

# 人形机器人 产业跃迁

三  
重  
共  
振

## 政策驱动 技术拐点 场景革命

分析师。陈庆李柳晓

作为具身智能的代表 Z-，人形机器人发展正加速迈进产业化临界点。2025年，被业界普遍誉为人形机器人的“量产元年”。我们预计2030年后产业渗透率将进入指数级增长通道，2035年全球出货量或达400万-1000万台。中国内地市场方面，在政策驱动、技术拐点、场景革命、及本土供应链优势的多重共振下，人形机器人有望复制新能源汽车成功经验，形成领先优势。本文系统对比及梳理了人形机器人和新能源汽车产业链，并综合考量各零部件的价值量占比、技术难度以及国产化进度，我们认为，量产临近，建议关注确定性较强的核心零部件环节，包括行星滚柱丝杠、空心杯电机、六维力矩传感器和谐波减速器。

2025年4月2日

## 人形机器人行业

### 人形机器人系列(1)

## 产业跃迁：政策驱动、技术拐点与场景革命的三重共振

作为具身智能的代表之一，人形机器人发展正加速迈进产业化临界点。2025年，被业界普遍誉为人形机器人的“量产元年”。我们预计2030年后产业渗透率将进入指数级增长通道，2035年全球出货量或达400万-1000万台。中国内地市场方面，在政策驱动、技术拐点、场景革命、及本土供应链优势的多重共振下：人形机器人有望复制新能源汽车成功经验，形成领先优势。本文系统对比及梳理了人形机器人和新能源汽车产业链，并综合考量各零部件的价值量占比、技术难度以及国产化进度。我们认为，量产临近，建议关注确定性较强的核心零部件环节，包括行星滚柱丝杠、空心杯电机、六维力矩传感器和谐波减速器。

陈庆  
angus.chan@bocomgroup.com  
(86)2160653601

李柳晓, PhD, CFA  
joyce.li@bocomgroup.com  
(86)2160653601

- ◎ 人形机器人需求广阔，2035年有望达千万级出货量。2023-25年原型机密集发布并快速迭代，众多科技明星公司和初创团队纷纷切入新赛道，在原型机发布上，中国内地企业表现亮眼，如小米 cyber-one、小鹏 Iron、宇树 H1 等。人形机器人应用场景广阔，短期来看，主要应用于工业和社会服务，但中长期维度，我们更看好具有 to C 属性的家庭市场。2025年被业界普遍誉为人形机器人的“量产元年”，我们预计2030年后产业渗透率将进入指数级增长通道，2035年全球出货量有望达400万-1000万台，2024-35年复合增长率70.6%至84.9%，其中服务人形机器人份额将上升至84%。政策和资本助力，内地人形机器人发展进入快车道。政策上，中央政府通过发布《人形机器人创新发展指导意见》等政策，明确了人形机器人产业发展的阶段目标，支持产业链上下游协同，推动产业生态建设。地方层面，包括北京、深圳和上海相继发布文件支持人形机器人产业的发展。资本端，对于人形机器人的投资热情高涨，2024年，中国内地机器人行业共发生200起左右投融资事件，金额总计超200亿元人民币。技术上，中国内地在人形机器人领域的全球竞争力逐渐凸显，截至2023年，中国已累计申请6618件人形机器人技术专利，成为申请人形机器人技术专利数量最多的国家。其中优必选科技已经在人形机器人的有效专利储备量方面排名全球第一，高于本田、索尼、丰田等企业。我们预计中国人形机器人2024-35年的出货量年复合增长率将超过75%，2035年占全球市场份额的45%。智能化和零部件优势显著，中国内地有望复制新能源汽车成功经验。我们认为中国内地在人形机器人行业的优势体现在智能化和本体制造产业链。智能化方面，人形机器人、低空飞行器和新能源车均是具身智能的代表。中国内地在自动驾驶/智能驾驶领域积累了丰富的系统集成经验，能够快速将这些技术迁移到人形机器人开发中，不仅加速研发进程，还能有效降低成本，为人形机器人的规模化应用奠定基础。本体量产方面，人形机器人关节电机、传感器、电池等核心部件与新能源汽车供应链重叠度达60%以上，凭借内地在新能源汽车的制造优势，我们认为中国内地人形机器人本体制造同样具备规模化降本潜力。

量产在即，核心零部件投资确定性较强。投资逻辑上，人形机器人正处于发展初期，智能化处于技术摸索中，而本体制造层面多个零部件的技术已经逐渐收敛，本体量产的进度快于“大脑”和“小脑”的研发进度。类比新能源汽车，当前阶段建议关注价值量占比高且本土化率较低的核心零部件，包括行星滚柱丝杠、空心杯电机、六维力矩传感器和谐波减速器。

此报告最后部分的分析师披露、商业关系披露和免责声明为报告的一部分，必须阅读。

下载本公司之研究报告，可从彭博信息：BOCM 或 <https://research.bocomgroup.com>

众号 · 人形机器人洞察研究

## 目录

人形机器人需求广阔，2035年有望达千万级销量.....	4
行业正加速向产业化临界点迈进.....	4
需求端：短期看工业/社会服务应用，中长期爆发点在于家庭市场.....	5
供给侧：人形机器人原型机更送加速，2025年进入量产.....	8
市场规模：乐观假设下2035年全球出货量有望达一千万台.....	9
政策和资本助力，技术加持，中国内地人形机器人发展进入快车道.....	11
政策端：中央和地方政府相继发文，助力人形机器人商业化.....	11
技术端：中国内地累计人形机器人技术专利全球第一.....	13
资本端：人形机器人项目持续受到青睐.....	14
中国人形机器人行业：预计2024-35年市场规模年复合增长率有望超过75%.....	16
新能源汽车vs人形机器人，中国有望复制成功经验.....	17
特斯拉鲑鱼效应 · 加速中国人形机器人发展.....	17
新能源汽车vs人形机器人：供应链重叠度超过60%.....	18
构筑未来：智能驾驶系统如何为高级机器人开辟道路?.....	20
本体制造量产是机器人商业化的前提，零部件降本是关键.....	22
本土化率提升正加速，关注核心零部件国产替代的机会.....	24
受益于AI大模型，机器人“大脑”快速进步.....	39

## 人形机器人需求广阔，2035年有望达千万级销量

核心观点：人形机器人行业正迎来前所未有的发展机遇，行业正加速迈进产业化临界点。2023-25年原型机密集发布并实现迭代，众多科技明星公司和初创团队纷纷切入新赛道，中国内地在原型机发布上表现突出，如小米的cyber-one、小鹏的Iron、宇树的H1等。人形机器人应用场景广阔，短期看工业和社会服务应用，中长期家庭市场潜力巨大。工业人形机器人开启工业制造与物流柔性化生产新纪元，服务人形机器人在家庭服务、医疗保健、教育科研等领域应用前景广阔，供需共振，市场前景可期。2025年被誉为人形机器人“量产元年”，2030年后产业渗透率将进入指数级增长通道，预计2035年全球出货量达400万-1000万台，2024-35年年复合增长率70.6%至84.9%，其中服务人形机器人份额将上升至84%。

### 行业正加速向产业化临界点迈进

人形机器人技术的探索历程可追溯至20世纪中期。1972年，日本早稻田大学研发出世界上第一款全尺寸人形智能机器人WABOT-1，开启了人形机器人技术的先河。1990年代，随着研究方向的创新以及控制方法、人工智能等领域的突破，人形机器人技术迎来了快速发展期。2000年，本田推出ASIMO机器人，其运行功能的逐步完善标志着人形机器人技术迈上了新的台阶。此后，人形机器人在环境感知、决策、学习和运动控制等方面不断迭代升级，性能显著提升。2018年，本田因市场需求、业务调整等因素宣布停止ASIMO的研发。2020年软银旗下的全球顶尖机器人技术公司波士顿动力出售给韩国现代汽车集团，收购作价为11亿美元，估值相比2013年谷歌收购波士顿动力时的30亿美元下降了约63%。然而，行业技术发展的脚步并未停滞。2022年，特斯拉推出Optimus机器人，引领了新一轮人形机器人的研发热潮。与此同时，人工智能的快速进步为人形机器人的研发注入了新的动力。

当前，全球人形机器人产业仍处于技术突破与场景验证的初级阶段，尚未形成规模化商业应用格局。根据技术演进路径、市场需求图谱及政策支持力度综合分析，我们认为，行业正加速迈入产业化临界点。

同时，我们认为人形机器人的快速普及取决于两个关键因素，一是BOM(Bill of Materials, 物料清单)成本的下降速度令人形机器人定价更为亲民，二是人机交互能力的极大提升(大模型的泛化能力飞跃提升)。

### 0 特斯拉入局人形机器人：技术突破与成本控制并举，进一步打开行业空间

我们认为，特斯拉入局人形机器人产业，将复制其在新能源汽车领域对全球产业链的推动作用，加速人形机器人产品的迭代和技术发展，同时带来了显著的降本能力。

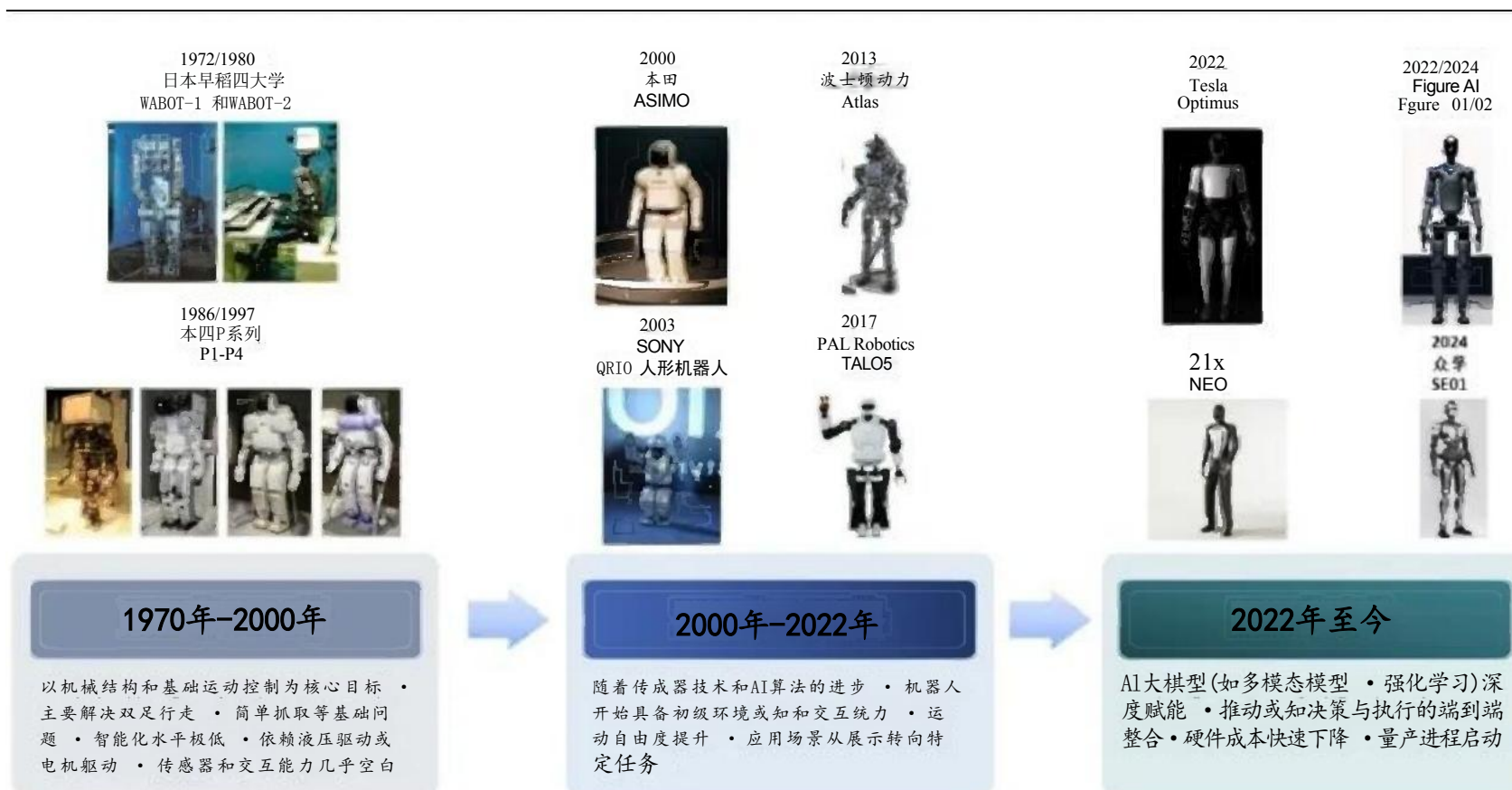
技术突破：特斯拉的Dojo超级计算机为人形机器人Optimus提供了强大的计算支持，显著提升了其感知、交互和决策能力，加速了技术成熟和商业化进程。

成本控制：凭借其电动汽车核心技术的复用，特斯拉大幅降低了人形机器人的单机成本，为其大规模商业化铺平了道路。

2025年4月2日  
 人形机器人行业

根据特斯拉的计划，2025年启动Optimus 试点生产，目标产量数千台，并计划2026年产能提升至每月1万台，年产量达10万台级，未来目标把单价降至2万美元以下。其量产计划直接推动了全球机器人产业链的优化，促使供应商加速扩产，例如，行星滚柱丝杠企业新剑传动启动了年产100万台的扩产项目。特斯拉的技术方案和应用场景被视为行业风向标，被众多厂商效仿，促进了整个产业链的协同发展。同时，特斯拉的进入，提升了市场对人形机器人行业的关注度，也引发了投资热潮。特斯拉计划将 Optimus 应用于工厂自动化，并逐步拓展到家庭和工作场景，为人形机器人的未来发展提供了广阔的想象空间，行业发展方向也更为清晰。

