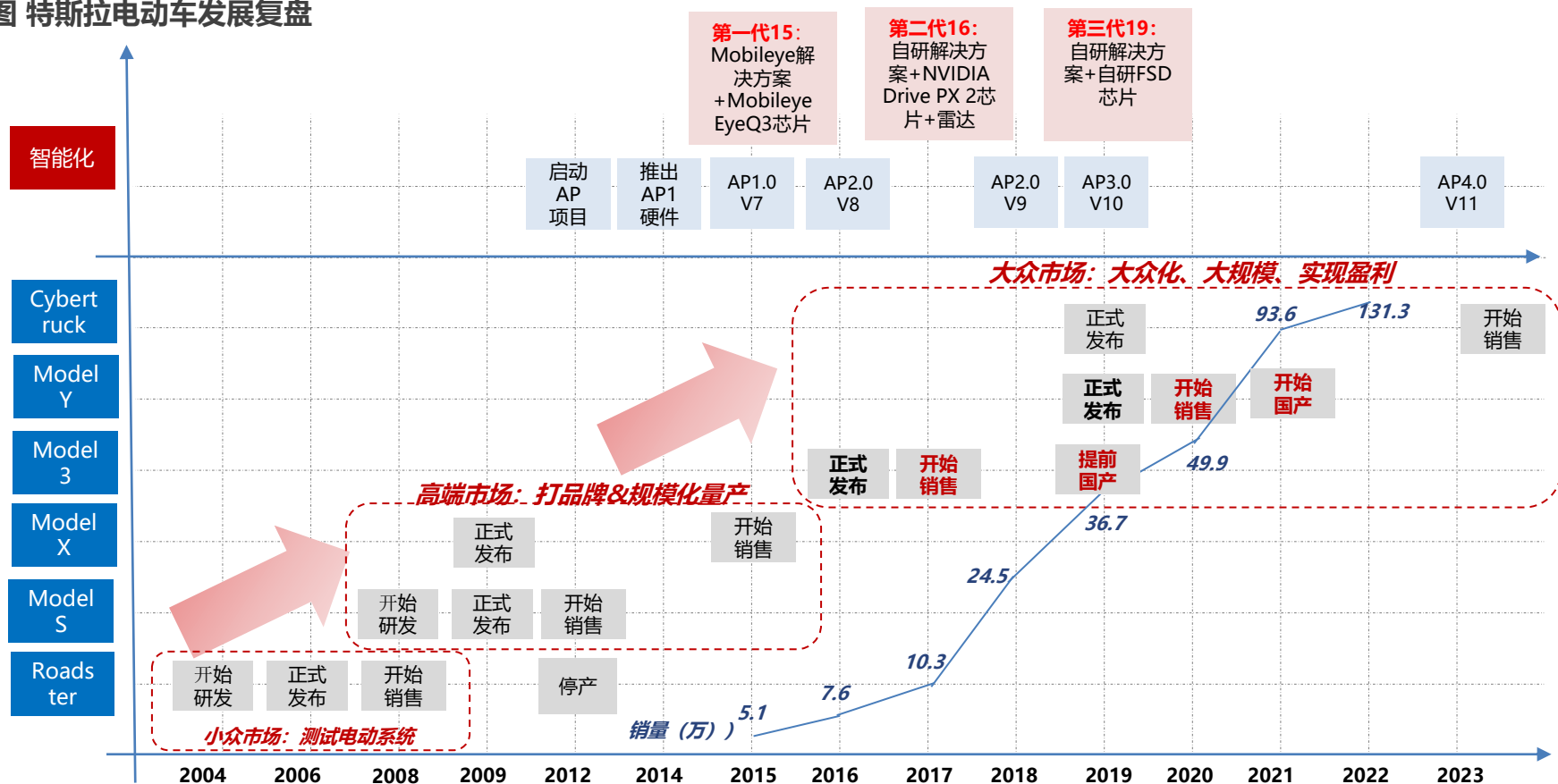


## 4、对标电动车化，人形机器人星辰大海

# 特斯拉人形机器人产业化进程较电动车或大幅缩短

- ◆ **特斯拉电动化三步战略**：1) 04-08年Roadster时代：5年时间测试电动化系统；2) 09-15年SX时代：7年时间实现品牌积累及规模化量产；3) 15-至今的3Y时代：推向大众化，实现盈利，智能驾驶实现快速迭代。
- ◆ **人形机器人将延续三步战略，但已有深厚积淀，推进速度更快**：目前特斯拉人形机器人的阶段相当于Roadster的后期和SX的初期，相较当年，特斯拉已具备深厚的人工智能技术基础、生产管理经验、品牌效应、资金及研发实力，因此从研发到大众化大规模生产**时间有望缩短一半至6年**。

