

人形机器人行业深度报告： 人形机器人从0到1，国产化&软件赋能带来行业变革

最近一年走势



沪深300表现

表现	1M	3M	12M
汽车	4.7%	6.1%	2.9%
沪深300	-1.1%	6.9%	-14.6%

相关报告

《汽车行业周报：多家车企公布3月销量，部分车企公布新一轮优惠政策（推荐）*汽车*戴畅》——2024-04-07

《汽车行业周报：小米SU7定价订单超预期，四部门联合印发通用航空装备创新应用实施方案（推荐）*汽车*戴畅，王璟》——2024-04-01

《汽车行业报告关于低空经济的十问十答（推荐）*汽车*王璟，戴畅》——2024-03-31

《汽车行业周报：汽车将进入催化密集期，继续看好板块行情（推荐）*汽车*戴畅》——2024-03-24

《汽车行业动态研究：2024年中国电动汽车百人会论坛核心观点梳理（推荐）*汽车*戴畅》——2024-03-21

重点公司代码	股票名称	2024/04/10			EPS			PE			投资评级
		股价	2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E			
601689.SH	拓普集团	59.62	1.54	1.96	2.51	38.04	31.06	24.30	买入		
002050.SZ	三花智控	21.44	0.72	0.87	1.05	29.47	29.83	24.55	买入		
603009.SH	北特科技	14.69	0.13	0.14	0.21	46.00	104.93	70.19	买入		
300580.SZ	贝斯特	25.03	1.14	0.86	1.03	16.27	27.74	23.22	买入		
603667.SH	五洲新春	16.99	0.48	0.45	0.65	27.73	37.71	26.05	未评级		
002472.SZ	双环传动	22.00	0.73	0.97	1.21	34.86	17.21	13.78	买入		
300258.SZ	精锻科技	9.80	0.52	0.56	0.70	22.22	17.38	14.07	增持		
301000.SZ	肇民科技	16.58	0.98	0.60	0.81	27.17	27.63	20.44	未评级		
002126.SZ	银轮股份	17.71	0.48	0.77	1.05	25.85	23.55	17.17	增持		

资料来源：wind资讯，国海证券研究所

注：未评级公司盈利预测为wind一致预期，其中北特科技、肇民科技2023年EPS为实际数据

◆ **“国产化降本+AI模型赋能”加速机器人产业化：**

- ✓ 经过4年（2019-2024年）的生产经验积累，特斯拉在国内已经形成了一套自上而下的成熟汽车供应体系。汽车供应链和人形机器人供应链的部分产品底层技术同源，未来特斯拉有望将汽车产业链复制至机器人端，实现国产化降本。
- ✓ OpenAI布局人形机器人有望产生鲶鱼效应，推动其他供应商对AI机器人的推进，进而提高人形机器人智能化程度和通用性，打开应用场景，加速人形机器人产业化进程。

◆ **特斯拉引领人形机器人行业，机器人板块进入事件催化阶段：**

- ✓ 2021年8月，马斯克在AI DAY上首次提出TeslaBot的设想，经过两年的技术迭代，擎天柱已经可以实现对物体进行分类、瑜伽、流畅抓取物体等功能。2024年1月，马斯克在业绩交流会上披露，特斯拉人形机器人即将于2025年实现交付。在机器人的发布、研发和量产方面，特斯拉均是行业领先水平。
- ✓ 23年5月至今，机器人板块受各类事件催化，开始走出自己的独立行情，板块走势和大盘的相关性减弱。我们认为由于各公司快速布局人形机器人领域，行业确定性持续增强，因此板块行情逐步由大盘联动型转变为事件驱动型。
- ✓ 2024年除特斯拉人形机器人定点发放外，还有世界机器人大会、特斯拉AI DAY、海外机器人展会等相关事件，以上热点有望和特斯拉机器人执行器定点事件共同推升机器人板块行情。

◆ **机器人产业链各环节快速突破，国产替代大有可为：**

- ✓ 丝杠：反向滚柱丝杠重量轻结构紧凑，适用于人形机器人，核心难点在于螺母内螺纹加工，磨床是丝杠制造的核心设备；
- ✓ 减速器：机器人减速器分谐波、RV、行星三种主流类型，其中谐波有望成为主要技术路线，RV&行星为辅助方案；
- ✓ 空心杯电机：无铁芯设计模式具备效率高、电损小、结构紧凑等优势，外资占据主要份额国产厂商逐步崛起；
- ✓ 传感器：传感器中六维力矩传感器壁垒最高，外资厂商为主流“玩家”，国内厂商起步较晚，处于大力攻克技术难点的阶段，未来有望逐步迭代产品，实现技术革新和成本优化。

◆ **投资建议：**

- ✓ **重点关注：**拥有核心产品技术和头部客户资源的企业，建议关注三花智控（执行器总成）、拓普集团（执行器总成）、北特科技（丝杠）、贝斯特（丝杠；汽车组&电新组联合覆盖）、五洲新春（丝杠）、光洋股份（丝杠）、双环传动（减速器）、精锻科技（减速器）、肇民科技（精密注塑件）、银轮股份（换热器）等。
- ✓ **风险提示：**汽车行业销量下滑风险，人形机器人新技术开发不及预期，供应链国产化进程不及预期，重点关注公司业绩不及预期，机器人行业与汽车行业不可简单类比，测算偏差风险。