图表1:人形机器人的发展概况



资料来源原各公司资料交银国际

### 需求端：短期看工业/社会服务应用，中长期爆发点在于家庭市场

目前，全球人形机器人在各个领域的应用仍处于起步阶段。具体可以把人形机器人应用归为三类：工业机器人、服务机器人和特种机器人。我们认为，工业人形机器人和服务人形机器人市场需求巨大，而服务人形机器人面向更为广泛的大众群体，将会是人形机器人未来最大的市场。

#### 工业人形机器人开启工业制造与物流柔性化生产新纪元。

当前，人形机器人在工业制造与物流领域的规模化应用仍处于探索初期，其落地场景主要集中在高自动化、强智能化的标杆企业。相较于传统工业机器人(如机械臂)和移动机器人(如自动导引运输车 (AGV))，人形机器人凭借

类人形态与多自由度运动特性，在柔性化生产适配(如复杂装配、非标工件操作)及人机协作场景中展现独特优势。

在汽车制造中，人形机器人的应用正逐渐扩展，主要集中在工厂装配、质量检查、物流协同和危险环境作业等领域。例如，优必选的Walker S1在比亚迪工厂的实训中，效率提升了一倍，稳定性提升了30%。

在质量检查方面，人形机器人配备了全身摄像头和深度学习模型，能够进行毫米级检测，准确率超过99%。

在物流协同中，人形机器人可以与AGV协同作业，完成从分拣、搬运到配送的室内外一体化全自动流程，提高物流效率，减少人工干预。优必选的Walker S1已经在比亚迪、吉利汽车等多家汽车工厂进行实训，应用于分拣、车辆组装、质量检查等环节。小鹏汽车的AI人形机器人Iron已在其广州工厂参与生产实训，主要应用于工厂自动化、门店服务等领域。

然而，人形机器人的大规模普及仍面临核心制约，如硬件成本居高不下(单台成本普遍超50万元；人民币，下同)；运动控制与AI决策技术尚未完全成熟(如动态环境实时响应能力不足)，以及市场对替代传统劳动力的经济性与安全性仍存疑虑。

同时，我们认为，由于大多新汽车制造工厂在传统工业机器人(如机械臂)和移动机器人(如AGV)的应用推动下，已达到高自动化水平，而人形机器人的成本较高，这使得在某些应用场景中，传统机器人仍然可能是性价比之选。

图表2: 优必选工业人形机器人“群体智能”在极氪5G智慧工厂开展协同实训



资料来源: 优必选, 交银国际

图表3: 优必选工业人形机器人Walker S1在极氪5G智慧工厂执行柔软物体灵巧操作任务



资料来源: 优必选, 交银国际

图表4: Figure 02 机器人物流分拣, 零样本处理扁平包裹



资料来源 Figure AI, 交银国际

图表5: 全球最大的物流服务商之一 GXO 与 Agility Robotics 签署了多年期部署协议



资料来源: GXO, 交银国际

### 服务人形机器人需求空间更为广阔

我们认为, 服务人形机器人将会是未来最大的市场, 这一方面得益于人工智能、机器学习和传感器技术的快速发展让人形机器人向大众市场普及成为可能; 另一方面, 全球人口老龄化和劳动力短缺的趋势也使需求变得更为迫切。联合国预测, 到2050年全球65岁及以上人口占比将从目前的9%增至16%, 欧洲和北美地区可能达到25%。日本作为老龄化最严重的国家, 65岁以上人口占比已达29.3%(2024年)。

在服务领域, 人形机器人的应用前景广阔, 涵盖家庭服务与陪伴、医疗保健与康复、教育与科研等多个方面, 或有助解决人口老化和劳动力短缺的挑战。

在家庭服务与陪伴领域, 人形机器人能提供家政、教育、娱乐等多种服务, 其外形与人类相似、自然交互能力强、学习能力突出且多功能集成, 有助于提高家庭生活质量, 尽管目前应用仍处于起步阶段。

在医疗保健与康复领域, 随着全球医疗和康复需求增长, 人形机器人可承担康复任务, 应对养老需求。

在教育与科研领域, 人形机器人可作为教学助手, 激发学生学习兴趣, 减轻教师负担, 未来渗透率有望提升。

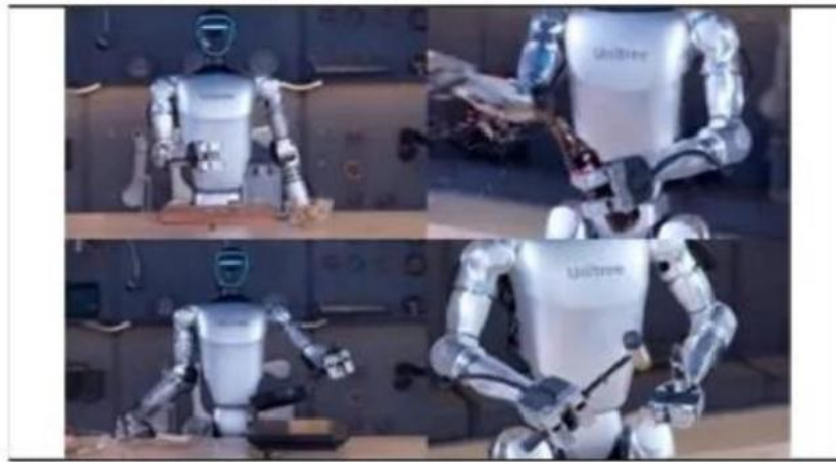
人形机器人在服务领域的商业化应用处于初级阶段, 随着技术成熟、性能优化和市场需求增长, 其在各领域的渗透率将持续上升, 改变人们生活方式和社会服务体系。

图表6:1 x 家人形机器人 NEO Gamma



资料来源:1x 交銀國際

图表7: 宇树科技Unitree G1



资料来源: 宇树科技交銀國際

### 供给侧：人形机器人原型机更迭加速，2025年进入量产

2025年被业界普遍誉为人形机器人的“量产元年”，从供给侧动态观察，多家知名厂商计划在年内开始批量交付人形机器人。特斯拉计划试点生产Optimus，目标数千台；Figure AI 预计3Q25 生产2万台。中国内地方面，宇树科技2025年计划交付超500台H1 机器人(售价65万元)，优必选计划于2Q25 启动Walker S1工业版规模化交付，目标超500台 • 2026年计划产能提升至万台级，单价降至50万元以内。此外，Agility Robotics 将全面上市 Digit ;1X Technologies 计划储备1000台；华为试产“夸父”；魔法原子、中科惠灵、优理奇等企业也有量产计划。



图 表8: 部分国内外人形机器人代表公司概况

公司名称	国家	简介	核心技术/产品	应用场景
特斯拉	美国	全球领先的科技公司，布局人形机器人Optimus，计划2025年量产。	Optimus人形机器人，具备工业制造场景的搬运、质检能力，2027年目标产能50万台	汽车工厂、工业制造
Figure AI	美国	美国机器人初创公司，估值超395亿美元，与宝马等企业合作	人形机器人部署于工厂，计划四年交付10万台；与OpenAI合作终止后独立发展	工业制造、物流
1X Technologies	挪威	挪威机器人公司，专注于双足机器人研发。	NEO双足机器人计划2025年量产数千台，2028年目标数百万台。	服务业、家庭场景
Appttronik	美国	美国机器人公司，近期获3.5亿美元A轮融资	未明确具体产品，但融资规模显示其在人形机器人领域的技术潜力	工业与服务场景
优必选	中国	中国内地人形机器人领军企业，产品已落地多个行业	Walker S人形机器人，应用于汽车工厂搬述、质检等重复性工作	工业制造、教育、服务
宇树科技	中国	专注于消费级与工业级机器人，产品兼具高动态性能。	Unitree H1/G1人形机器人，H1实现原地后空翻；B2-W轮足机器人负载达150kg	工业巡检 消费娱乐、复杂地形作业
伟景智能	中国	立体视觉技术领先者，布局人形机器人领域	晓唯机器人 · 搭载ViEye立体视觉系统，亚毫米级精度，应用于新疆棉花采摘	农业采摘、工业自动化
乐聚机器人	中国	双足仿人机器人研发商，与华为合作探索具身智能	KUAVO夸父机器人，搭载鸿蒙系统及盘古大模型，具备生活场景泛化能力	家庭服务、教育AGI场景
星动纪元	中国	具身智能与通用机器人研发商，获数亿元融资	STAR1人形机器人，55个自由度，400Nm关节扭矩；ERA-42端到端原生大模型。	工业制造、医疗健康、家庭服务
阿加犀智能	中国	终端侧生成式AI解决方案提供商，联合高通推出人形机器人	通天晓(Ulta Magnus)人形机器人，端侧大模型支持多模态交互与复杂地形通过	智能交互、服务场景
银河通用	中国	具身智能与大拱型结合的前沿企业	Galbot G1机器人，搭载GraspVLA抓取大模型，95%抓取成功率，支持便利店无人化服务	物流配送、零售服务
七腾机器人	中国	防爆特种机器人领域龙头企业，产品覆盖复杂工业场景	防爆四足机器人，支持石油 化工等特种环境巡检，具备自适应学习能力	石油化工 应急救援
追觅科技	中国	创新家庭服务机器人厂商，拓展具身智能应用	扫地机器人搭载仿生多关节机械手，可更换清洁工具：Z1 Pro泳池清洁机器人，	家庭清洁 户外场景

资料来原各公司资料，交银国际

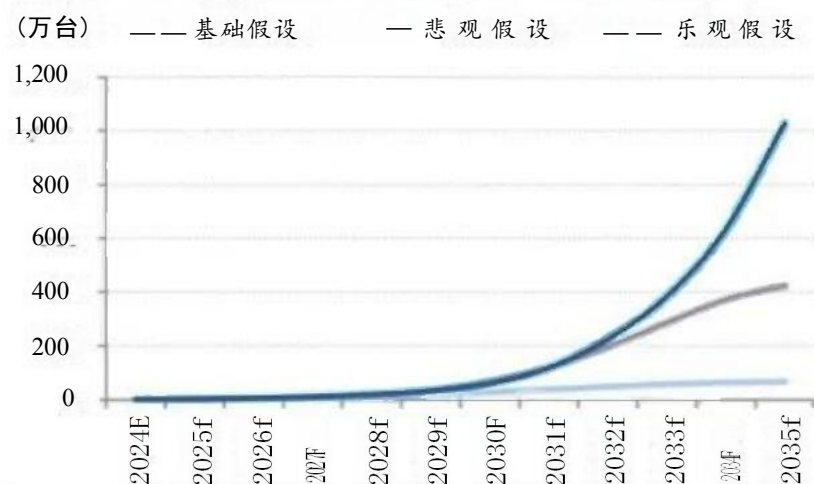
## 市场规模：乐观假设下2035年全球出货量有望达一千万台

工业场景由于标准化程度高、流程可编程性强等特性，已成为人形机器人应用渗透的先行阵地。虽然，现阶段技术成熟度仍集中在研发测试与特定场景验证期，但随着核心零部件成本下探(我们预计年均降幅达10-15%)、运动控制与AI决策系统持续迭代，叠加应用场景向服务业 医疗等领域的横向拓展，我们预计，2030年之后产业渗透率将进入指数级增长通道。

据高工产业研究院测算，2024年全球人形机器人市场规模约为10亿美元，对应年出货量1.19万台。我们预测至2030年，市场规模扩容至151亿美元，对应年度销量68万台。2031年之后，随着中国人形机器人产业链加快降本，和大模型的泛化能力飞跃提升，我们预计行业进入爆发式增长。这一增长曲线背后，既有工业场景从试点到规模复制的纵向深化，也涵盖新兴应用场景持续涌现带来的增量空间。基础假设下，我们预计到2035年，全球人形机器人出货量达400万台，2024-35年复合增长率70.6%。乐观情况下，我们假设2035年人形机器人的BOM成本下降更快，由2025年的6万美元下降到1.3万美元，以及大模型的泛化能力快速上升，赋予人形机器人处理复杂家庭任务的能力，人形机器人在制造业/服务业渗透率分别为0.4%/0.5%，对应2035年人形机器

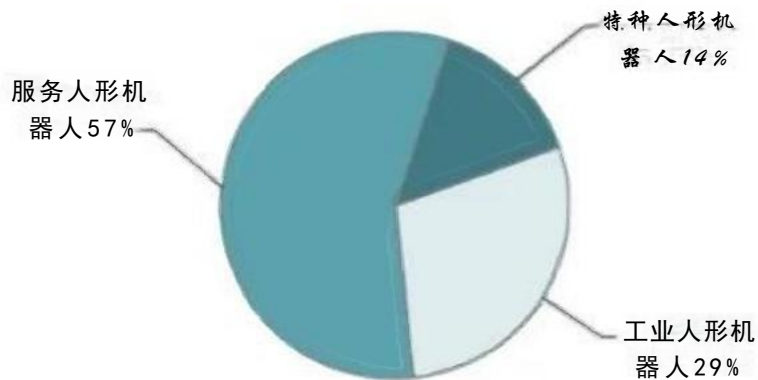
人出货量1000万台，2024-35年复合增长率84.9%。其中，我们认为全球服务人形机器人的占比将会由2024年的57%上升至2035年的84%。