图 特斯拉电动车发展复盘



## ◆ 电动车行情的三部曲：

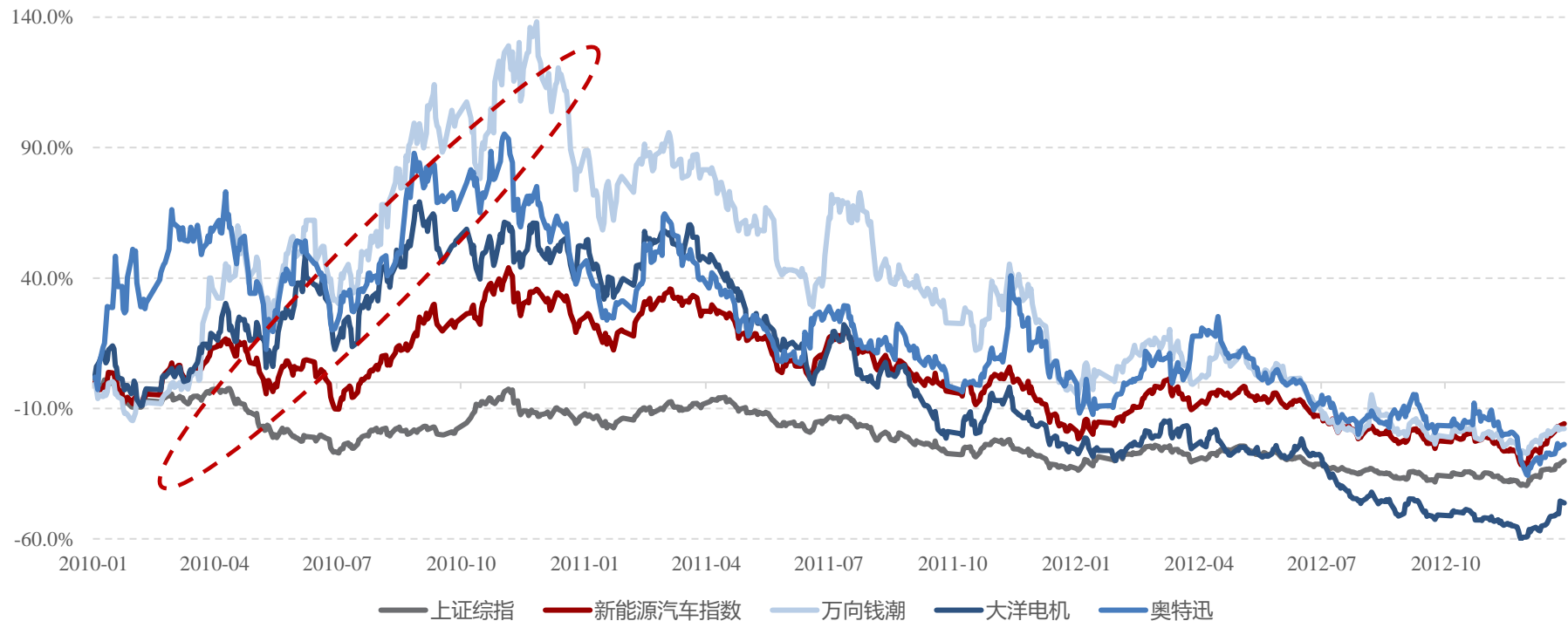
- 1) 10-14年0-1纯主题投资：消息催化，涨幅空间1倍，沾边普涨；
- 2) 15-17年1%-5%初期放量行情：政策推动放量，涨幅2-3倍，供应紧缺环节领涨；
- 3) 19底-21年底5%-30%的大行情：车型推动放量，涨幅10倍，格局好、壁垒高的龙头成长为大市值公司

### 图 电动车行情复盘



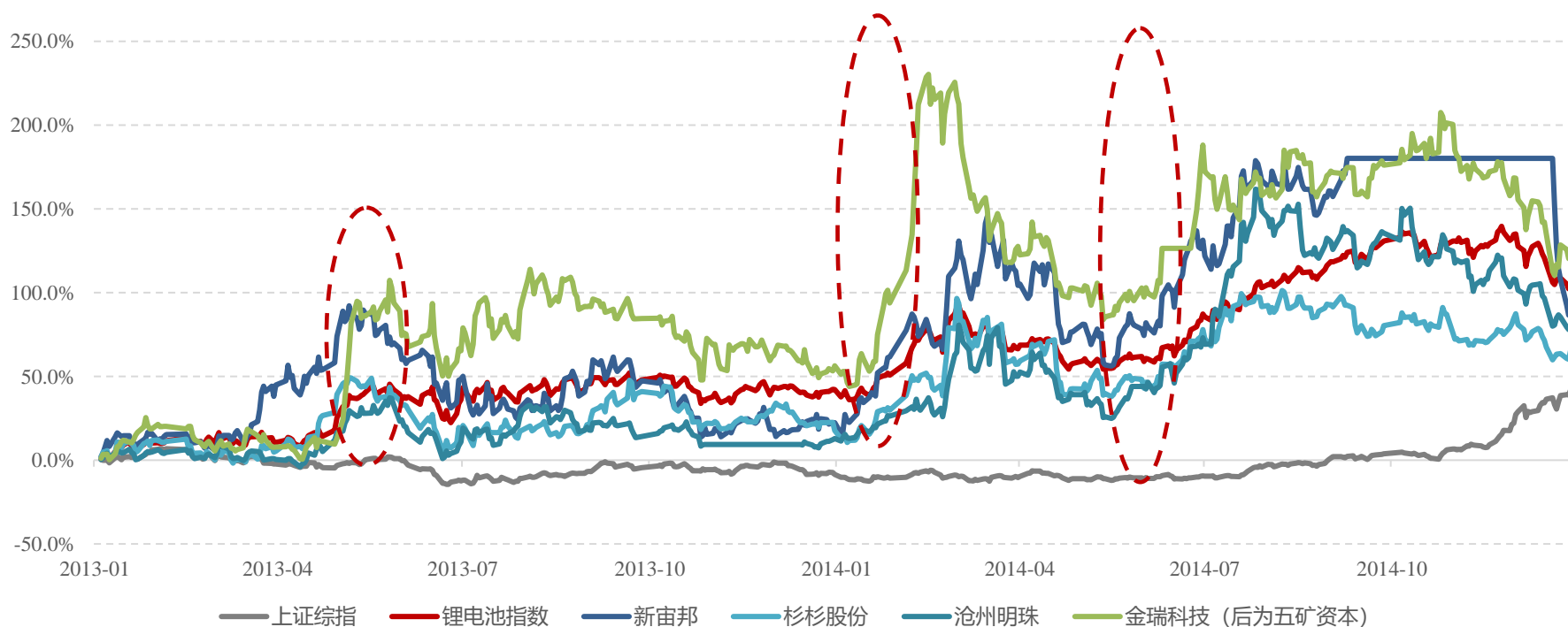
- ◆ **2010年第一次纯主题炒作：**2010年初科技部万钢部长表明支持新能源车的发展，提出十城千辆目标，第一波主题行情展开，龙头个股是万向钱潮，集团的新能源汽车相关资产注入上市公司，大洋电机计划要做新能源汽车电机电控，奥特迅作为充电桩纯正概念股。但是年底并没有出台实质性政策，甚至纯电和插电路线也没有确定，随后相关概念股在2011年和2012年跟随市场调整回调幅度很大。