- 01 人形机器人潮起，特斯拉引领全球
- 02 产业链各环节快速突破，国产替代大有可为
- 03 投资标的关注
- 04 投资建议
- 05 风险提示

01 人形机器人潮起，特斯拉引领全球

- ◆ 1.1人形机器人定义&功能&结构
- ◆ 1.2人形机器人需求侧分析：提高生活水平+高质量就业机会
- ◆ 1.3人形机器人痛点：硬件成本高+非结构化场景
- ◆ 1.4人形机器人驱动因素：成熟国产汽车供应链+软件端赋能人形机器人通用化
- ◆ 1.5商业巨头纷纷布局人形机器人
- ◆ 1.6人形机器人板块复盘&未来展望
- ◆ 1.7人形机器人市场空间预测

- **定义：**机器人是能进行运动、操纵或定位且具有一定程度自主能力的可编程执行机构。按外在形态分类可分为传统机器人和人形机器人，其中人形机器人是一种利用人工智能和机器人技术制造的具有类似人类外观和行为的机器人。
- **主要作用：**医疗领域、教育培训、服务行业、工业制造、公共服务等。
- **组成：**身体、机械和电缆、动力单元、控制系统。
- **特点：**仿真程度高、具备较强的自主性、多功能性。

图：非人形机器人（工业+服务）



图：人形机器人（TeslaBot）



- **完成各类繁杂工作，提高人类生活水平。**相较于传统单一功能的特种机器人，人形机器人有更强的通用性、精确性和自主学习能力，可以替代人类完成更多种类的工作。在工业制造领域，可以代替人类从事各类重复繁杂和危险系数高的工作，从而减少工伤事故的发生，提高员工的安全性和生产效率。在服务领域，人形机器人的大规模应用能够解放人类，摆脱繁重的劳动，享受更美好的生活。
- **创造新的高质量工作机会。**人形机器人产业链条长，涉及各种高性能零部件制造、智能化软件研发、机器人维修、机器人训练等多个环节，2024年两会中提出要加快发展新质生产力被列为2024年的首项工作任务，人形机器人作为新兴产业之一或将得到相应政策支持，未来人形机器人的发展有望创造大量的高质量就业机会。

图：人形机器人从事各类装配工作



图：智能机器人产业图谱



■ **硬件成本高导致人形机器人价格居高不下。**

- ✓ **设计复杂，零部件数量多。**人形机器人按照复杂的人体结构进行设计，从大脑、关节、躯干等部分涉及大量零部件，累计在一起造成机器人整体成本较高。
- ✓ **尚未平台化，定制成本高。**人形机器人处于发展初期，尚未实现平台化，部分零部件的结构和产线需要进行专门定制，无法通过规模效应摊薄固定成本，初期单个零部件制造成本会处于较高水平。

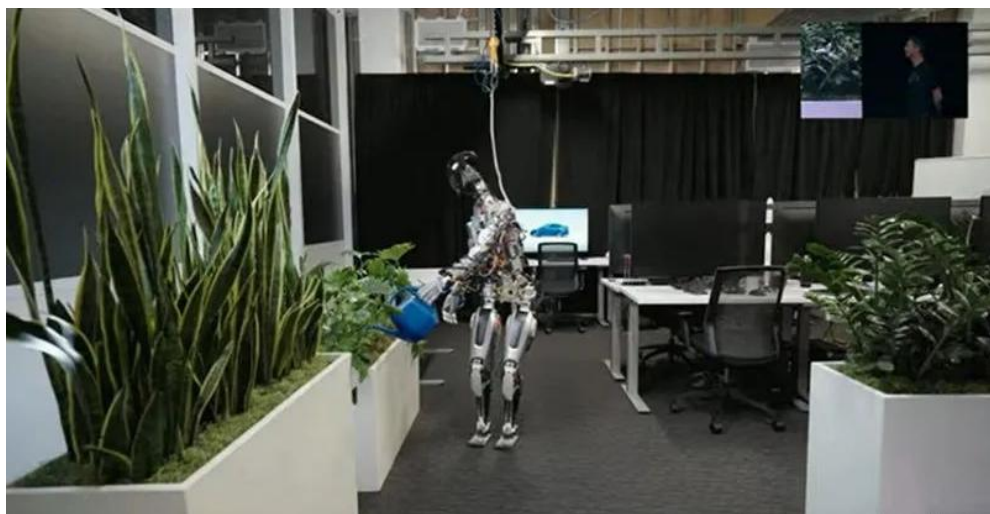
表：各人形机器人公司代表产品及成本/售价（截至2024年1月）

研发团队	代表产品	现有成本
本田	ASIMO	约250万美元
NASA、通用汽车	Robonaut2	约250万美元
波士顿动力	Atlas	约200万美元
PALRobotics	TALOS	约90万欧元
Figure	Figure-01	10万-20万美元
优必选	Walker	10万美元以下
宇树	H1	预计低于9万美元
小米	CyberOne	60万-70万元
特斯拉	Optimus	约10万美元
Agility	Digit	低于25万美元
智元	远征A1	/
追觅	追觅通用机器人	/