图表9: 预测2030年后全球人形机器人进入高速增长阶段，乐观假设  
2031年全球销量达119万台，2035年1028万台



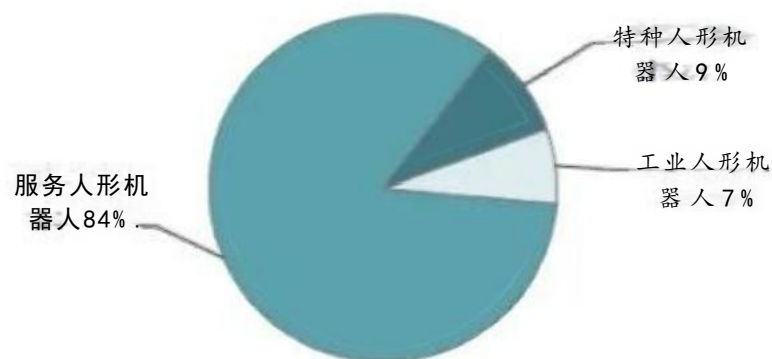
资料来源高工咨询 · 36氪 · 亿欧智库，交国际预测

图表 10: 2024 年全球服务人形机器人份额占 57%



资料来源高工咨询 · 36氪 · 亿欧智库 · 交叙国际

图表11: 2035年预计全球服务人形机器人份额上升至84%



资料来源: 高工咨询, 36氪 · 亿欧智库 · 交依国际预测

## 政策和资本助力，技术加持，中国内地人形机器人发展进入快车道

**核心观点：**中央政府和地方政府相继发布政策，推动人形机器人商业化落地。中央政府通过发布《人形机器人创新发展指导意见》等政策，明确了人形机器人产业发展的阶段目标，支持产业链上下游协同，推动产业生态建设。2024年，中国内地机器人行业共发生200起左右投融资事件，金额总计超200亿元，人形机器人赛道爆火。此外，中国在人形机器人领域的全球竞争力逐渐凸显，如优必选科技在有效专利储备量方面排名全球第一，多家人形机器人企业与英伟达等国际巨头合作。中国内地人形机器人市场正迅速增长，我们预计2024-35年的年复合增长率将超过75%，2035年占全球市场份额的45%。在政府引导、技术进步、社会需求增长及供应链优势等因素推动下，人形机器人将在更多领域得到应用。

### 政策端：中央和地方政府相继发文，助力人形机器人商业化

过去一年，中央层面发布了一系列文件以支持从事人形机器人和智能机器人应用的企业。2025年，政府工作报告首次将“具身智能” (Embodied Artificial Intelligence, EAI) 纳入未来产业范畴，并强调大力发展智能机器人等智能装备。这标志着人形机器人从技术研发上升至国家战略层面，成为推动科技创新与产业升级的关键抓手。

顶层设计上，中央政府通过发布《人形机器人创新发展指导意见》等政策，明确了人形机器人产业发展的阶段目标。到2025年，人形机器人创新体系初步建立，关键技术如“大脑” (AI 决策与感知)、“小脑” (运动控制)、“肢体” (仿生机械结构) 等取得突破，确保核心部件自主可控，整机产品达到国际先进水平并实现批量生产。

执行层面，中央政府支持产业链上下游协同，推动产业生态建设，如支持企业构建机器人超脑平台，促进产业生态完善。同时，鼓励产业联盟和投资基金的成立，如北京人形机器人产业联盟，通过搭建共享技术平台、推动标准规范发展等举措，加速实验室到市场的转化。在应用场景方面，中央政府推动人形机器人在特种领域、制造业、民生服务等场景的应用。在特种领域，面向危险环境作业，如救援、核工业等，强化人形机器人的快速移动与精确操作能力；在制造业，如汽车、3C电子等领域打造示范产线，支持装配、检测等工序。

地方政府积极响应中央政策，纷纷出台地方性的人形机器人产业发展规划

北京：发布《北京具身智能科技创新与产业培育行动计划(2025-2027年)》，明确加快危险、重复、繁重岗位作业的具身智能机器人替代，推动人形机器人在危化防爆、矿山、冶炼、核电、消防应急、救援等刚需场景的落地。地方政府通过设立产业发展基金、建设创新中心与评测平台等方式，助力人形机器人产业发展。

Q 上海：正在联合组建百亿基金，帮助初创企业进入赛道。北京亦已形成百亿规模机器人产业集群，并设立百亿级产业发展基金。多地政府还加速建

设创新中心与评测平台，提升检验检测和中试验证能力，为产业发展提供支撑。

深圳：于2025年3月发布《深圳市具身智能机器人技术创新与产业发展行动计划(2025-2027年)》，聚焦打造具身智能机器人全链条创新生态，提出以核心技术突破、产业链完善和场景规模化应用为路径，推动深圳成为全球领先的智能机器人产业高地。该计划明确：技术攻关：重点突破多模态感知、智能交互、运动控制等关键技术，强化AI大模型与机器人本体的深度融合；产业布局：加速核心零部件(如传感器、关节模组)国产化替代，建设智能机器人产业园，培育“整机-零部件-软件”协同的产业集群；场景落地：优先在高端制造、医疗康复、家庭服务等领域开展示范应用，推动2027年全市智能机器人产业规模突破300亿元。

图表12:2023年来，中央层面持续发布人形机器人产业支持政策

政策名称	发布机构	时间	核心内容
《人形机器人创新发展指导意见》	工业和信息化部	2023年11月	提出2025年建立人形机器人创新体系，2027年综合实力达国际领先：重点突破“大脑”(AI大模型)小脑(运动控制)及“肢体”技术，推动特种、制造业、民生三大领域应用
《工业机器人行业规范条件(2024版)》	工业和信息化部	2024年	规范工业机器人生产制造标准，提升国产化率与技术水平，强化产业链安全
《机器人+应用行动实施方案》	国务院	2024年	推动机器人在制造业·农业·物流、医疗等十大领域的深度应用，加速场景落地与技术迭代
《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	国家发改委·科技部	2024年	将智能机器人列为未来产业重点方向，支持人机交互、多模态感知等前沿技术研发
制造业企业座谈会(机器人专题)	工业和信息化部	2025年2月	强调加强基础研究·核心技术攻关与场景创新，支持领军企业与中小企业协同发展，完善产业生态

资料来源政府官网，交银国际

图表13:地方层面积极响应，各地陆续发布人形机器人相关支持政策

政策名称	发布机构	时间	核心内容
《深圳市关于支持智能机器人产业发展的若干措施》	深圳市工业和信息化局	2024年	对机器人企业研发投入、首台(套)设备应用、出海拓展提供资金补贴，最高奖励2000万元
浙江省《智能机器人产业集群培育实施方案》	浙江省经信厅	2024年12月	目标2027年集群规模突破800亿元，重点发展工业机器人、服务机器人及关键零部件
上海市《人形机器人产业高质量发展行动计划》	上海市经信委	2025年1月	聚焦人形机器人整机与核心零部件研发，建设长三角机器人协同创新中心，推动产学研合作
北京市《机器人产业创新发展行动方案(2025-2027)》	北京市科委	2025年2月	支持医疗·服务机器人场景示范，建设国家级机器人检验检测平台，强化知识产权保护
《深圳市具身智能机器人技术创新与产业发展行动计划(2025-2027年)》	深圳市科技创新局	2025年3月	目标2027年关联产业规模超1000亿元，培育百亿企业10家：重点突破仿生灵巧手·AI芯片、多模态感知技术·打造公共服务平台矩阵，开放50个以上应用场景

资料来源政府官网·交银国际

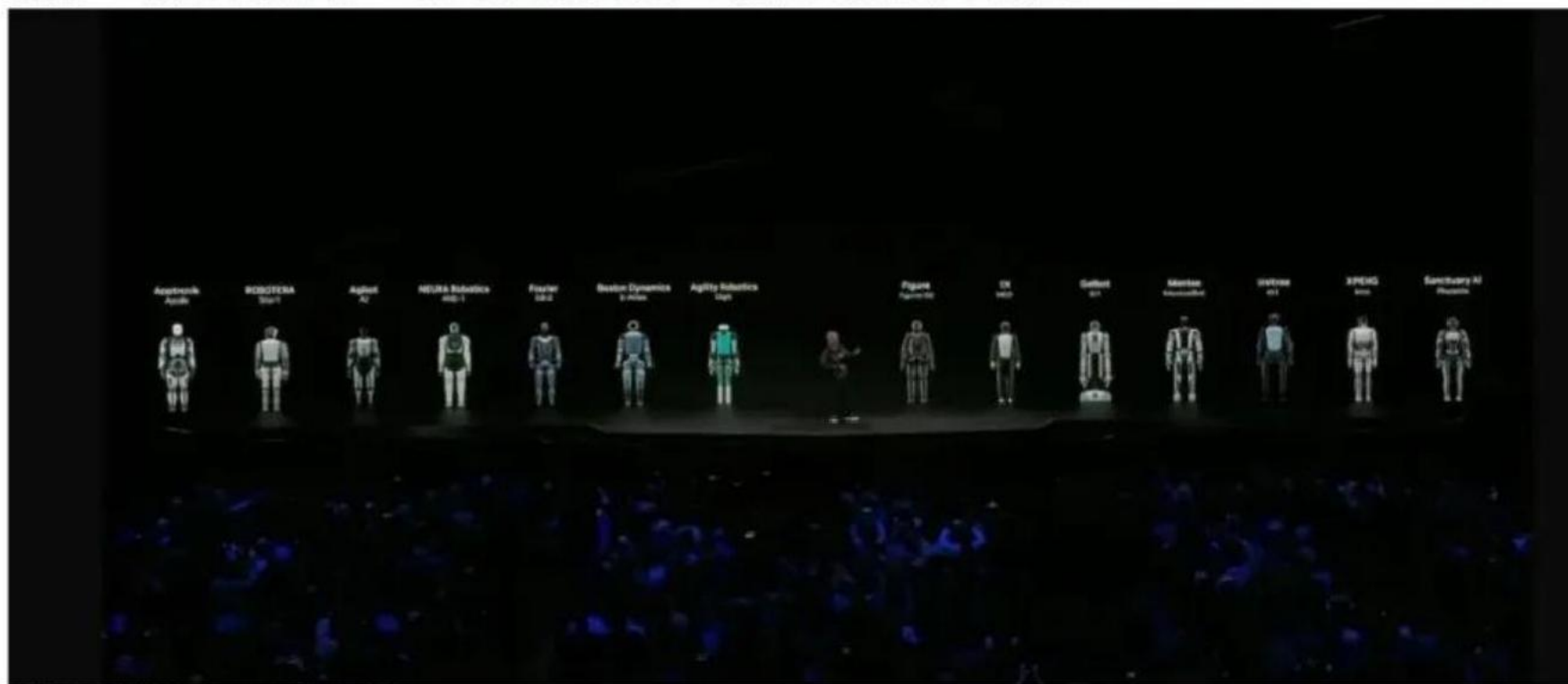
### 技术端：中国内地累计人形机器人技术专利全球第一

从企业数量看，中国内地人形机器人整机初创企业领先全球。根据国家地方共建人形机器人创新中心透露，截至2024年，全球通用人形机器人整机商业公司约150家，其中中国内地超过80家，占比超过50%，中国内地人形机器人整机商业公司中有半数来自高校的学生和教师创业。

从专利数看，根据人民网研究院数据，截至2023年，中国已累计申请6618件人形机器人技术专利，成为申请人形机器人技术专利数量最多的国家。在人形机器人领域，以有效发明专利计算，中国共拥有有效发明专利1699件，仅次于日本的1743件，排名全球第二。从申请人所持有的有效技术专利数量来看，优必选科技已经在人形机器人的有效专利储备量方面排名全球第一，高于本田、索尼、丰田等企业。

在2025年的国际消费电子展 (CES)，芯片巨头英伟达发布了多个新产品，其中包括首个生成式世界基础模型Cosmos。英伟达表示已经有许多领先的机器人和汽车公司成为Cosmos的首批用户，包括1X、Agile Robots、Agility、Uber等等。英伟达合作的14家人形机器人企业，其中6家来自中国内地，分别是宇树科技、小鹏汽车、傅利叶智能、银河通用、智元机器人和星动纪元。这些企业凭借各自的技术优势和创新能力，在全球人形机器人领域占据了一席之地。

图表14: 英伟达合作的14家人形机器人企业，其中六家来自中国内地



资料来源:2025国际消费电子展 · 交银国际

### 资本端：人形机器人项目持续受到青睐

从中国内地人形机器人产业链企业的分布看，据高工机器人产业研究《人形机器人产业地图(2024)》显示，深圳、北京、上海、杭州、苏州分别拥有22.4%、14.5%、11.8%、5.8%和5.5%的产业链企业。同时从一级融资情况来看，据中国机器人网不完全统计，2024年，中国内地机器人行业共发生200起左右投融资事件，金额总计超200亿元。其中，近亿元与过亿元级事件约55起，金额超175亿元，融资总额超70亿元反映人形机器人项目持续受到资本青睐。