图 电动车行情复盘



◆ **2013年-2014年产业化前夕的主题投资，特斯拉概念受追捧，产业化确定性增强**：2012年底Tesla横空出世，4、5月Tesla加大宣传和推出Model S，单季度实现盈利，Tesla股价暴涨，映射到A股市场，市场开始重拾对电动车的热情，tesla概念主题炒作很猛，金瑞科技作为tesla直接概念股，快速翻倍，新宙邦、杉杉股份作为电池材料相关概念，涨幅也较好；机电电控龙头大洋电机涨幅也较好，宏发股份、信质电机作为后续挖掘的tesla概念股涨幅较好。反观国内电动车产业，连续两年低迷后发现电动车存量可能达不到十二五50万辆的目标，政府开始意识到电动车产业发展已经落后，同时科技部部长到欧洲考察发现国外电动车发展很快而国内落后，重视程度显著提高，开始酝酿新一轮的支持政策，2013年9月发布2013-2015年版的补贴政策，股票在这个时期表现不明显，但是是国内电动车板块启动的前夜。

图 电动车行情复盘





# 电动车行情复盘：价值高/壁垒高/格局好易出10倍股

- ◆ **整车/电池环节易出大市值公司，资源/隔膜/电解液/负极次之，正极/电机及小零部件最难：**细分板块产品壁垒、成本曲线决定行业的竞争格局；个股自身的能力，全球化、一体化的布局，客户及降本优势决定个股的成长空间。

图 各环节龙头市值变化

分板块	单车价值量 万元	整车	上市时间	上市当天 市值 (亿)	20190630 市值 (亿)	20211201 市值 (亿)	较19年中 涨跌幅	2023630 市值 (亿)	较19年中 涨跌幅
整车	15	比亚迪	2011-06-30	563	1,299	8,278	537%	7,214	455%
		长城汽车	2011-09-28	316	651	4,367	571%	1,746	168%
		长安汽车	1997-06-10	87	283	1,148	306%	1,126	298%
		小康股份	2016-06-15	75	123	916	643%	554	349%
碳酸锂	0.9	天齐锂业	2010-08-31	81	289	1,737	502%	1,115	286%
		赣锋锂业	2010-08-10	59	280	2,226	695%	1,174	319%
		盛新锂能	2008-05-23	63	45	526	1071%	291	547%
		天华超净	2014-07-31	10	33	646	1879%	300	819%
电池	4.5	宁德时代	2018-06-11	786	1,512	15,663	936%	10,058	565%
		亿纬锂能	2009-10-30	38	296	2,711	817%	1,238	319%
隔膜	0.15	沧州明珠	2007-01-24	13	55	128	131%	76	37%
		星源材质	2016-12-01	37	44	338	663%	220	398%
		恩捷股份	2016-09-14	45	222	2,229	906%	942	325%
电解液	0.2	新宙邦	2010-01-08	45	79	493	524%	387	390%
		天赐材料	2014-01-23	24	83	1,304	1472%	793	856%
		多氟多	2010-05-18	40	81	371	358%	213	163%
铁锂正极	1	德方纳米	2019-04-15	26	37	559	1398%	308	725%
		富临精工	2015-03-19	24	34	273	701%	142	317%
三元正极	2	当升科技	2010-04-27	50	100	555	453%	255	154%
		华友钴业	2015-01-29	37	230	1,609	600%	734	219%
负极	0.15	璞泰来	2017-11-03	103	204	1,235	504%	771	277%
		杉杉股份	1996-01-30	6	120	640	436%	343	187%
		中科电气	2009-12-25	30	30	252	733%	87	187%
结构件	0.2	科达利	2017-03-02	76	42	409	885%	312	651%
核心零部件	0.2~1	旭升股份	2017-07-10	65	96	210	119%	260	172%
		宏发股份	1996-02-05	6	181	546	202%	332	83%
		三花智控	2005-06-07	9	292	830	184%	1,087	273%
		拓普集团	2015-03-19	106	111	730	555%	889	698%
		汇川技术	2010-09-28	99	381	1,708	349%	1,709	349%
		蓝海华腾	2016-03-22	14	23	40	74%	29	28%
		英搏尔	2017-07-25	19	21	91	344%	54	161%