■ 目前人形机器人存在场景适应性的问题，如：

- ✓ **无法适应复杂环境或环境变化：** 机器人往往会出现因严格遵循固定的程序，不能灵活应对突发情况的事件，各类复杂环境对机器人正常工作的挑战性较大，且环境变化后，用户无法通过简单操作实现场景适配；
- ✓ **智能化程度低：** 传感器将眼前物体的信息传输给机器人，大脑则负责筛选并分辨信息从而输出正确的决策信号，智能化程度低会导致机器人无法分辨眼前各种各样的物体导致无法工作，甚至输出错误决策；
- ✓ **人机交互问题：** 人形机器人作为与人类进行交互的工具，需要具备良好的人机交互能力，但目前来看，人形机器人与人之间的交互效率不高，且互动过于单一，难以应对过于复杂的交互。

图：人形机器人识别植物并浇水



图：人形机器人和人类下棋



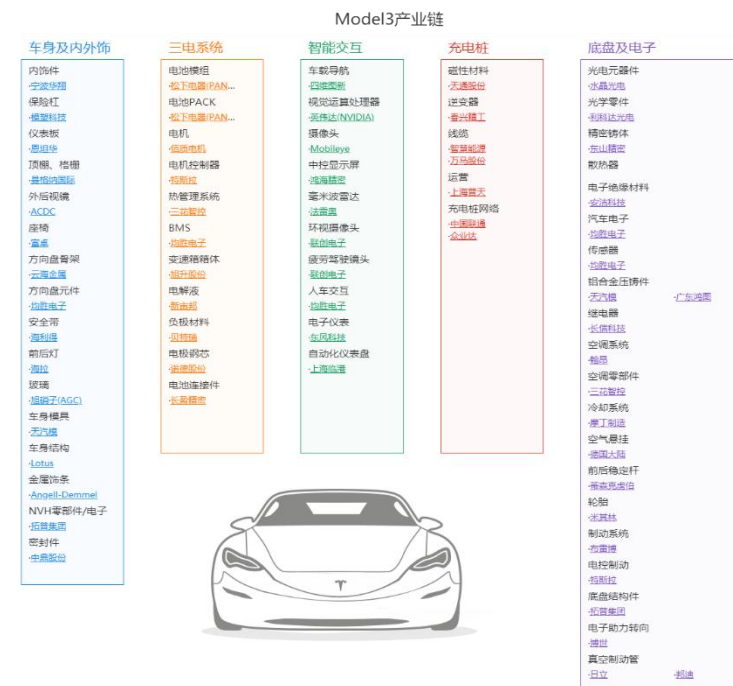
■ **特斯拉国产化历程:**特斯拉上海工厂建设至今已经历时5年：2019年1月，特斯拉上海超级工厂举行奠基仪式，开始破土动工；2019年10月，特斯拉超级工厂正式投产，开始生产国产model3；2021年1月，特斯拉超级工厂开始生产国产modelY；2023年7月，特斯拉上海工厂第100万台量产ModelY下线；2024年1月，特斯拉发布2023年财报：2023年实现全球销量180.9万辆，同比+38%。

■ **特斯拉成熟的国产汽车供应链。**我们认为，近年来新能源车引发汽车新一轮技术革命，相较于传统燃油车，电动化产业链具有全新的工艺技术和商业模式，一定程度上缩短了国际tier和国内汽零厂商的差距。此外，国产零部件厂商具备人工成本低、快速响应等优势，因此特斯拉上海工厂更愿意采用本土的供应链体系，经过4年（2019-2024年）的生产特斯拉在国内已经形成了一套自上而下的成熟供应链体系。据我们分析，汽车供应链和人形机器人供应链的部分产品底层技术同源，未来特斯拉有望将汽车产业链复制至机器人端，实现国产化降本。

表：特斯拉汽车国产化重要节点

时间	事件
2019年1月	特斯拉上海超级工厂举行奠基仪式，开始破土动工
2019年10月	特斯拉超级工厂正式投产，开始生产国产model3
2021年1月	特斯拉超级工厂开始生产国产modelY
2023年7月	特斯拉上海工厂第100万台量产ModelY下线
2024年1月	特斯拉发布2023年财报：2023年实现全球销量180.9万辆，同比+38%