图表15:2024年中国机器人领域过亿/近亿元融资事件表

公司	所在领域	金额 (除另有标注·人民币)	部分投资方
1月			
星幼纪元	人形机器人	超亿元	联想创投、金鼎资本、清控天诚 世纪金源
欧卡智舶	服务机器人	亿元	AEF大湾区创业基金、天善资本·西安财金
国自机器人	工业机器人	超2亿元	正泰新能源
粤十机器人	工业机器人	近亿元	北京顺产产投战略
仁洁智能	服务机器人	超亿元	恒旭资本、元钛、国元、高甌创投
纽氏达特	零部件	数亿元	国投招商 山东新幼能基金、洪泰基金
浙江科聪	工业机器人	近亿元	元璟资本
汉阳科技	服务机器人	过亿元	索道投资、义融善道、中新集团
2月			
宇树科技	人形机器人	近10亿元	美团·金石投资、源码资本
卓翼智能	无人机	2.5亿元	中关村科学城公司、中航融富
3月			
九识智能	服务机器人	近1亿美元	美团、BV百度风投、Unicom、闲庭基金、索道基金
本末科技	人形机器人	亿元	顺禧基金、亦庄创投、想创投
新石器无人车	服务机器人	6亿元	中金汇融、前海方舟、中金启阳、亦庄国投
4月			
墨影科技	工业机器人	近亿元	天奇创投
珞石机器人	工业机器人	5亿元	国家制造业转型升级基金、邹城市新动能产业投资基金 北汽产投、南山战新投、盈富泰克
怕西尼成知科技	人形机器人	数亿元	
派迅智能	工业机器人	超亿元	安徽国控投资·创谷资本
5月			
有鹿机器人	人形机器人	1亿元	BV百度风投·创新工场、元璟资本
6月			
浙江人形机器人创新中心	人形机器人	1.1亿元	宁波金融开发投资、宁波工业互联网研究院等
不停科技	服务机器人	近亿元	华山资本、未来科技、清水湾基金、知行一号
王遛智能	无人机	超亿元	广东粤科母基金、临港前沿阿特斯扬州基金
沃飞长空	无人机	数亿元	策源资本、华控基金、中科创星、翱翔天行
银河通用	人形机器人	7亿元	美团战略投资部、北汽产投、商汤国香基金等

资料来源中国机器人网交银国际

图表16:2024年中国机器人领域过亿/近亿元融资事件表(续)

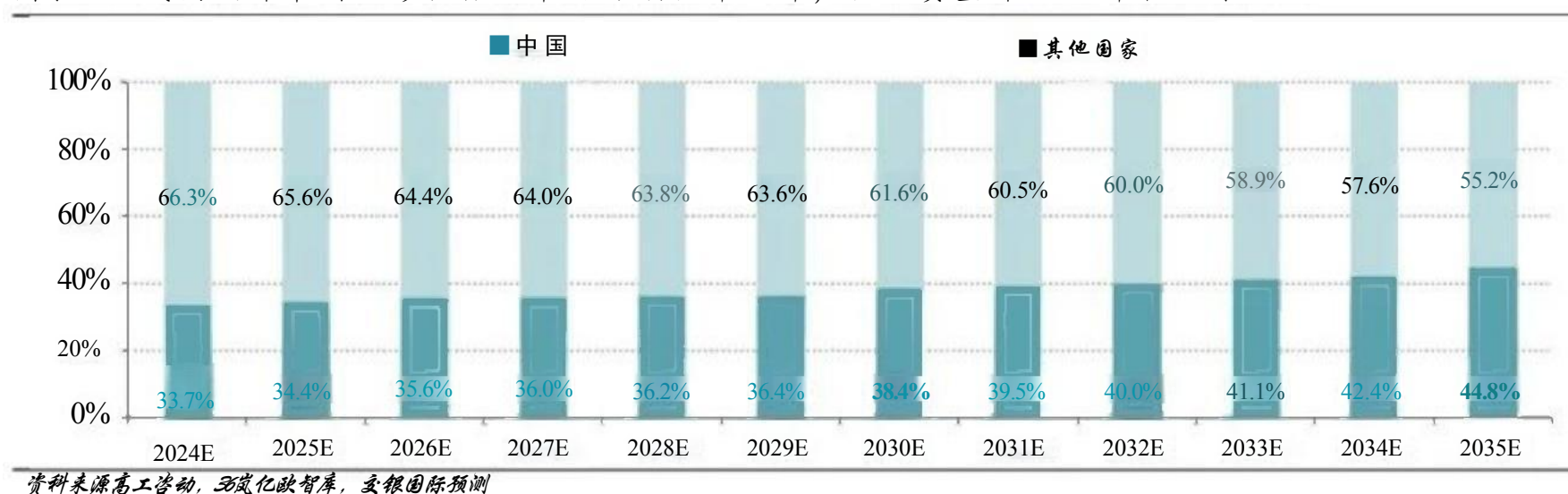
公司	所在领域	金额 (除另有标注·人民币)	部分投资方
<b>7月</b>			
鲸鱼机器人	人形机器人	超1亿元	上海久事投资
橡鹭科技	服务机器人	近2亿元	京东数科
逐际动力	人形机器人	近1亿元	招商局创投、阿里创投等
元鼎智能	服务机器人	4亿元	招银国际资本·XVC等
星尘智能	人形机器人	数千万美元	经纬创投等
<b>8月</b>			
众擎机器人	人形机器人	近1亿元	弘晖基金、浔商创投等
粉建科技	工业机器人	超12亿元	厦门建发集团有限公司、瑞弄资本
快仓智能	工业机器人	超1亿美元	金杜鹃私募投资、博华资本等
敏捷医疗	服务机器人	超1亿元	千骥资本、元禾控股等
峰飞航空	无人机	数亿美元	宁德时代
千寻智能	人形机器人	2亿元	顺为资本、弘晖基金、达展创投、千乘资本等
<b>9月</b>			
星海图	人形机器人	数亿元	高瓴创投、上海米哈游阿尔戈科技有限公司等
因时机器人	零部件	超1亿元	达展财智、中金资本等
宇树科技	人形机器人	数亿元	翰鼎北京国管 美团龙珠等
星迈创新	服务机器人	超3亿元	砺思资本、凯辉基金等
穹彻智能	人形机器人	数亿元	广发信德·Prosperity7Ventures等
加速进化	人形机器人	亿元	彼岸时代, 中关村科学城、英诺天使基金等
<b>10月</b>			
星幼纪元	人形机器人	3亿元	阿里巴巴、联想创投 世纪金源
卓益得机器人	人形机器人	1亿元	未被露
瀚晟传动	零部件	近亿元	洪泰基金
<b>11月</b>			
戴盟机器人	人形机器人	2亿元	联想创投 金鼎资本、国中资本、招银国际
银河通用	人形机器人	5亿元	上汽恒地、香港投资公司HKIC等
埃斯顿卓卓	人形机器人	13亿元	先进制造业基金·南京产业专项母基金
三凯机电	零部件	超1亿元	达展财智、三花弘道、浙股坤鑫
月泉仿生	人形机器人	近亿元	洪泰基金、长兴基金中关村启航基金
星海图	人形机器人	超2亿元	高瓴资本、蚂蚁集团、米哈游、无锡创投等
航天飞鹏	无人机	数亿元	苏州国投、国发创投、鲲鹏资本、古玉资本
自变量机器人	人形机器人	近亿元	德联资本、基石资本、启赋资本等
<b>12月</b>			
穹彻智能	人形机器人	数亿元	红衫中国、Prosperity7Ventures、小苗朗程等
小雨智造	具身智能 机器人	约亿元	北京信息产业发展投资基金
魔法原子	人形机器人	1.5亿元	追创创投、翼朴基金
钛虎机器人	人形机器人	超1亿元	毅达资本、商汤国香资本·江阴人才基金等

资料来源中国机器人网交银国际

## 中国人形机器人行业：预计2024-35年市场规模年复合增长率有望超过75%

随着技术进步和社会需求增长中国人形机器人市场正迅速增长。凭借政府引导及扎实的产业链等优势，人形机器人产业正迈向大规模应用。此外，研发投入的增加、应用场景的不断拓展和资本市场的大力支持，也都在推动着人形机器人市场不断扩大。未来，中国人形机器人市场有望继续保持快速增长，我们预计2024-35年出货量的年复合增长率将超过75%，高于全球增长(基础假设下为70.6%)，出货量将从0.4万台左右增至189万台。2024年中国人形机器人市场占全球份额为33.7%，受惠政策支持、技术进步、市场需求、供应链优势等多种因素推动下，我们预测市场份额将稳步上升至2035年的45%。

图表17: 我们预计中国人形机器人市场份额按年上升，按出货量计2035年占全球45%





## 新能源汽车vs人形机器人，中国有望复制成功经验

**核心观点：**我们认为中国在人形机器人智能化和本体量产上均具有优势。智能化方面，中国在自动驾驶/智能驾驶领域积累了丰富的系统集成经验，能够快速将这些技术迁移到人形机器人开发中，不仅加速研发进程，还能有效降低成本，为人形机器人的规模化应用奠定基础。本体量产方面，人形机器人关节电机、传感器、电池等核心部件与新能源汽车供应链重叠度达60%以上，凭借中国新能源汽车的制造优势，我们认为中国人形机器人本体制造同样具备规模化降本潜力。产业链上，我们建议关注价值量占比高且本土化率仍然较低的核心零部件，包括行星滚柱丝杠、空心杯电机、六维力矩传感器和谐波减速器。

### 特斯拉鲶鱼效应，加速中国人形机器人发展

全球新能源汽车发展过程中，特斯拉作为引领者对全球和中国内地新能源汽车发展影响深远。其关键事件与销售、渗透率变化紧密相关，在中国内地，特斯拉的进入刺激了市场竞争并通过上海超级工厂本地化生产降低成本，推动新能源汽车市场快速增长。但随着中国内地新能源汽车供应链完善和产品发力，特斯拉市场份额从2021年的16.5%大幅下滑至2024年的8.1%。与此同时，比亚迪市场份额从2021年的9.5%增长至2024年4季度的28.2%，实现两倍多增长。

同理，我们认为特斯拉进入人形机器人领域的鲶鱼效应将刺激产业发展和商业化落地。但中国内地的人形机器人企业依靠供应链优势和快速的产品迭代，有望实现全球领先。（另见前文“特斯拉入局人形机器人：技术突破与成本控制并举”部分）

图表18: 特斯拉的鲶鱼效应对全球的新能源汽车产业链产生了深远影响



资料来源: 公司官网, 崔东树公众号 CPCACAAAM, 交银国际

## 新能源汽车vs人形机器人：供应链重叠度超过60%

中国内地的人形机器人产业与早期新能源汽车产业有诸多相似之处。顶层设计方面，新能源汽车产业在《节能与新能源汽车产业发展规划》等政策指引下明确方向，人形机器人产业则在《人形机器人创新发展指导意见》强力支持下，被定位为继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品。

产业链上，中国内地在新能源汽车供应链、低空飞行器供应链和人形机器人供应链方面有着深厚的基础和显著的优势

人形机器人关节电机、传感器、电池等核心部件与新能源汽车供应链重叠度达60%以上，具备规模化降本潜力。中国内地在新能源汽车领域已经建立了强大的供应链，包括电池生产、电机制造、传感器开发和控制系统设计等，这些优势可以通过技术转移、资源整合和政策支持，直接推动低空飞行器和人形机器人的发展。

### 电池

新能源汽车的电池技术(如高能量密度电池和电池管理系统)可以提升低空飞行器的续航能力和人形机器人的工作时间。例如，轻量化电池可以延长低空飞行器的飞行距离，而高效的电池管理则可以增强人形机器人的持久性。新能源汽车的电机技术可以优化低空飞行器的飞行性能(如推力和能效)以及人形机器人的运动灵活性(如动作精度和响应速度)。

### 0 传感器与控制系统

新能源汽车的传感器(如激光雷达、摄像头)和控制算法可以应用于低空飞行器和人形机器人，提升其自主导航、避障和智能交互能力。例如，低空飞行器可以借鉴新能源汽车的自动驾驶技术实现高级自主飞行，人形机器人则可以通过感知技术改善环境适应性。这些技术的协同效应和资源整合，将为人形机器人产业的发展提供坚实的支撑和新的机遇。

图表19: 供应链方面, 中国内地新能源汽车、人形机器人、低空飞行器在多个层面存在显著的共同点

产业链	新能源汽车	低空飞行器	人形机器人
感知/传感	摄像头 激光雷达 毫米波雷达	摄像头 激光雷达 毫米波雷达	摄像头 毫米波雷达 力/力矩传感器 激光雷达
控制系统&智能化	芯片 智能驾驶/智能座舱	飞控系统 航电系统 机电系统	芯片&大模型
动力系统	电池 电机	电池 电机	电池 空心杯电机 无框力矩电机
执行系统	连接器 轴承 轮胎	连接器 轴承 轮胎	连接器(概念) 轴承(概) 减忘需 e成 滚珠丝杠/滚柱丝杠
其它零部件	热管理 空气悬架 压铸轻量化 HUD	座椅 机体/车身	热管理
整机/整车	新势力 传统整车厂	eVTOL 通航飞机(固定翼+点翼) 无人机	车企 其他
商业应用	网约车	低空+ 物流 巡检 应急 农业 旅游	