# 电动车行情复盘：各阶段涨幅前十的公司

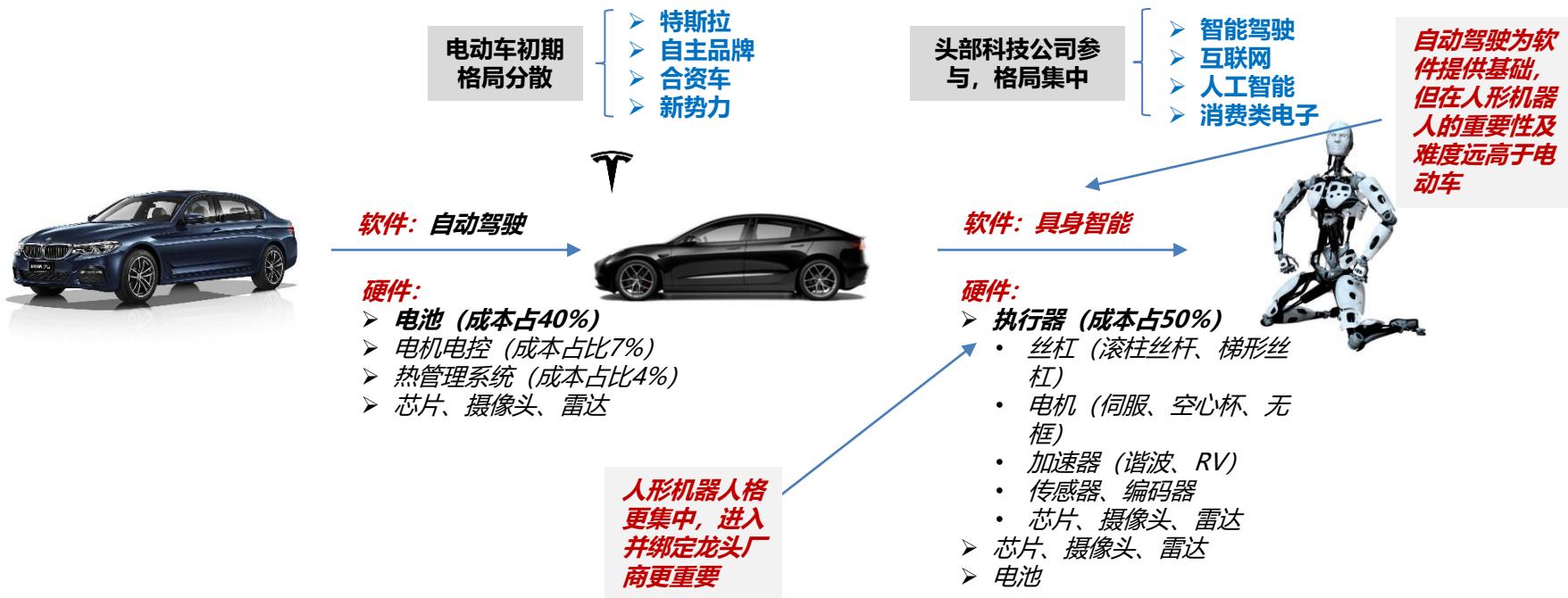
图 各阶段涨幅前十的公司市值（亿元）及涨幅

— 国内电动化率 — 全球电动化率



- ◆ **人形机器人壁垒更高，格局集中。** 电动车是电动化与智能化并行的变革，电动化是基础，智能化是高度，因此传统车型转型简单，并且电动化降低造车门槛，新势力密集涌现，初期格局分散；而人形机器人本质是人工智能的物理落地，人工智能是基础，身体关节与人工智能配合，仅头部科技巨头有实力参与，初期格局集中。
- ◆ **供应链：第一条绑定最头部企业，第二条选择核心壁垒最高环节，第三条单机价值量可提升。** 由于人形机器人格局集中，放量来自某个别头部公司，而非电动车车企全面开花，因此头部机器人供应链最具投资价值。

图 人形机器人与电动车供应链对比



## 5、优选特斯拉供应链及高壁垒高价值量龙头

- ◆ **公司持续深耕热管理领域，龙头地位稳固。**公司是全球热管理龙头，主要从事制冷电器零部件与汽车热管理零部件，涵盖电子膨胀阀、四通阀、电磁阀、微通道换热器、Omega泵等，22年公司实现收入213.48亿元，同比+33.25%；实现归母净利润25.73亿元，同比+52.81%。
- ◆ **开始布局仿生机器人机电执行器业务，渠道优势显著。**2022年公司积极布局机器人产业，通过持续投入和联合研发（与绿的谐波合资设企，保证谐波减速器配套能力），有望率先实现与头部客户的合作。
- ◆ **风险提示：**白电销售不及预期、新能源车销量不及预期、竞争加剧、原材料涨价超预期等。