图：特斯拉Model3国产供应链

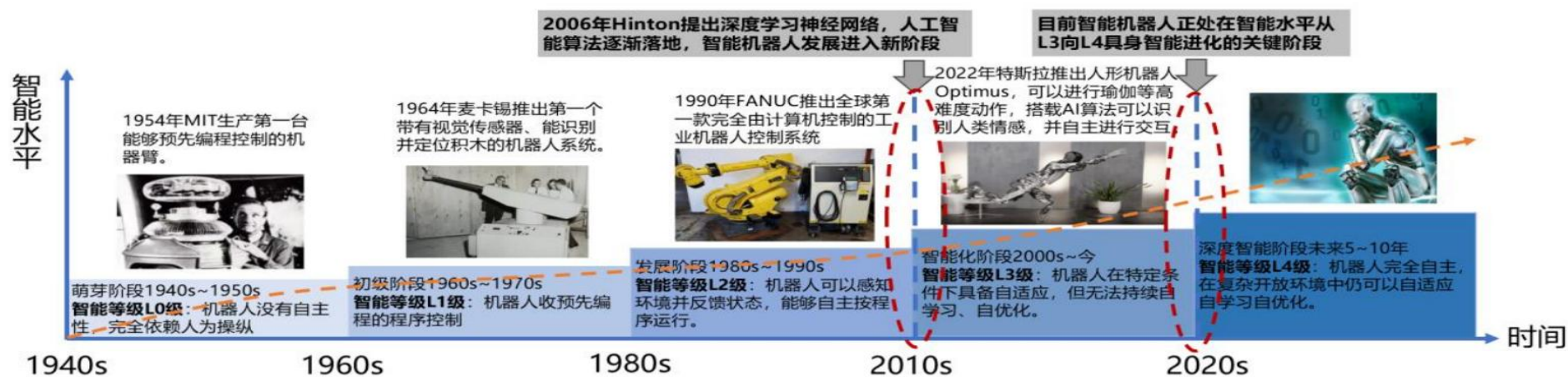


■ 人形机器人的主要特点是智能化，即自主感知、学习和决策的能力，智能级别通常分为L0到L4五个等级：

- ✓ L0：无智能。机器人完全依赖预设的程序和指令执行任务，没有自主学习和适应能力，完全依赖人为操纵。
- ✓ L1：基础智能。机器人具备一定的自主学习能力，可以接受预编程的程序控制，可以识别简单的环境和任务，但决策能力有限。
- ✓ L2：中等智能。机器人具有较高的自主学习能力，可以适应复杂的环境和任务，能够自主按程序运行，但在关键时刻仍需要人类干预。
- ✓ L3：高度智能。机器人具有很强的自主学习和决策能力，能在复杂环境中执行任务，在特定条件下具备自适应能力，但无法持续自主学习、自优化，在某些情况下仍需要人类辅助。
- ✓ L4：超级智能。机器人具有极高的自主学习和决策能力，能在极端复杂的环境中执行任务，完全替代人类。

■ 机器人智能化阶段：L3→L4。目前市面上的智能机器人大多处于L1到L3级别，随着技术的不断发展当前机器人智能级别处在L3向L4进化的关键阶段。

图：机器人智能等级发展脉络图



- OpenAI入局人形机器人。**2024年2月29日，OpenAI与Figure签署合作协议，为Figure仿人机器人开发下一代人工智能模型。3月13日晚，Figure公司联合创始人兼CEO Brett Adcock在自己的X账户上发布一段视频，展示其的全尺寸人形机器人Figure01，Figure01通过AI大模型的使用，可完成与人的完整对话，人机交互能力显著提升，比以往各类人形机器人更多展示其运动操作能力。
- AI大模型有望加速机器人产业化进程。**我们认为本次AI大模型和机器人的成功结合证明了AI能提高人形机器人在视觉、语音、运动控制、决策等方面的能力，加强人形机器人与人类的交互体验。OpenAI布局人形机器人有望产生鲶鱼效应，推动其他供应商对AI机器人的推进，进而提高人形机器人智能化程度和通用性，打开应用场景，加速人形机器人产业化进程。

图：Figure01

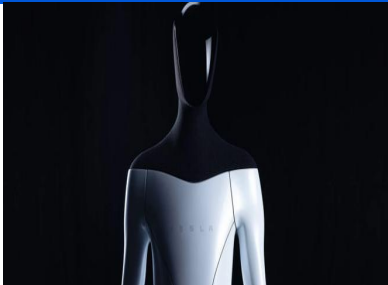


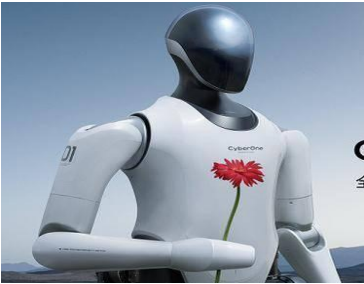


图：AI大模型拓展全新赛道



■ 机器人“玩家”研发步伐加速。特斯拉2021年8月提出布局人形机器人，产生鲶鱼效应，间接推动其他供应商加速人形机器人的研发，除特斯拉外，傅利叶、EngineeredArts、小米等“玩家”也陆续推出人形机器人产品。

表：人形机器人主要“玩家”