资料来源: 交银国际

图表20: 部分新能源汽车供应链在人形机器人供应链中的布局或进展

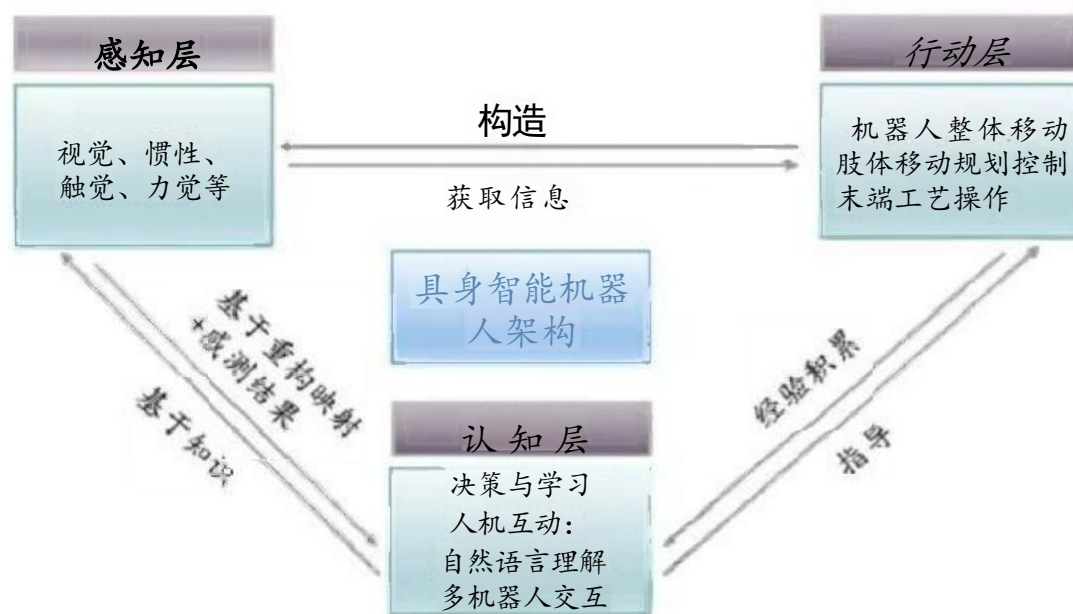
公司名称	在新能源汽车供应链中的主要产品或服务	在人形机器人供应链中的布局或进展
均普智能	汽车一级零部件供应商 · 后桥差速器装配与检测项目供应商	设立均普人工智能与人形机器人研究院有限公司, 专注于人工智能与人形机器人的研究开发
贝斯特	涡轮增压器精密轴承件、涡轮增压器叶轮、涡轮增压器中间壳、发动机缸体等	利用现有资源, 全面导入“工业母机” “人形机器人” “汽车传动” 以及“自动化产业” 等新赛道
拓普集团	汽车零部件供应商, 涉及底盘系统、内饰系统等	计划在宁波经济技术开发区投资50亿元建设机器人电驱系统研发生产基地, 拓展业务范围至机器人领域
三花智控	汽车零部件供应商, 涉及热管理、底盘系统等	计划在杭州钱塘区投资建设机器人机电执行器和城控制器研发及生产基地, 重点聚焦仿生机器人机电执行器业务
恒立液压	液压系统及零部件供应商	已成功研发新能源汽车电子驻车(EPB) · 电子机械刹车(EMB) 及电子液压刹车系统(EHB) 等领域的滚珠丝杠产品, 并积极布局行星滚柱丝杠和梯形丝杠产品
新剑传动	汽车零部件供应商	已进入特斯拉人形机器人供应链 · 提供相关零部件
兆威机电	微型传动系统、微型驱动系统供应商	已和特斯拉接洽方案, 合作测试推进充电枪锁止齿轮箱项目, 并开发了仿生机器人灵巧手产品
绿的谐波	谐波减速器供应商	已进入特斯拉Optimus人形机器人供应链 · 提供谐波减速器等核心零部件
祥鑫科技	汽车零部件 · 新能源汽车结构件、储能结构件供应商	机器人业务已从早期零部件供应向整机代工延伸, 并与多家行业巨头形成深度绑定
五洲新春	轴承 · 精密零部件供应商	人形机器人产品已成功切入特斯拉和其他主流机器人系统供应链, 定点配套北美特斯拉电驱电机轴承套圈

资料来源: 各公司资料, 交银国际

### 构筑未来：智能驾驶系统如何为高级机器人开辟道路？

根据中国计算机学会 (CCF) 专家的定义，具身智能是指一种基于物理身体进行感知和行动的智能系统，其通过智能体与环境的交互获取信息、理解问题、做出决策并实现行动，从而产生智能行为和适应性。人形机器人、智能汽车和电动垂直起降飞行器(eVTOL)均是具身智能的代表。

图表21: 具身智能机器人的核心在于感知层、认知层



资料来源：具身智能机器人公众号，交银国际

我们认为中国内地在自动驾驶/智能驾驶领域积累了丰富的系统集成经验，能够快速将这些技术迁移到人形机器人开发中，不仅加速研发进程，还能有效降低成本，为人形机器人的规模化应用奠定基础。智能驾驶系统需要将传感器决策算法和控制模块高效整合，以实现车辆的安全导航，这种模块化、可扩展的架构设计同样适用于人形机器人。人形机器人也需要类似的框架来处理数据、制定决策并执行任务。两者在系统设计上的共通点在于对高效性和实时性的需求。

智能驾驶依赖于传感器融合技术，通过摄像头、激光雷达和雷达等设备感知环境并作出实时决策。人形机器人同样需要这些技术来理解周围环境并自主导航。两者的共通点在于对高精度感知算法和智能决策能力的高度依赖。中国内地的优势体现在其在人工智能和传感器技术上的大量投入，特别是在目标检测、路径规划等领域取得的突破。这些技术可以无缝应用于人形机器人，提升其环境适应能力和任务执行效率，推动人形机器人智能化水平的提升。

智能驾驶和人形机器人都需要在动态环境中实现实时数据处理，确保操作的高效性和安全性。两者都需配备故障安全机制和冗余设计，以应对潜在风险，这一需求是它们的核心共通点。中国内地的智能驾驶技术在实时操作系统和安全协议方面已取得显著进展，这些经验能够直接应用到智能机器人领域。此外，中国政府对新兴技术的政策支持为人形机器人研发提供了优越环境，助力技术创新快速落地，使中国在全球人形机器人市场中占据竞争优势。

图表22:自动驾驶和机器人系统架构分层设计

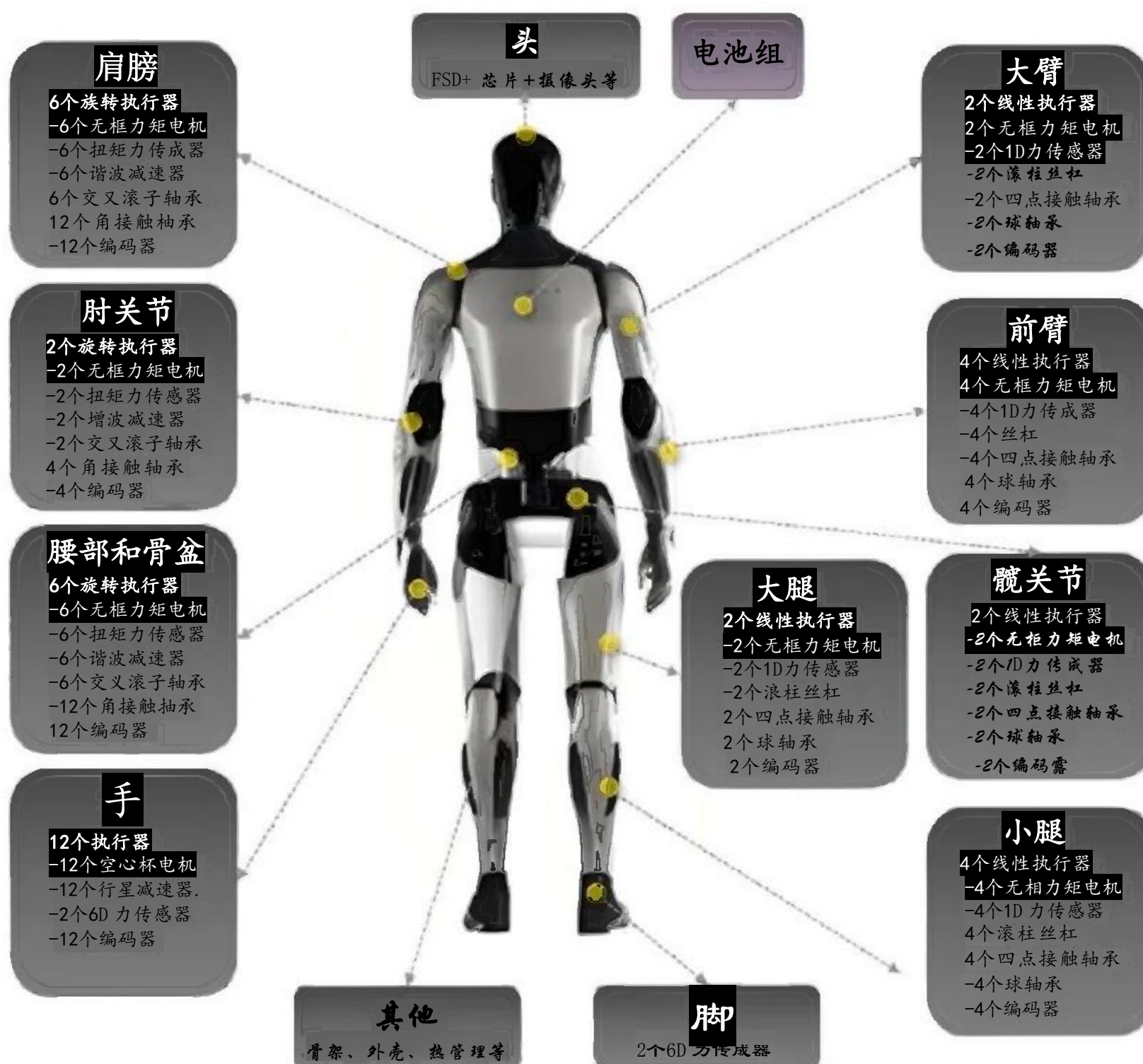
 <b>机器人系统</b>	 <b>维度</b>	 <b>自动驾驶系统</b>
<p>多功能：既可导航，也可操作(如抓取、交互)</p>	<p><b>目标与功能</b></p>	<p>主要聚焦在交通场景中的自动化驾驶任务</p>
<p>环境通常更加多样(室内、工业·医疗等)，感知任务可能涉及物体识别、表面交互等</p>	<p><b>感知复杂性</b></p>	<p>感知范围更大，需检测动态目标(车辆、行人)、静态目标(路标、建筑)</p>
<p>强调局部导航和多任务调度(如操作和移动的结合)</p>	<p><b>规划复杂性</b></p>	<p>侧重全局与局部路径规划，并解决动态交通场景中的碰撞避免</p>
<p>涉及多种执行器：轮式驱动、机械臂、履带等，需要更复杂的控制策略</p>	<p><b>控制执行</b></p>	<p>通常为车辆动力学模型控制(如差速驱动、阿克曼转向)，以车辆行驶为核心</p>
<p>硬件类型多样，包括机械臂·轮子、摄像头、抓取器等，需适配多样化设备</p>	<p><b>硬件依赖</b></p>	<p>主要依赖汽车传感器和动力系统(如雷达、摄像头、ECU)</p>
<p>使用ROS2等中间件，模块间通信机制更灵活，但实时性可能稍逊</p>	<p><b>通信架构</b></p>	<p>使用高实时性通信协议(如CAN·FlexRay)，强调安全性和容错性</p>
<p>更倾向于功能安全和人机交互安全</p>	<p><b>安全要求</b></p>	<p>强调交通安全，对冗余设计和失效恢复有更严格的要求(如ASIL-D标准)</p>
<p>机器人系统目前规范较少(部分ISO标准)，设计自由度较高</p>	<p><b>标准与规范</b></p>	<p>遵循严格的行业标准(如ISO26262、UNECE法规)</p>
<p>更广泛应用生成式AI(如任务分解)和推理式AI(如导航与交互)</p>	<p><b>AI驱动</b></p>	<p>主要应用推理式AI，用于感知和规划，生成式AI的应用尚在探索中</p>
<p>涉及多机器人协作与任务分配(如工业机器人生产线中的工作流优化)</p>	<p><b>协作与任务分配</b></p>	<p>多车协同较少，更多是单车闭环决策(车路协同尚在发展中)</p>

资料来源：马知汽车，交银国际；图片来自 Flatiron

**本体制造量产是机器人商业化的前提，零部件降本是关键**

人形机器人的制造可分为三大部分：本体、“大脑”和“小脑”（运动控制）。“大脑”部分受益于人工智能，发展相对成熟；“小脑”部分的发展受到数据量限制，以及上肢运控底层算法尚未成熟等因素影响，尚在发展初期。人形机器人本体制造主要包括旋转执行器、线性执行器、灵巧手、感知系统、电池、皮肤等。以特斯拉Optimus Gen2为例，Optimus 全身具有40个执行器，50个自由度。

图表23: 特斯拉 Optimus Gen2结构拆分，全身具有40个执行器，50个自由度



资料来源：特斯拉·交银国际

### 当前人形机器人未能大规模商业化，主要受制于成本过高

类比智能汽车，我们认为人形机器人率先实现零部件和本体量产，智能化后续逐步推进。此前本田的Asimo 由于造价高达300万美元以上，始终无法走出展厅、走上生产线，因此最终停产。根据特斯拉的量产计划，2025年将生产1万台 Optimus 机器人，产能扩展至每月1000台，2025年有望成为人形机器人量产元年。但Optimus 量产时间较此前的2024年底推迟了约1年，主要是受制于零部件供应链尚不成熟，本体造价过高。

我们认为，人形机器人的量产落地建立在零部件成本大幅下降的基础上，使得本体制造成本达到多数人可接受水平。参照特斯拉的最终售价目标，其成本至少要降至2万美元以下。我们对Optimus 年销量达到100万台时各零部件的价格进行假设，核心零部件价值量排序为：6D力传感器>行星滚柱丝杠>谐波减速器>空心杯电机>编码器>无框力矩电机。