图 2018-2023Q1公司营收情况（亿元）

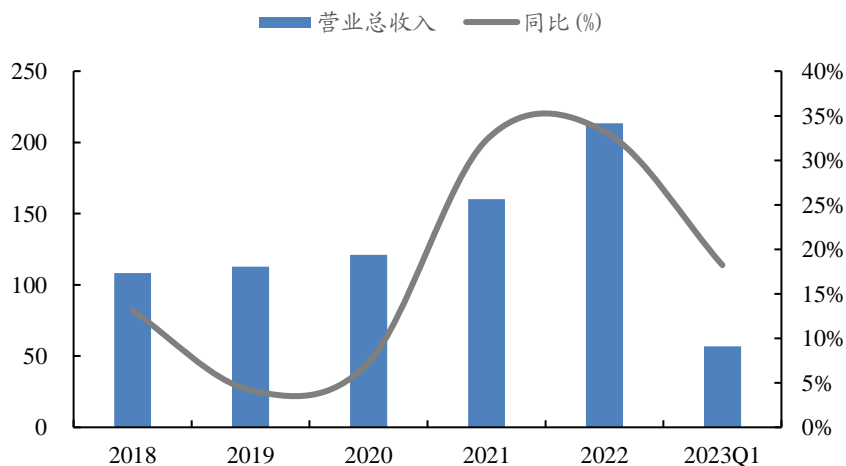
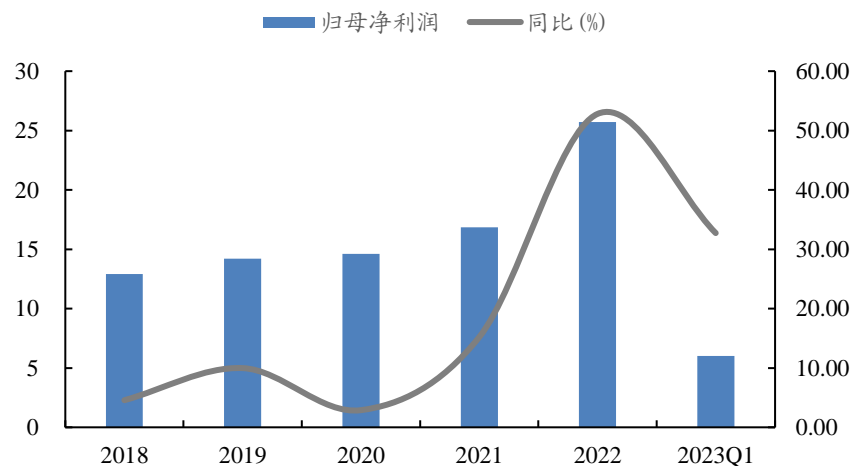


图 2018-2023Q1公司利润情况（亿元）





- ◆ **公司剑指全球汽配龙头，产品线持续延伸。**公司以减震、内饰起家，并持续推动产品线的拓展，目前汽车业务已拥有汽车NVH减震系统、内外饰系统、车身轻量化、智能座舱部件、热管理系统、底盘系统、空气悬架系统、智能驾驶系统等8大产品系列，22年公司实现收入159.93亿元，同比+39.52%；实现归母净利润17.00亿元，同比+67.13%。
- ◆ **拆分设立机器人事业部，有望加大布局。**据公司官网，近期公司拆分设立机器人事业部，建立独立管理架构，后续有望在机器人布局持续投入。
- ◆ **风险提示：**下游乘用车需求复苏不及预期，产能释放不及预期，乘用车价格战超出预期等。

图 2018-2023Q1公司营收情况 (亿元)

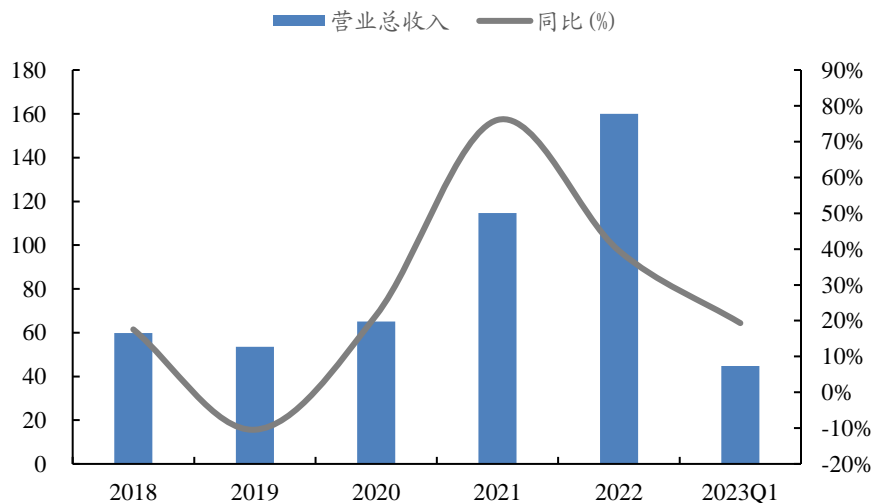
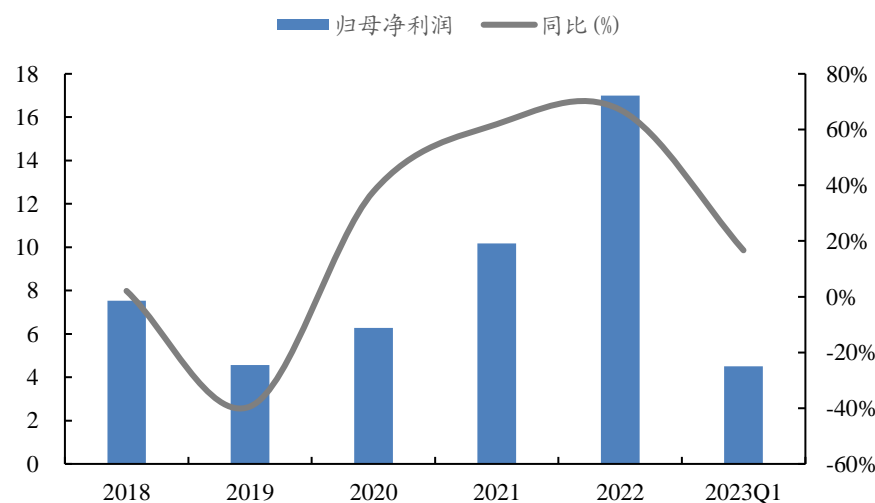