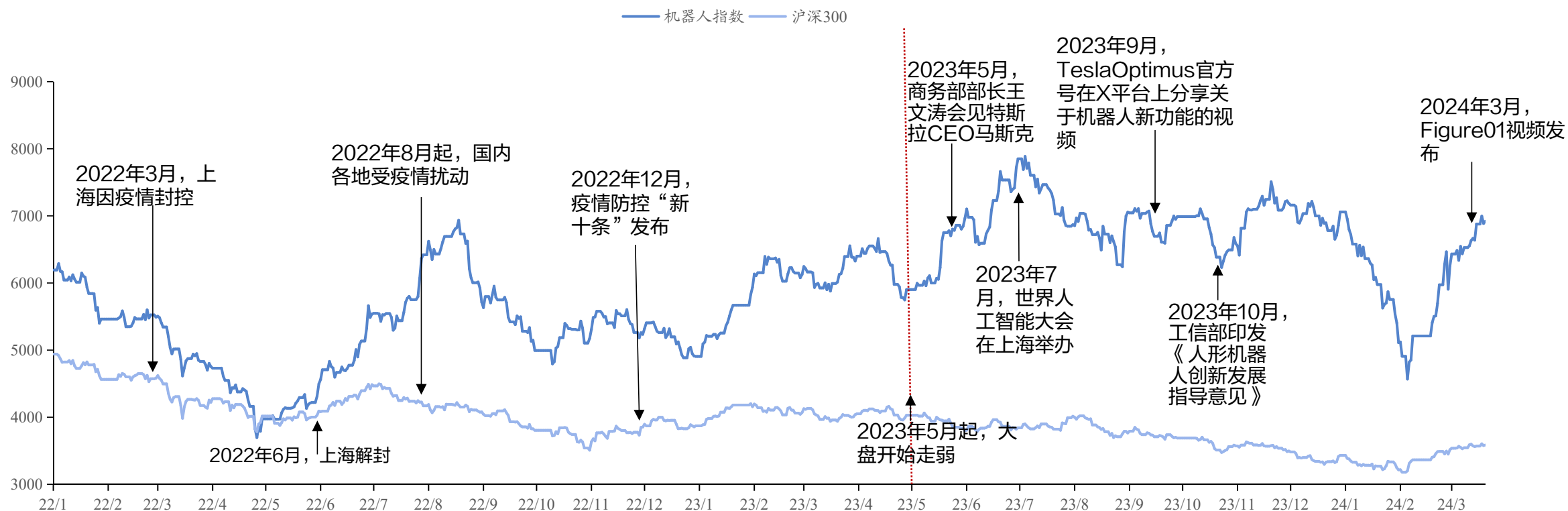
名称	擎天柱	GR-1	Ameca	铁大 (CyberOne)
图示				
厂商	特斯拉	傅利叶	EngineeredArts	小米
发布时间	2022年10月1日	2023年7月6日	2021年12月8日	2022年8月11日
身高	173cm	165cm	187cm	177cm
体重	57kg	55kg	49kg	52kg
自由度	28个	40个	44个	21个
时速	5km/h	5km/h		3.6km/h
应用领域	工业、生活服务等	工业、医疗、科研、生活服务等	娱乐、生活服务等	生活服务等
产品功能	完成行走、上下楼梯、下蹲、拿取物品等动作，也已经具备了保护自身和周围人安全的能力	有高度仿生的躯干构型、拟人的运动控制，具备快速行走、敏捷避障、稳健上下坡、抗冲击干扰等运动功能，结合认知智能，能够与人协同完成动作	外表逼真，具备自然流畅的交互能力；可以识别语音、讲多种语言，还可以通过面部表情进行非语言交流	具有高情商、可感知人类情绪，视觉敏锐、可对真实世界三维虚拟重建，“小脑”发达、可实现双足运动姿态平衡

■ 受各类事件催化，机器人板块走出独立行情。

- ✓ 2022年1月—2023年5月，大盘行情和国内经济、政策强关联，而机器人板块和大盘行情联动；
- ✓ 2023年5月—2024年3月，沪深300指数持续走弱；机器人板块受各类事件催化，开始走出自己的独立行情，板块走势和大盘的相关性减弱。

■ 我们认为由于各公司快速布局人形机器人领域，行业确定性持续增强，因此板块行情逐步由大盘联动型转变为事件驱动型。

图：2022-2024年人形机器人板块复盘（数据截止2024年3月29日）



- **特斯拉率先布局人形机器人领域成为行业领军者。**2021年8月，马斯克在AI DAY上首次提出TeslaBot的设想，经过两年的技术迭代，TeslaBot已经可以实现对物体进行分类、瑜伽、流畅抓取物体等功能。2024年1月，马斯克在业绩交流会上披露，特斯拉人形机器人即将于2025年实现交付。在机器人的发布、研发和量产方面，特斯拉均是行业领先水平。
- **特斯拉机器人有望复制车端优势，或将成为板块主线。**特斯拉是新能源车龙头，在车端已经展现出较强的制造能力和软件开发能力，未来或有望将该能力复制到机器人端，继续成为人形机器人界的头部“玩家”，因此我们认为特斯拉未来或将成为人形机器人板块行情的主线。

表：特斯拉人形机器人重要节点

时间	事件
2021年8月	马斯克在特斯拉AIDAY上首次披露人形机器人（TeslaBot）的设想
2022年10月	2022年特斯拉AIDAY上，Optimus人形机器人首次亮相
2023年5月	经过半年多的研发测试，特斯拉Optimus具备了流畅行走和抓取物体的能力
2023年7月	上海举办世界人工智能大会，特斯拉人形机器人亮相
2023年9月	特斯拉Optimus再次进化，可以自主对物体进行分类，亮点在于神经网络完全端到端训练：输入视频、输出控制。闲暇之余，它还能做瑜伽消遣。
2023年12月	马斯克发布特斯拉二代人形机器人
2024年1月	马斯克在2023年四季度业绩交流会提出2025年实现人形机器人部分交付