图表 24：特斯拉 Optimus 成本测算（大规模降本后）

人民币，元核心零部件	数量	现价	总价	成本占比	单价（大规模降本后）		成本占比	100万台对应的市场规模（亿元）	
					模降本后	棋降本后			
电机	无框力矩电机	28	800	22,400	8%	200	5,600	5%	56
	空心杯电机	12	1,200	14,400	5%	800	9,600	8%	96
减速器	谐波减速器	14	1,500	21,000	8%	1000	14,000	12%	140
	行星减速器	12	600	7,200	3%	400	4,800	4%	48
丝杆	行星滚柱丝杠	14	2,000	28,000	10%	1200	16,800	14%	168
轴承和齿轮	角接触轴承	28	100	2,800	1%	50	1,400	1%	14
	交叉滚子轴承	14	150	2,100	1%	50	700	1%	7
	深沟球轴承	14	100	1,400	1%	50	700	1%	7
	四点接触球轴承	14	50	700	0%	50	700	1%	7
	齿轮	12	100	1,200	0%	50	600	0%	6
编码器	编码器	54	400	21,600	8%	150	8,100	7%	81
传成器	扭矩力传成器	14	500	7,000	3%	300	4,200	3%	42
	1D力传成器	14	500	7,000	3%	300	4,200	3%	42
	6D力传成器	4	20,000	80,000	29%	5,000	20,000	16%	200
	鱼眼摄像头	1	500	500	0%	300	300	0%	3
	视觉摄像头	2	500	1,000	0%	300	600	0%	6
	毫米波雷达	1	500	500	0%	300	300	0%	3
	IMU、触觉传成器			3,000	1%		2,000	2%	20
电池	1		3,000	1%		2,000	2%	20	
芯片	1	32,000	32,000	12%	10,000	10,000	8%	100	
其他		20,000	20,000	7%		15,000	12%	150	
合计			276,800			121,600		1216	

资料来源原特斯拉 · 公开资料整理 · 交银国际频测

### 本土化率提升正加速，关注核心零部件国产替代的机会

此前，由于机器人本体制造环节技术路径未能达成共识，导致零部件量产进度较慢。在经历多年发展后，零部件技术路线逐渐收敛，核心零部件的标准化程度提升。例如，无框力矩电机、谐波减速器等关键部件的技术方案趋于统一，厂商可基于成熟方案快速推进生产。

人形机器人可以被视为智能汽车的升级，参考新能源汽车/智能手机的发展，整装企业软件端倾向于自研自控，硬件端考虑性价比通常外购，中国内地企业凭借显著成本优势和在工业机器人/汽车产业的技术积累，有望占据先机充分受益，并凭借规模效应使得零部件成本快速下降。以谐波减速器为例，国产化后单价从7000元降至约2000元，降幅超70%。

综合考量各零部件的价值量占比、技术难度以及国产化进度，我们认为，应该重点关注行星滚柱丝杠、六维力传感器、灵巧手、谐波减速器和空心杯电机。

图表 25：人形机器人核心零部件关注要素

核心零部件	价值量占比	技术壁垒	国产化程度	关键要素	主要厂家
行星滚珠丝杠	14%	高	约15%	高精度 刚性 低摩擦 长寿命	海外： GSA 伊维莱 • Rollvis、力士乐、CMC 中国内地： 南京工艺、博特精工 • 贝斯特 • 恒立液压、五洲新春、新剑传动 • 鼎智科技
六维力矩传感器	16%	高	约30%	灵敏度 分辨率 实时响应 标定精度	海外： ATI 中国内地： 宇立仪器、蓝点触控、坤维科技、鑫精诚
灵巧手	21%	高	国内外都在起步阶段	柔性控制 抓取精度 传感器集成 反馈机制	海外： Shadow Robot • Barrett Hand、Schunk Hand等 中国内地： 因时、思灵、优必选等
无框力矩电机	5%	中等	中低端国产化渗透率高	高扭矩密度 低惯量 放热及控制精度	海外： Maxon • Faulhaber、Portescap; 中国内地： 步科股份、吴志机电、雷赛智能等
谐波减速器	12%	中等	约50%	零背隙 高刚性 高传动精度	海外： 哈默纳科 新宝; 中国内地： 绿的谐波、来福 • 同川 大族
空心杯电机	8%	中等	约20%	高扭矩密度 低惯量 轻量化设计	海外： FaulhaberPortescap Allied Motion Technologies Maxon Motor及Nidec Copal Corporation 中国内地： 鸣志电器、鼎智科技 兆威机电、步科股份等

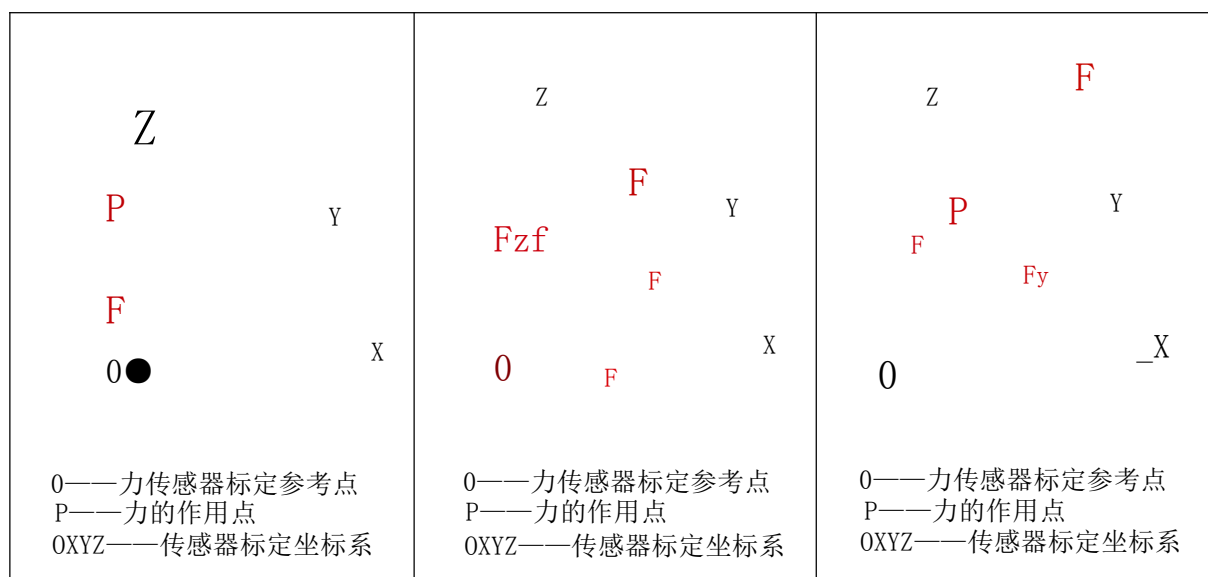
资料来源交银国际



### 六维力传感器：高价值，高利润+但技术难度高

根据测力的维数，力/力矩传感器可以分为一维力传感器、三维力传感器、六维力传感器。六维力传感器是一种能够同时测量XYZ 轴向力和环绕轴的力矩的传感器，通过内部算法解耦各个方向的力和力矩的干扰，使得力觉信息反馈更全面，是多维力传感器中功能最为全面、应用最为广泛的产品类型。六维力传感器的非线性力学特征明显，要考虑多通道信号的温漂、蠕变、交叉干扰、数据处理的实时性，再加之六维联合加载标定的复杂性，技术难度远比简单地组合三个一维力传感器和三个扭矩传感器复杂。

图表26: 一维/三维/六维的力测量示意图

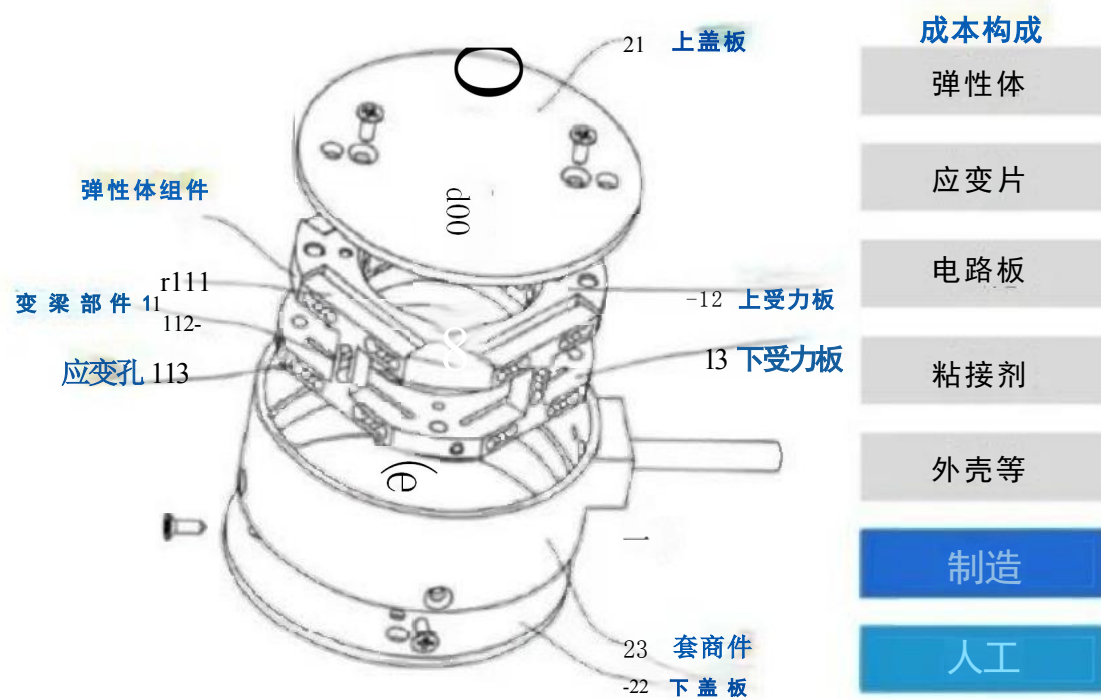


资料来源坤维科技官方公众号交银国际

为模仿人类，让机器人在力触觉反馈方面有稳步提升，增强机器人在行走、抓取过程当中柔顺性和鲁棒性(robustness)，人形机器人需精准测量关节受力情况，为此，前沿厂商开始在手腕、脚腕、足底或手部搭载六维力传感器，让人形机器人有着类比人的感觉器官。目前特斯拉 Optimus、优必选 Walker X、达闼科技的小紫 XR-4、本田 ASIMO、美国宇航局的 Valkyrie 等，都已采用六维力传感器来提升机器人的性能。

六维力传感器是机器人赛道中成本较高的部件之一，盈利能力强。六维力传感器成本构成包括材料、制造和人工成本，其中超50%的成本来自于应变片和人工加工成本。六维力传感器价值量高，根据MIR数据，六维力传感器的产品单价可达2-4万元。六维力传感器毛利率处于较高水平，根据柯力传感2023年年报数据，公司传感器毛利率达到41%。我们预计，随着人形机器人放量，单个六维力传感器产品的价格可能下降至5000元以内。

图表27:高精度六维力传感器的成本构成



资料来源:《一种高精度六维力传感器\_吴美贞等》,《一种微型应变式六维力传感器及其标定装置\_王鹏等》,《焉知汽车》,交银国际

六维力传感器高端产品以国外企业为主,其技术优势体现在高性能材料、定制化应变计、精密加工工艺以及算法上。据MIR睿工业调查,2023年中国内地六维力传感器出货量9,450台,市场规模突破2.3亿元,平均价格为2.4万元/台。六维力传感器下游应用仍然以工业自动化为主,2023年占比为77%,人形机器人占比仍然较小,仅为2%。六维力传感器的市场集中度较高,2023年ATI宇立仪器分别占22.4%12.2%份额, TOP10厂商共占据接近70%的份额:外资品牌仍然占据主导,但份额已持续下降,从2020年的80.9%下降至2023年的67.9%。随着中国内地厂商的技术不断进步,技术差距缩小,以及中国内地品牌的性价比优势,中国内地品牌的市场份额有望取得进一步提升。

图表28:中国内地六维力传感器出货量和市场规模



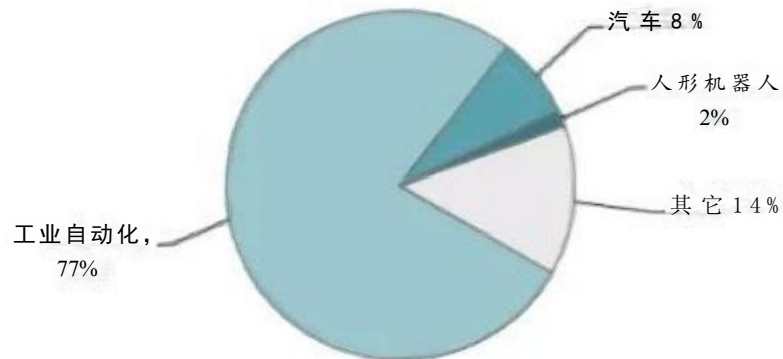
资料来源: MIR 睿工业 · 交银国际 · E=MIR 睿工业预测

图表29:中国内地市场六维力传感器内外资份额变化,外资占比逐步下滑



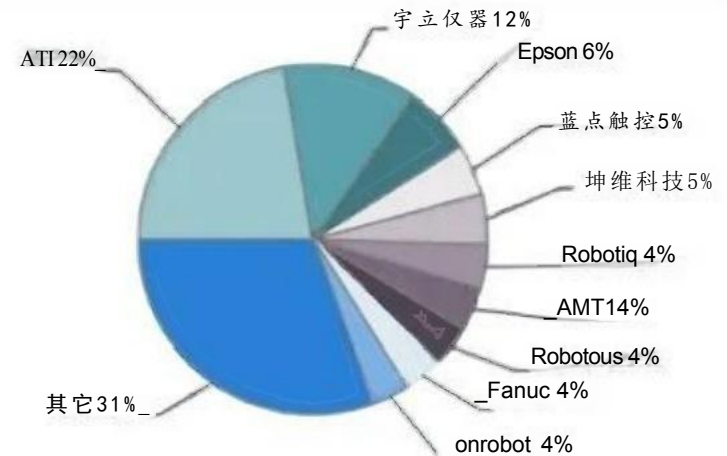
资料来源: MR 睿工业, 交银国际, E=MIR 睿工业预测

图 表30:2023 年六维力传感器下游市场份额，工业自动化占比77%



资料来源: MIR 睿工业 · 交银国际

图 表31:2023 年中国内地六维力传感器厂商营收排名，CR10 接近70%



资料来源: MR 睿工业 · 交银国际

图 表32 : 六维力传感器公司梳理

公司名称	国家	公司简介
ATI	美国	世界领先的多维力传感器制造商 · 主营业务包括机器人快速转换装置及力传感器 ·
SCHUNK	德国	主营产品包括精密夹具和自动化抓取系统 传感器等
Robotiq	加拿大	主营产品包括机器人末端夹具 · 力矩传感器 · 机器人相机套件等 ·
OnRobot	丹麦	主营产品包括机器人末端夹具，力矩传感器、机器人相机套件等 ·
新东工业	日本	主营业务分为铸造，表面处理 · 环境设备、特种设备 · 物料搬运五个部门
WACOH-T	日本	主营业务包括力传感器和MEMS传感器(加速度 · 陀螺仪)产品的开发、生产、销售
坤维科技	中国	致力于提供高精度力觉传感器(六轴力传感器)及力控解决方案
鑫精诚	中国	专注于微型压力、称重、多轴力、扭力等多样化的智能传感器
宇立仪器	中国	在多维力传感器设计领域积累了近20年经验
蓝点触控	中国	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技术优势