图 2018-2023Q1公司利润情况 (亿元)



- ◆ **深耕于电机及控制系统领域，产品线拓展持续。** 公司是全球微特电机龙头，产品包括步进电机、直流无刷电机、空心杯电机、无齿槽无刷电机、伺服电机等，22年公司营业收入同比+9%，其中无刷电机、伺服收入同比+53%、+90%。
- ◆ **公司已完成第三轮送样并得到反馈，主要优势在于：1) 驱动器：**驱动器通过高频率控制电压电流驱动电机，技术和算法门槛较高。子公司瑞士T Motion生产的驱动器，技术对标以色列ELMO，能与空心杯电机搭配形成微驱系统；**2) 本土化服务：**国内生产空心杯电机，美国子公司AMP（专注高精度运动控制）提供控制算法和前端研发，美国子公司LIN整合销售网络，可直接对接北美客户提供服务。
- ◆ **风险提示：**国际贸易摩擦、原材料价格上涨超预期等。

图 公司营收情况 (亿元)

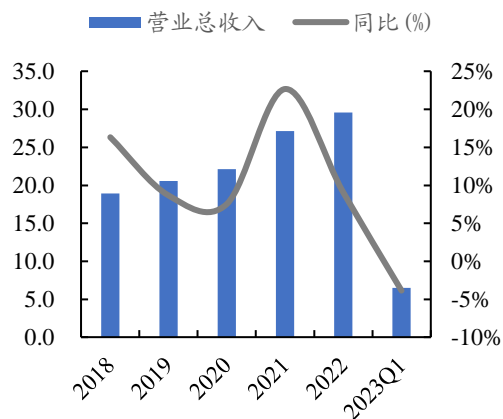


图 公司利润情况 (亿元)

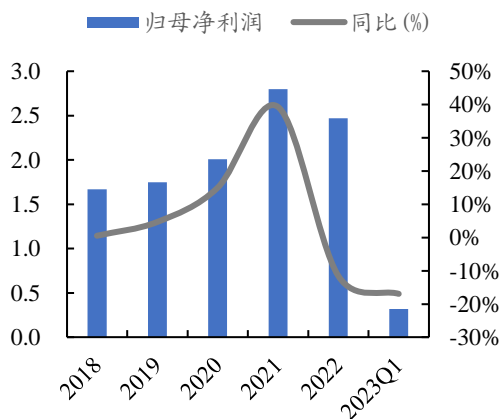


图 公司空心杯电机产品



- ◆ **国内汽车齿轮及RV减速器龙头，22年业绩持续高增。**双环传动主营齿轮、减速器等业务，涵盖汽车、轨交及工业机器人等多个领域。公司22年RV减速器市占率15%，是内资企业Tier1，22年营收/归母净利润达68.38/5.82亿元，同比+26.84%/+78.37%。
- ◆ **减速器布局较早，占比结构性增加。**公司13年组建精密减速器研发团队，18年面向机器人升级产品，20年成立子公司环动科技专精减速器业务（从双环剥离）。18年至今减速器收入占比从1.99%提升至5.59%，业务结构发生变化。
- ◆ **作为T汽车供应链一环，拥有渠道优势。**公司为T汽车提供齿轮等传动部件，未来有望通过渠道复用将减速器带入T人形机器人供应链。
- ◆ **风险提示：**新能源乘用车渗透率提升不及预期，产能爬坡不及预期，RV减速器销量增速不及预期，原材料价格波动超出预期，海外建厂进度不及预期等。

图 双环传动减速器业务发展历程

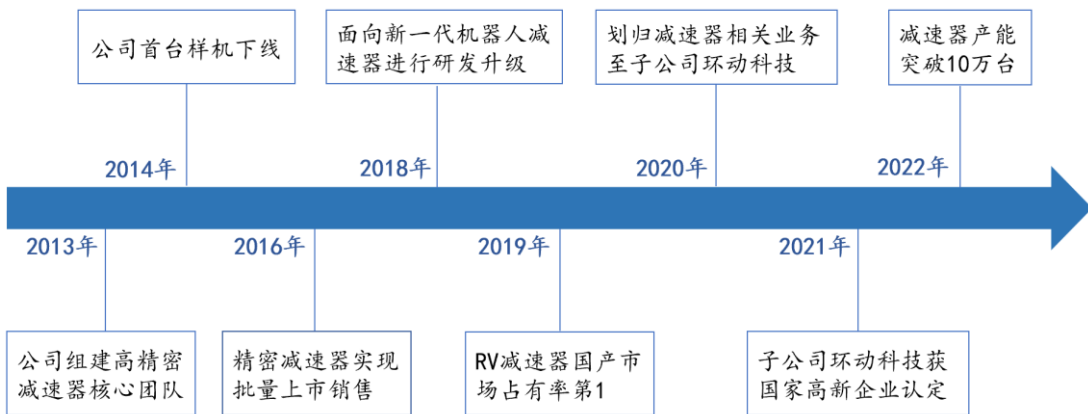
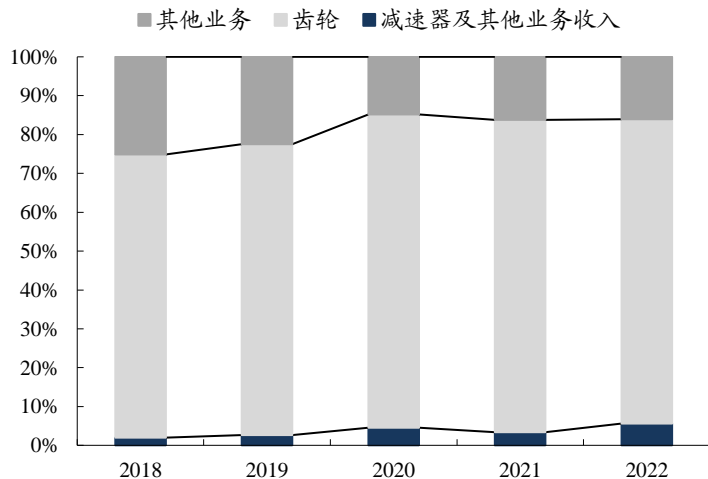