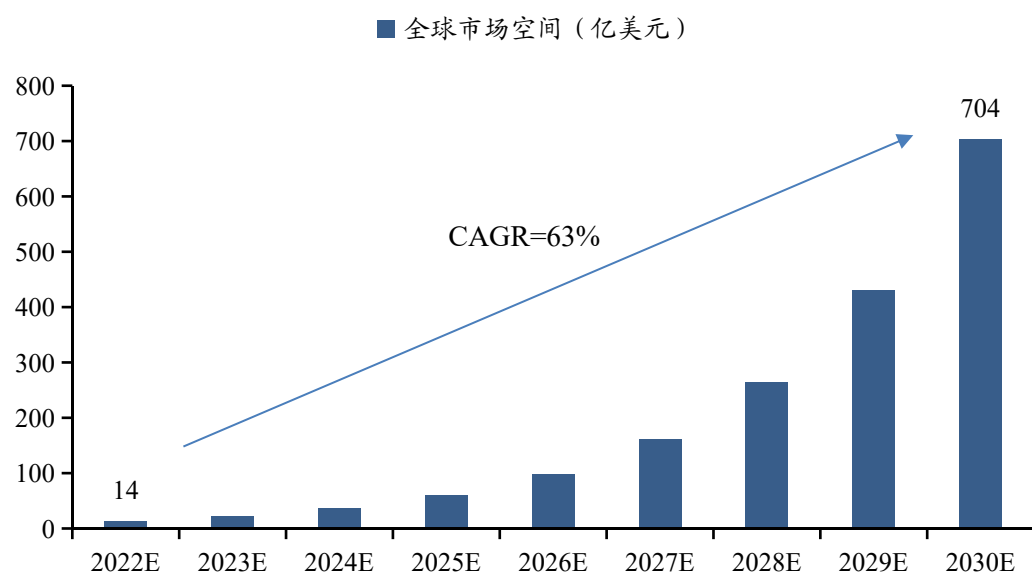
- **2024年机器人板块主线——执行器定点。**2024年1月，马斯克在业绩交流会上披露，特斯拉人形机器人即将于2025年实现交付。我们以汽车产业类比机器人产业，在汽车行业某车型量产前1-2年，主机厂将提前向供应商发放定点，因此我们认为2024年特斯拉人形机器人有望向Tier1发放执行器定点，Tier1后续向上游零部件供应商发放定点，定点事件或将推升2024年机器人板块景气度。
- **2024年人形机器人潜在催化事件较多。**2024年除特斯拉人形机器人定点发放外，世界机器人大会、特斯拉AI DAY、海外机器人展会等相关事件仍值得期待，以上热点有望和特斯拉机器人执行器定点事件共同推升机器人板块行情。

表：2024人形机器人催化事件

时间	事件
2024年3月28日-3月31日	第二十四届深圳国际工业制造技术及设备展览会ITES，深圳国际会展中心（宝安）
2024年8月	2024年世界机器人大会（北京）博览会将于2024年8月21日-8月25日在北京举办
2024年10月8日-10月10日	德国斯图加特机器人视觉展览会VISION
2024年11月15日-11月16日	西班牙马德里机器人展览会Global Robot Expo
2024年Q4	特斯拉人形机器人有望转入批量试生产阶段
时间待定	达闼发布双足机器人产品

- 2022-2030年全球人形机器人CAGR有望达到63%。根据Statistics Market Research Consulting数据预测，2022全球人形机器人市场规模为14亿美元，2030年有望达到704亿美元，CAGR=63%，其中国内市场从2022年的2.5亿美元增长至2030年的105亿美元，CAGR=59.4%。