资料来源: 各公司资料 · 交银国际

丝杠：行星滚柱丝杠和滚珠丝杠国产化率均仍有较大提升空间

丝杠是一种将旋转运动转化为直线运动的机械传动装置，由螺杆和螺母组成，广泛应用于人形机器人的关节驱动系统(如线性执行器)。其核心作用是提供高精度、高负载的直线位移控制，直接影响机器人的运动灵活性、稳定性和负载能力。

人形机器人中使用的丝杠包括梯形丝杠、滚珠丝杠和行星滚柱丝杠。梯形丝杠属于滑动丝杠，是最普通的丝杠机械，结构简单，制造方便，但其连续工作发热严重，传动效率较低。滚珠丝杠和行星滚柱丝杠属于滚动丝杠，滚珠丝杠载荷传递元件为滚珠，是点接触；行星滚柱丝杠载荷传递元件为滚柱，是线接触，具有高负载、耐冲击、体积小、高速等优点，但由于加工难度大，加工设备高度依赖进口。

图表33:人形机器人丝杠比较：行星滚柱丝杠优势明显，但生产难度高

丝杠类型	梯形丝杠	滚珠丝杠	行星滚柱丝杠
特点	结构简单、精度较低	传动效率高、精度较高	高承载 · 体积小 高精度
运动原理	通过梯形丝杠的螺纹副实现转动运动和直线运动的转换 · 在旋转丝杠时螺母会随着丝杠的旋转而沿着丝杠前进或后退，实现机械传动	丝杠相对螺母旋转时 · 丝杠的旋转面通过滚珠的循环滚动推动螺母轴向移动，化旋转为线性，丝杠和螺母之间的滑动摩擦转变为滚珠与丝杠、螺母之间的滚动摩擦	行星滚柱丝杠以丝杠旋转作为驱动，当丝杠旋转时，滚柱围绕丝杠作行星运动，同时通过螺旋传动原理将丝杠旋转运动转化为螺母直线往复运动
示意图			
传动效率	低，仅26%-24%	高，可达92%-98%，可显著节能	较高，摩擦力较小时可达90%
转速	慢，滑动摩擦发热严重，一般转速不超过3000RPS	较快，点接触滚动摩擦热效应小，额定转速在3000-5000 RPS	快，线接触滚动摩擦热效应小且承载力强，转速可达6000RPS
导程精度	低，品质参差不齐	较高，受滚珠直径限制，常为毫米级的滚珠丝杠	高，可通过调整螺纹头数等因素使导程达到更小的微米级
使用寿命	短，滑动摩擦对元器件的损伤大	长，滚动摩擦损伤小，保持清洁、润滑即可	很长，是滚珠丝杠的10倍以上，荷载运动可达1000万次
微进给	难以实现，滑动运动存在爬行现象	可实现，滚珠运动的启动力矩小	可实现，滚柱运动的启动力矩小
自锁性	有，与导程角大小和工作面粗糙度有关	无，需加装制动装置	无，需加装制动装置
应用场景	有多种方案可选，价格较低，适用于利润率低 · 用量大 对工作转度及精度要求不高的场景，多用于传统行业	适用于无自锁要求、精度要求高、成本控制要求低的场景，如机床 · 医疗	适合用于精度要求高、高速重载工作的应用场合，如机器人、飞行起落架 · 精密机床、火炮升降架

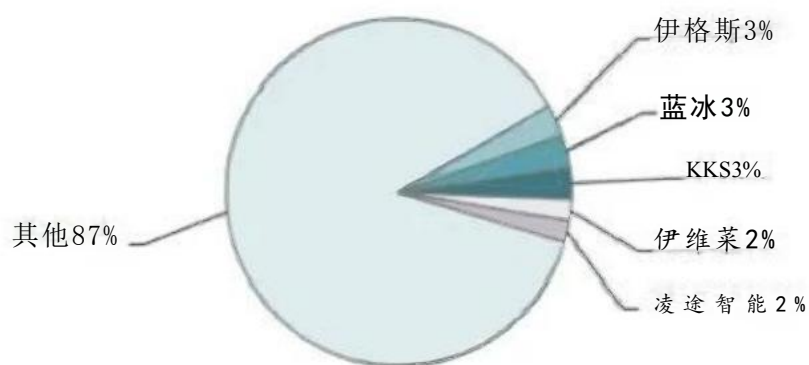
资料来源：觅途咨询，交银国际

特斯拉Optimus直线关节选用行星滚柱丝杠传动，直线关节总共选用14个行星滚柱丝杠，主要分布在机器人的大臂、前臂、大腿和小腿部位，对应14个线性执行器。我们预计规模化量产之后行星滚柱丝杠价值量占Optimus 本体制造成本的约14%。国产人形机器人优必选、宇树科技等企业尝试在关节中集成滚珠丝杠，受限于工艺水平暂未大规模应用行星滚柱丝杠。

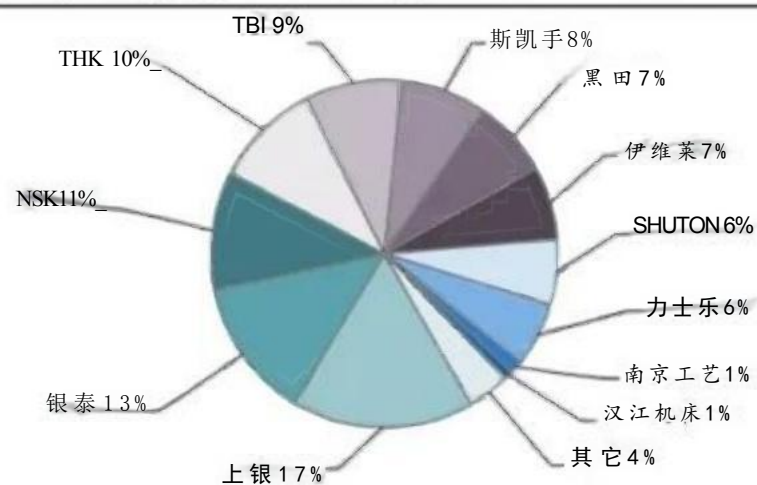
2025年4月2日

**人形机器人行业**

梯形丝杠技术门槛低，市场中参与者众多，头部企业没有显著的技术优势，小厂家反而能凭借较低的价格获取较多的订单，市场中有大量的中国内地厂家参与梯形丝杠的生产和销售，国外产品没有太多竞争优势，产品国产化较充分。中国滚珠丝杠市场主要被台资企业和外资企业垄断，中国内地企业目前规模较小，市场集中度方面，CR10 占比94%。

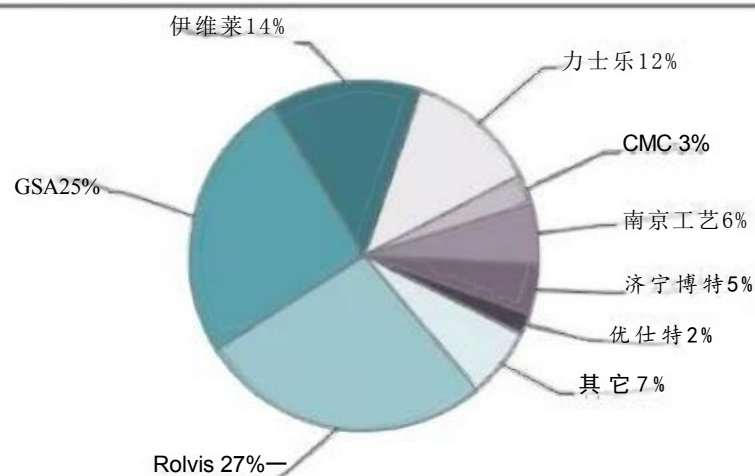
**图表34:2023 年中国内地梯形丝杠市场竞争格局，市场集中度低**


资料来源见途咨询交银国际

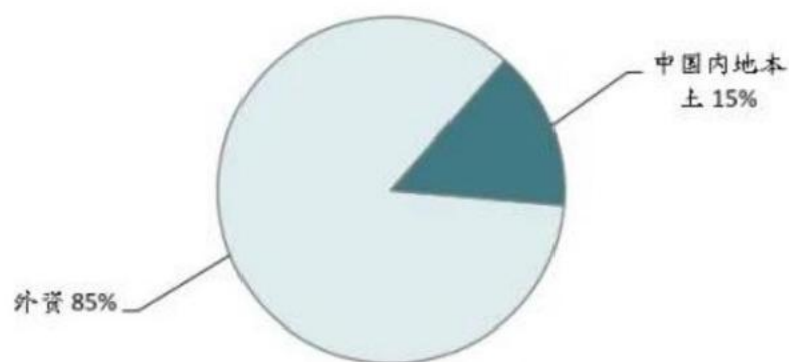
**图表35:2023 年中国内地滚珠丝杠市场竞争格局，本土规模小，CR10 占比94%**


资料来源见途咨询，交银国际

行星滚柱丝杠国产化率低，中国内地企业正在积极布局丝杠产能。行星滚柱丝杠市场在中国内地仍处于起步阶段，规模尚小，2023年中国内地行星滚柱市场外资占比85%，而中国内地企业占比仅为15%。行星滚柱丝杠市场集中度较高，CR5 在80%以上，目前生产滚柱丝杠并参与市场竞争的厂家主要有：GSA（瑞士）、伊维莱（瑞典）、Rollvis（瑞士）、力士乐（德国）、CMC（美国）、南京工艺（中国）、济宁博特（中国）、优仕特（中国台湾）。近年来，南京工艺、博特精工、五洲新春等企业开始布局行星滚柱丝杠，随着量产能力提升，预计国产占比有提升空间。

**图表36: 2023 年中国内地行星滚柱丝杠市场竞争格局，市场集中度高，CR5>80%**


资料来源见途咨询交银国际

**图表37:2023 年中国内地行星滚柱丝杠本土化率仅为15%**


资料来源见途咨询交银国际

图表38: 中国内地主要丝杠生产企业相关信息梳理

公司	行星滚珠丝杠布局
贝斯特	预计2025年具备滚柱丝杠供货能力 •
南京工艺	产品涵盖了滚珠丝杠副 • 滚幼导轨副 • 滚动花键副等滚动功能部件
恒立液压	2022年投资14亿元用于线性驱动项目，预计达产后年产10.4万根标准滚珠丝杠电动、4500根重载滚珠丝杠电动缸、750根行星滚柱丝杠电动缸、10万米标准滚珠丝杠和10万米重载滚珠丝杠 •
五洲新春	2024年9月24日公告，公司拟将“年产2200万件4兆瓦(MW)以上风电机组精密轴承滚子技改项目”变更为投资确定性更强的“线控执行系统核心零部件研发与产业化项目” • 并将剩余募集资金1.4亿元全部变更投入到新项目中 • 新项目主要为丝杠类产品
新剑传动	2024年12月公司年产100万台人形机器人及汽车行星滚柱丝杠产业化项目建筑工程方案公示
鼎智科技	已经完成滚珠丝杠和行星滚柱丝杠多条生产线的搭建，已经开始试产
震裕科技	公司投资全资子公司马丁机器人，主要专注在人形机器人领域所需精密零件 • 如：直线执行器 • 旋转执行器中的传动模块中的核心零部件(丝杠)等 • 目前已实现产品的小批量交付
山东博特精工	滚珠丝杠和直线导轨量产，产品应用于数控机床、自动化设备，技术对标国际标准
双林股份	目前行星滚柱丝杠产品已研发出样品，试制产线也已建设完成 •
禾川科技	研磨级滚珠丝杠和行星滚柱丝杠产品处于设计规格评审阶段和单元概要设计评审阶段，后续需经过样机、中试、发布阶段，预计2025年9月达到可量产状态
北特科技	2024年10月投资18.5亿元建设行星滚柱丝杠研发生产基地项目

资料来源各公司资料交银国际

减速器：核心技术已突破 · 国产化进展顺利

精密减速机作为连接动力源和执行机构的中间机构。减速器的主要作用包括：  
1) 降低转速：电机通常具有高速输出，但高速旋转不适合机器人完成精密动作。减速器将电机的转速降低，使得机器人关节的运动更加平稳和可控。2) 提高扭矩：在降低转速的同时，减速器会将输出扭矩提高，利于驱动机器人执行需要较大力量的动作。3) 改善定位精度：高精度的减速器能有效减少传动过程中的间隙和振动，从而使机器人的运动更精确，利于机器人完成复杂任务和精细操作。