图 双环传动业务结构



- ◆ **国内谐波减速器龙头，21年业绩高增后维稳。**绿的谐波主营精密谐波减速器、机电一体化等产品，广泛应用于机器人、航天航空、新能源装备等高端制造领域。公司22年谐波减速器市占率24%，是内资企业Tier1，21年营收同比+104.8%，22年基本持平，毛利率维持在高位50%附近。
- ◆ **人形机器人相关产品布局齐全，与三花强强联合，在墨西哥合资设厂。**公司拥有谐波减速器、旋转执行器、伺服系统、电液伺服驱动关节等可应用于人形机器人的产品，有先发优势。同时，公司与三花在墨西哥合资设厂，充分整合双方优势，强强联合，有望实现业务突破。
- ◆ **风险提示：**下游需求不及预期、新品研发不及预期、原材料价格波动。

图 绿的谐波营收及增速

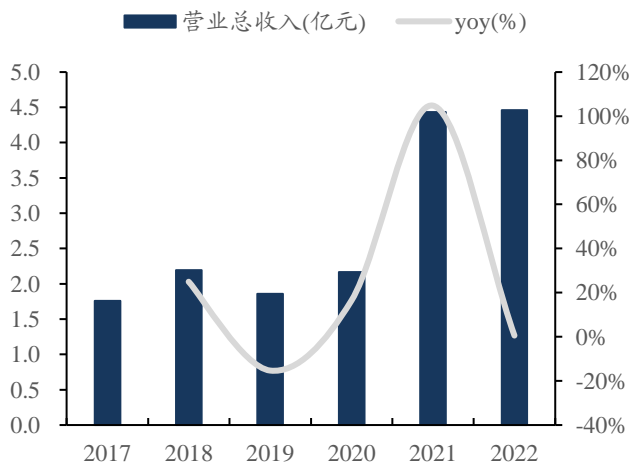


图 绿的谐波毛利率及净利率

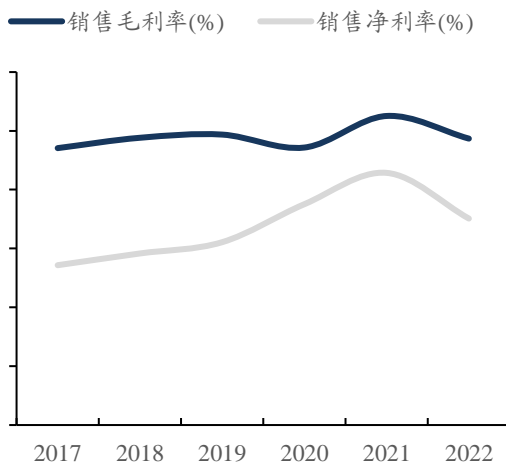


图 绿的谐波人形机器人相关产品

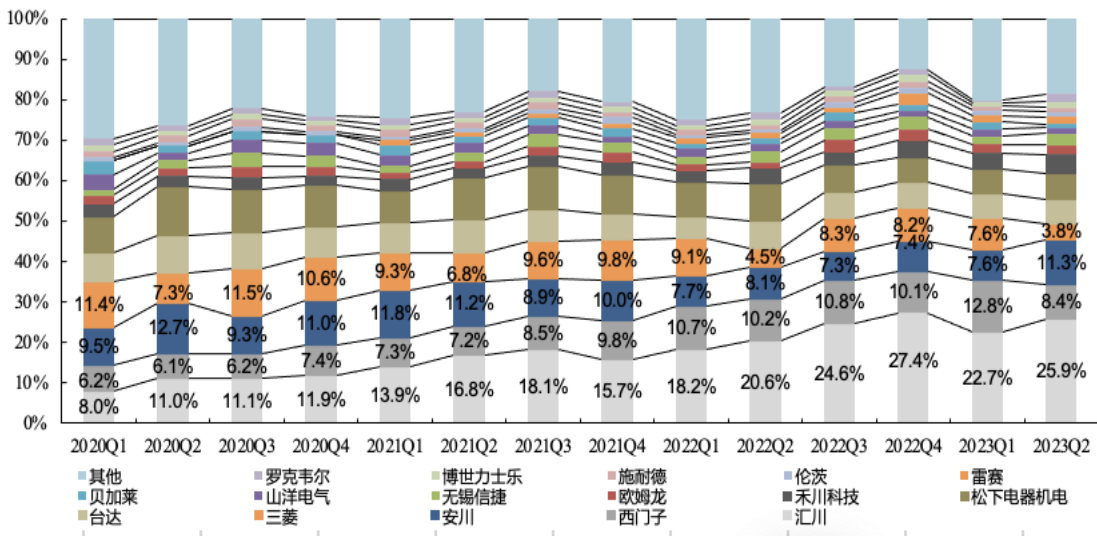
产品类别	图片
谐波减速器	
旋转执行器	
无框力矩电机	
电液伺服驱动关节	

- ◆ **工控自动化龙头，强劲基本面凸显公司长期成长能力。** 汇川技术业务主要分为通用自动化、电梯、新能源汽车、轨交、工业机器人板块。公司22年交流伺服销售额市占率22.4%，国内第一。公司22年营收/归母净利润达230.08/43.20亿元，同比+28.23%/20.89%。
- ◆ **中长期看，公司竞争优势在于：** 1) 工控新品拓展至机器人、电机、丝杠、气动等精密机械领域；2) 能源管理22年大储PCS&系统集成订单放量，海外光储市场加速探索；3) 国际化加大研发、营销本土化投入，匈牙利、印度工厂建设中；4) 数字化对内建设岳阳数字化工厂，对外发布InoCube平台。
- ◆ **人型机器人零部件产品基础全面。** 公司伺服产品全球领先，技术积淀深厚，可迅速切入无框电机生产；工控新品已拓展至机器人、电机、丝杠等人型机器人所需的精密机械领域，产品基础全面。
- ◆ **风险提示：** 宏观经济下行、竞争加剧等。

图 汇川人形机器人相关产品

产品类别	图片	布局进展
滚珠直线导轨		23年收购韩国SBC，为韩国本土最早开发线性导轨产品并量产的精密功能部件制造企业
滚柱直线导轨		
滚珠丝杠		16年收购莱恩，继承日本的设计、制造、测试经验在承载能力、高速性能、寿命、密封性能等方面达到国际先进水平
伺服		老牌成熟产品，全球技术领先，技术壁垒与无框电机相似

图 伺服系统厂商格局情况（销售额）





## 6、投资建议及风险提示

- ◆ 关注总成及核心零部件环节弹性较大的公司，同时这些公司与经济复苏相关、也可叠加国内政策刺激预期
- ◆ 1) 总成 | 旋转关节+线性关节：推荐**三花智控、拓普集团、汇川技术**；
- ◆ 2) 手关节：推荐**鸣志电器**，关注**江苏雷利（鼎智科技）**，
- ◆ 3) 减速器&丝杠：推荐**双环传动**、关注**绿的谐波、秦川机床、贝斯特、恒立液压**，
- ◆ 4) 无框伺服电机：推荐**禾川科技、雷赛智能**，关注**步科股份、伟创电气**。