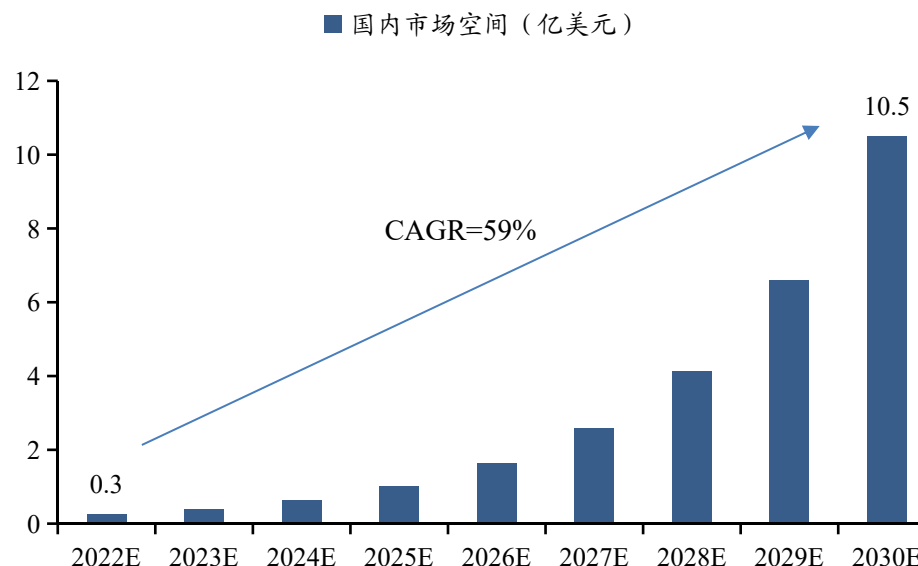
图：全球人形机器人及各环节市场规模预测



预测机构：Statistics Market Research Consulting

注：假设全球和国内人形机器人市场规模每年增速保持不变，全球和国内市场规模增速分别为63%和59%

图：国内人形机器人及各环节市场规模预测



预测机构：Statistics Market Research Consulting

02 产业链各环节快速突破，国产替代大有可为

■ 拆分来看，特斯拉人形机器人主要包括躯干、四肢和手部等结构。

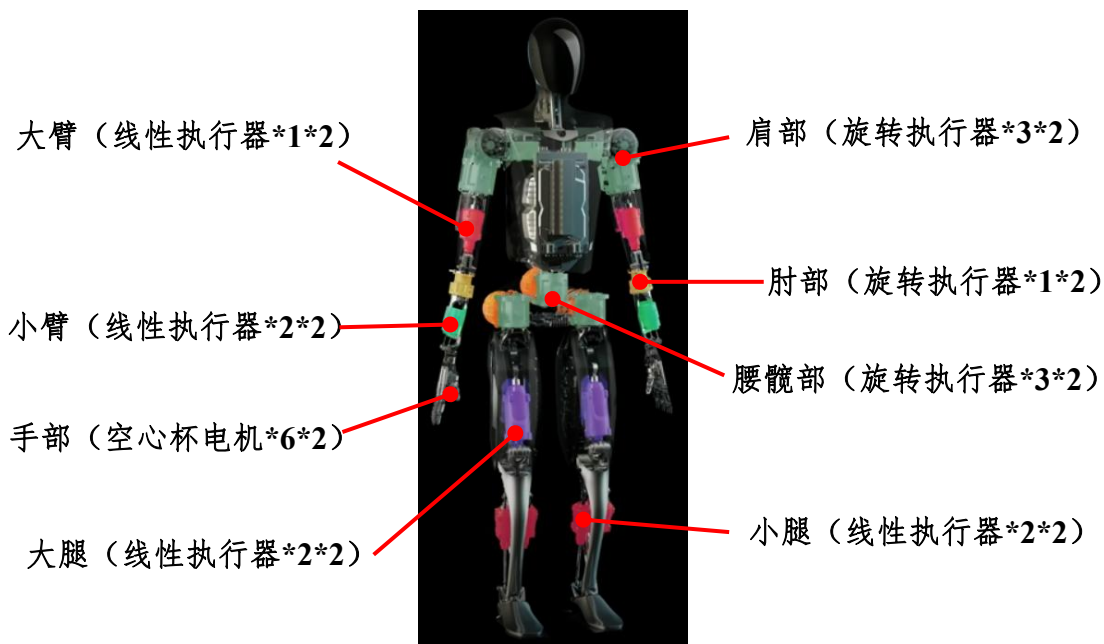
✓ 大脑：1×TeslaSOCWi-Fi，LTEAudio。

✓ 电池包：2.3kWh/52V集成电子模块和冷却系统。

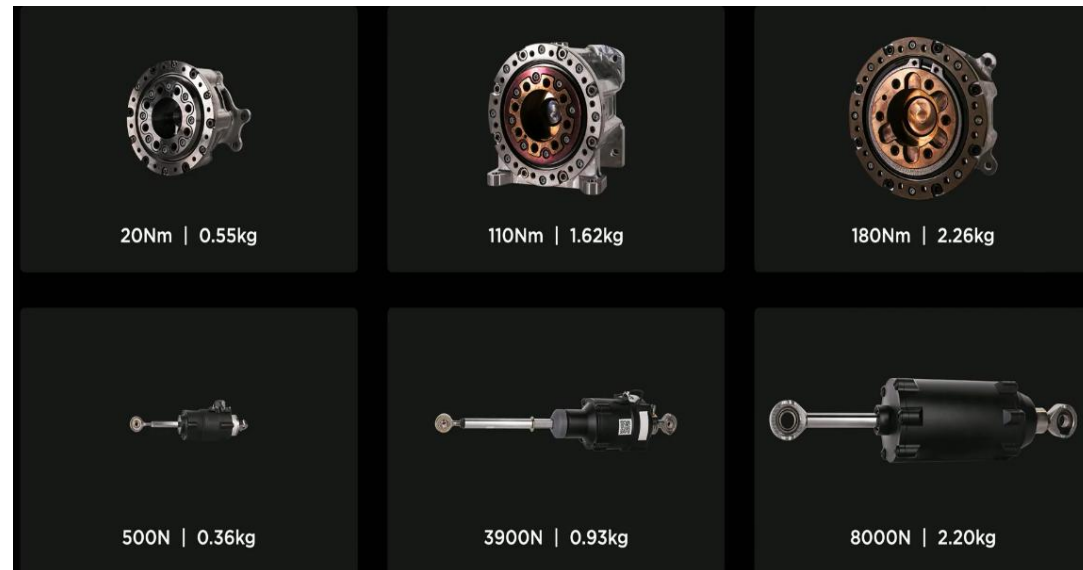
✓ 执行器：特斯拉人形机器人全身28个执行器（14个线性执行器+14个旋转执行器），旋转执行器=无框力矩电机+谐波减速器+扭矩传感器+编码器，直线执行器=无边框力矩电机+行星滚柱丝杠+力传感器+编码器。