图 公司估值表（截至2023年8月18日）

	证券代码	名称	总市值 (亿元)	股价	归母净利润 (亿元)			PE			评级	总股本 (亿股)	来源
					2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E			
总成	002050.SZ	三花智控	1,014	27	32.1	41.9	51.4	32	24	20	买入	37.33	东吴
	601689.SH	拓普集团	759	69	24.9	36.6	48.6	31	21	16	未评级	11.02	东吴
	300124.SZ	汇川技术	1,823	68	54.0	71.2	92.5	34	26	20	买入	26.63	东吴
手关节	603728.SH	鸣志电器	268	64	3.8	6.0	8.6	71	45	31	买入	4.20	东吴
	300660.SZ	江苏雷利	100	32	3.5	4.6	5.8	29	22	17	未评级	3.17	Wind
减速器&丝杠	002472.SZ	双环传动	278	33	8.1	10.4	13.6	35	27	20	未评级	8.53	东吴
	688017.SH	绿的谐波	203	120	2.4	3.4	4.5	83	61	45	未评级	1.69	Wind
	000837.SZ	秦川机床	130	13	3.3	4.4	5.7	40	30	23	未评级	10.10	Wind
	300580.SZ	贝斯特	76	23	2.7	3.4	4.2	29	23	18	未评级	3.39	Wind
	601100.SH	恒立液压	899	67	27.1	32.5	39.0	33	28	23	未评级	13.41	Wind
无框伺服电机	688320.SH	禾川科技	55	36	1.8	2.7	3.2	30	20	17	买入	1.51	东吴
	002979.SZ	雷赛智能	60	19	2.5	3.1	3.9	24	19	15	买入	3.10	东吴
	688160.SH	步科股份	55	65	1.1	1.4	1.7	50	40	32	未评级	0.84	Wind
	688698.SH	伟创电气	60	33	2.1	2.9	3.8	29	21	16	未评级	1.81	Wind

- **人形机器人推广不及预期风险。**人形机器人的推广受到现有技术、用户接受度、具体应用场景需求等多方面的影响，商业化进度具有不确定性，可能对产业链产生不利影响。
- **特斯拉人形机器人量产进展不及预期风险。**特斯拉人形机器人的量产对于行业具有引领作用，若其量产时间点继续推后，对于上游供应商将产生不利影响。
- **产业链降本不及预期风险。**目前人形机器人方案成本较高，各核心零部件均有较大降本空间，降本进度不及预期将影响下游大规模应用。
- **行业关键技术突破不及预期风险。**人形机器人软件、硬件相关关键技术尚在研发当中，需要实现技术突破才能使机器人性能、成本满足需求。
- **市场竞争加剧风险。**人形机器人未来商业价值显著，正处于持续投入、激烈竞争阶段，新进入者入局可能使公司面临竞争加剧的风险。

# 免责声明

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