✓ 灵巧手：单只手掌6个执行器（空心杯电机），其中大拇指具有2个执行器，灵巧手=空心杯电机+小型行星减速箱+涡轮蜗杆+六维力矩传感器+编码器。

图：特斯拉人形机器人结构



图：特斯拉六种型号执行器（旋转+线性）



■ 根据我们测算，从各组件成本占比来看：直线关节（31%）、旋转关节（24%）、手部关节（23%）、智能硬件（4%）、其他（18%）。

■ 根据我们测算，从各核心零部件成本占比来看：六维力矩/扭矩传感器（23%）、丝杠（15%）、无框电机（12%）、谐波减速器（11%）、空心杯电机（9%）、IMU&编码器（4%）、芯片（3%）。

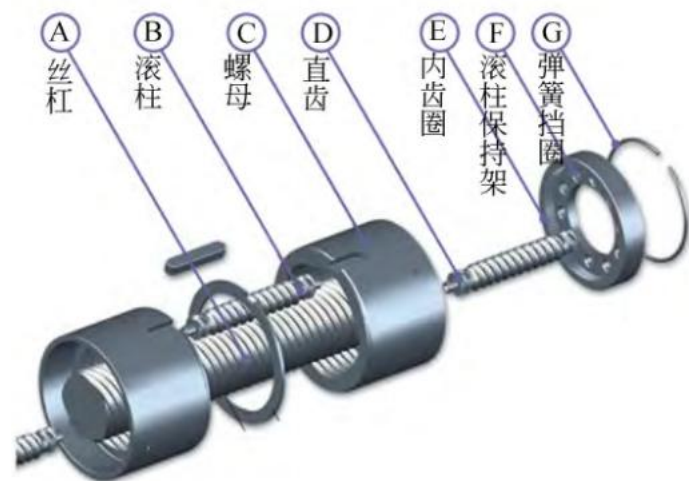
表：特斯拉人形机器人各环节成本分析（大规模量产后）

部分	项目	项目数量（个）	单价（元/个）	单机价值量（元）	占比
旋转执行器	无框力矩电机	14	600	8400	6.0%
	谐波减速器	14	800	11200	8.0%
	轴承	14	100	1400	1.0%
	力矩传感器	14	800	11200	8.0%
	编码器	14	100	1400	1.0%
	小计	14	2400	33600	24.0%
直线执行器	无框力矩电机	14	600	8400	6.0%
	行星滚柱丝杠	14	1500	21000	15.0%
	轴承	14	100	1400	1.0%
	力矩传感器	14	800	11200	8.0%
	编码器	14	100	1400	1.0%
	小计	14	3100	43400	31.0%
手部关节总成	空心杯电机	12	1000	12000	8.6%
	小型行星减速箱	12	400	4800	3.4%
	蜗轮蜗杆	12	300	3600	2.6%
	六维力矩传感器	2	5000	10000	7.1%
	编码器	12	100	1200	0.9%
	小计	2	15800	31600	22.6%
智能硬件	摄像头	3	200	600	0.4%
	IMU	1	1500	1500	1.1%
	FSD芯片	1	4000	4000	2.9%
	小计	1	6100	6100	4.4%
其他		1	20000	25300	18.1%
合计成本				140000	100.0%

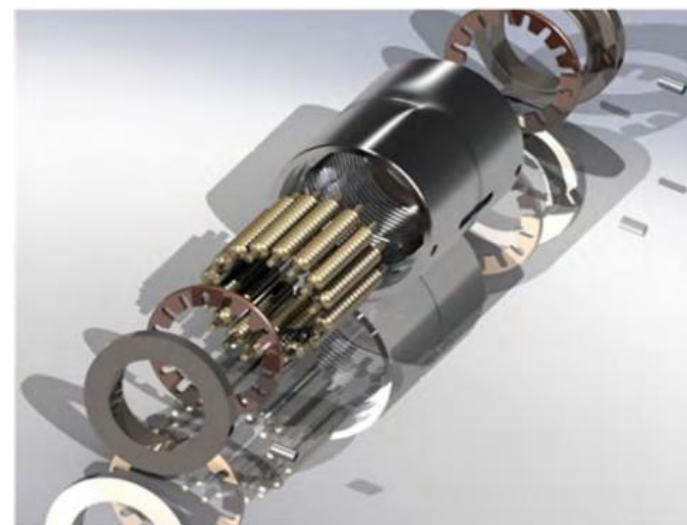
注：以上文字及图表数据结果均由我们测算而来

- **定义：**行星滚柱丝杠是一种通过螺母、滚柱、丝杠等零部件将旋转运动转换为直线运动的机构。
- **组成结构：**标准滚柱丝杠（PRS）主要由几个关键组件构成：丝杠、滚柱、螺母三个主要部件以及直齿、内齿圈、滚柱保持架和弹簧挡圈等辅助部件。其中，丝杠设计为牙型角 90° 的多头螺纹；滚柱则是具有相同牙型角的单头螺纹设计；螺母内部具备与丝杠头数和牙型相匹配的内螺纹。
- **工作原理：**由电机带动旋转的丝杠利用摩擦转矩驱动滚柱转动，继而将丝杠的回转运动转换为螺母的直线往复运动。

图：行星滚柱丝杠结构示意图



图：行星滚柱丝杠实物图



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/878014050102006061>