根据不同的构造和传动方式，减速器可分为行星减速器、谐波减速器和RV减速器。行星减速器结构简单且传动效率高，其常被用于机器人中对精度要求低的部分身体旋转关节。谐波减速器传动精度高，重量和体积小，运转平稳、传动比大，主要用于人形机器人轻负载部位，如小臂、腕部、灵巧手等。RV减速器由第一级渐开线行星传动和第二级摆线行星传动组合而成，刚性和耐过载冲击性能好，传动精度高，通常被应用于多关节机器人机座、大臂、肩部等重负载的位置。

从当前各家人形机器人本体结构上看，使用了较多行星和谐波减速器。以特斯拉人形机器人Optimus Gen2为例，其全身共使用了14个谐波减速器和12个行星减速器，14个谐波减速器分别用于肩部、肘部、腰部等部位的旋转关节中，12个行星减速器则用于灵巧手内部传动装置中。

图表39:行星减速器分类

分类	精密行星减速器	谐波减速器	RV减速器
产品定义	传动结构主要由行星轮，太阳轮、内齿圈三部分组成的精密减速器，其结构简单并且传动效率高，多安装在伺服电机上，用来降低转速，提升扭矩，精确定位	通过柔轮的弹性变形传递运动，主要由柔轮 · 钢轮、波发生器三个核心零部件组成	通过多级减速实现传动，一般由行星齿轮减速器的前级和摆线针轮减速器的后级组成，组成的零部件较多
示意图			
产品性能	大体积、传动效率高、承载能力强	体积小传动比高 · 精密度高	大体积、高负载能力、高刚度
应用场景	目前行星减速器已应用于四足机器人和小型仿人机器人中	主要用于人形机器人轻负载部位，如小臂 · 腕部、灵巧手等	通常被应用于多关节机器人机座、大臂、肩部等重负载的位置
优点	传动效率高，承载力强 · 抗冲击和振动性能好，速动平稳 · 结构简单，成本相对谐波、RV低	与RV及其他精密减速器相比，谐波减速器使用的材料、体积及重量大幅度下降	负载能力强
缺点	单级精密行星减速器传动比小，多级减速的长度重量限制其使用场景 · 需要定期维护，高精度高效率等特殊要求会带来更高的制造成本	由于柔轮的反复变形 · 存在疲劳强度的问题，承载力有限	重量、体积较大

资料来源科峰智能招股说明书绿的谐波招股说明书交银国际

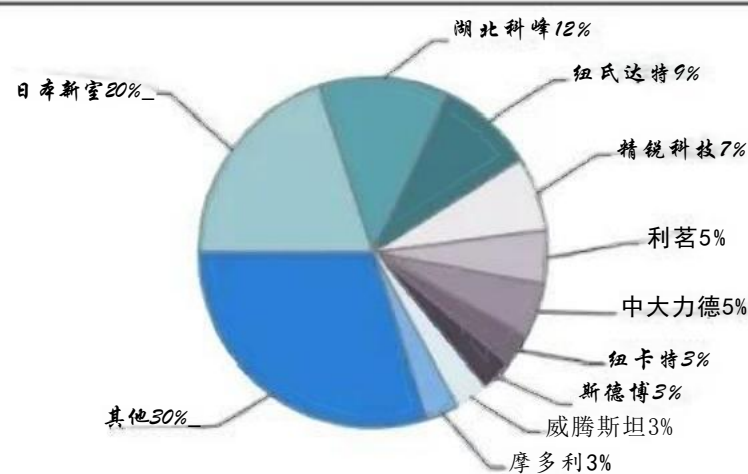
2025年4月2日  
 人形机器人行业

中国内地精密行星减速器市场集中度高，2023年我国精密行星减速器CR5占比53%，在主要的十家精密行星减速机企业中，外资企业占据70%的市场份额，其中，日本新宝的市场份额最大，占比20%；中国内地企业湖北科峰和纽氏达特市场占有率为12%和9%，排名第二和第三；位于第四和第五位的企业均为台资品牌，精锐科技和利荃，占比分别为7%和5%。中国内地RV减速器市场由日系品牌纳博特斯克占据主导地位，但国产品牌市占率快速提升。根据环动科技招股书，2020-23年，纳博特斯克在中国内地机器人RV减速器市场占有率从54.8%下滑至40.2%；住友重机市占率从6.6%下滑至3.9%。

谐波减速器市场集中度高，国产化进展顺利。全球谐波减速器市场较为集中，日本哈默纳科和日本新宝企业技术水平处于行业领先地位。中国内地谐波齿轮传动技术发展相对较晚，通过技术攻关、生产工艺的改进，研发出的产品在性能和稳定性等方面已能够达到国际先进水平，打破了国外的技术垄断，绿的谐波率先实现了谐波减速器的产业化和规模化，同时也涌现了来福、大族等优质厂商。2023年，绿的谐波、来福、同川和大族市占率合计达37%。

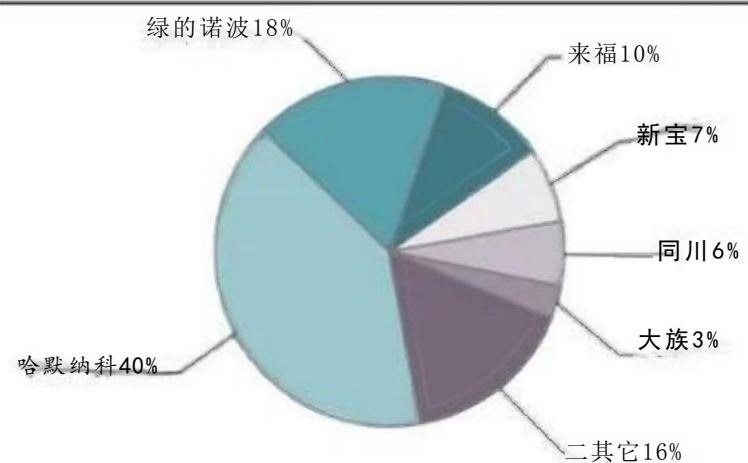
面对人形机器人对谐波减速器的需求，哈默纳科和绿的谐波纷纷扩产。2024年10月，哈默纳科计划进行约100亿日元的战略投资，开拓新兴的人形机器人市场。2025年1月1日，绿的谐波完成非公开发行募集资金14亿元用于新一代谐波减速器扩产项目，拟建设100万台/年谐波减速器产能，预计2027年两代谐波减速器产能合计159万台/年。

图 表40:2023 年中国精密行星减速器市场竞争格局



资料来源原智研咨询交银国际

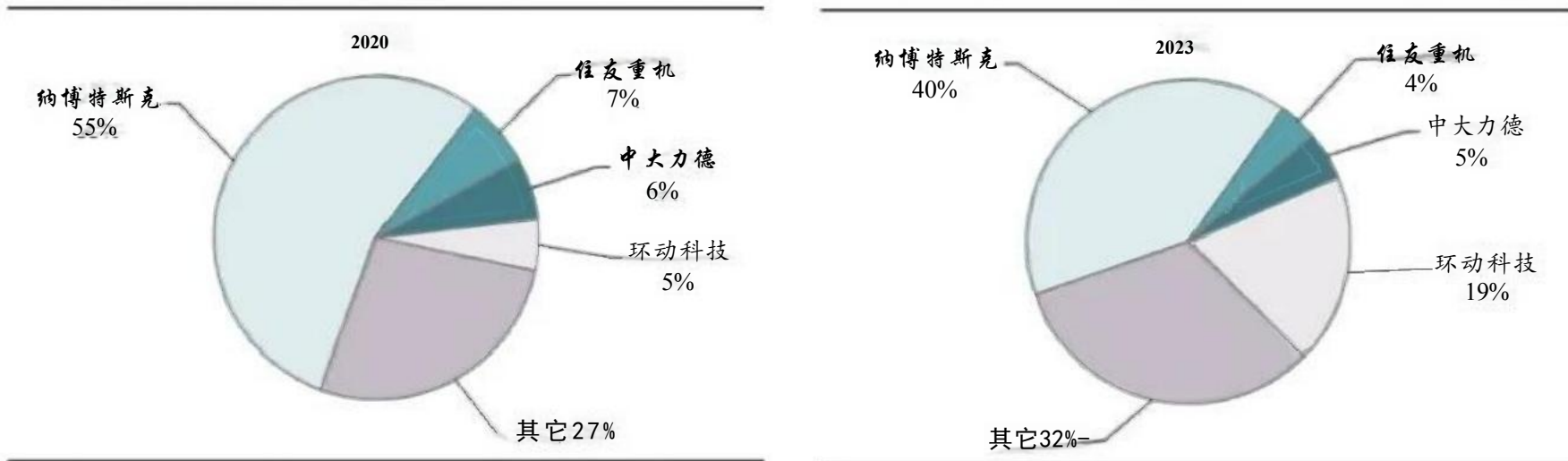
图 表41:2023 年中国内地谐波减速机市场竞争格局



资料来源原道吉魂，交银国际



图表42: 中国内地机器人RV减速器市占率变化(2020年vs 2023年): 国产品牌市占率提升明显, 纳博特斯克和住友重机市占率下滑明显



资料来源原环动科技招股书 GGI, 交银国际

图表43: 生产谐波减速器的主要厂家概况

公司名称	成立时间	公司简介	产能或营收情况
哈默纳科	1970年	1970年在日本成立, 1977年开始生产机电一体化产品, 1996年其产品销欧洲、中东、非洲、印度及南美, 2004年其股票在东京证券交易所上市	2024财年公司实现营收558亿日元, 净亏损248亿日元, 毛利率28%
日本新宝	2003年	成立于2003年, 2015年进入中国内地市场。公司专注于精密减速机、变速机的研发与生产, 技术实力雄厚, 是全球精密减速机领域的重要代表。公司专注于精密减速机、变速机的研发与生产, 技术实力雄厚。是全球精密减速机领域的重要代表	
绿的谐波	2011年	2011年在江苏苏州成立, 成立之初便投入塔波减速器的技术攻关。公司聚焦于精密传动装置及机电一体化产品的研发, 凭借P型齿”等技术创新。实现了国产替代突破, 并持续扩大产品线和市场份额	2023年营业总收入3.56亿元, 归母净利润为0.84亿元, 整体毛利率为41%, 净利率24%。公司目标2027年谐波减速器产能合计159万台/年
来福谐波	2013年	公司成立于2013年, 2016年进入谐波减速器市场, 推出了8齿形谐波减速器新品, 提升寿命30%以上, 转矩容量超过30%。2019年推出高扭矩LSG、LHG, 超短谐波LSD、LHD	2017年增波减速器实现出货量1万台/年, 2018年实现销售5万台/年。2019年实现月产2万套的生产能力, 2020年与广川耐为机器人科技有限公司签署”谐波减速器年采购3万台战略合作协议”
大族传动	2015年	成立于2015年, 是大族激光科技产业集团旗下的子公司。公司专注于精密减速器及机电一体化产品的研发生产与销售, 主要面向机器人系统和自动化装备领域, 已在中国内地市场占有一定份额(大约4-5%的市占率)	

资料来源各公司资料华经产业研究院, 交银国际

### 空心杯电机：国产化率提升空间较大

人形机器人电机是驱动机器人的各个关节进行运动的核心部件，在机器人系统中的作用包括提供所需的驱动力，以及通过控制电机转速和扭矩来实现机器人运动的精确调节。特斯拉 Optimus 机器人中有两类电机用量比较大，即无框力矩电机和空心杯电机。

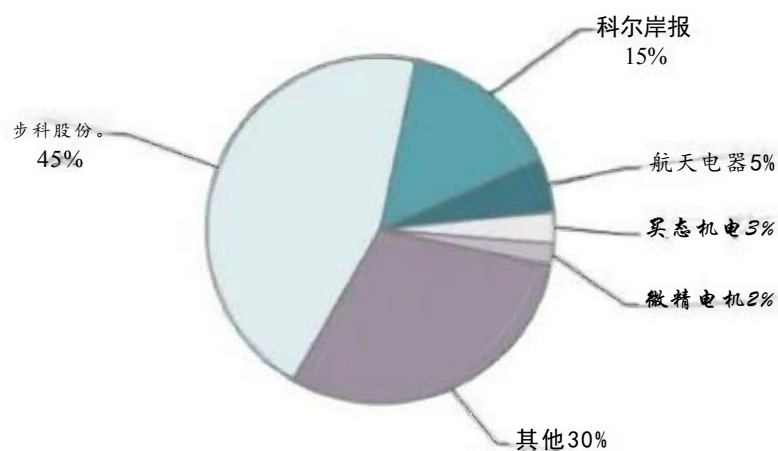
无框力矩电机头部集中度高，中低端产品国产化程度高。无框力矩电机没有固定的外框架，它的结构通常是由定子和转子组成，没有轴、轴承、外壳、反馈或端盖。转子直接承载负载，而定子则由外部驱动系统提供动力。这种电机通常在旋转关节、线性关节中使用。

无框力矩电机目前还存在较高的技术壁垒，中国内地只有少量厂商能提供品质较高的无框力矩电机。其中步科股份依靠生产技术和较低的成本占据了较大的市场，是行业最大的无框力矩电机供应商。目前除了少量高端应用场景需要使用科尔摩根等国外厂商的无框力矩电机，大部分下游场景都已经开始使用国产产品，因此国产化程度高。无框力矩电机在人形机器人上用量更多，一般单台协作机器人使用6-7个，但单台人形机器人使用20个以上。

空心杯电机市场集中度高，但仍以外资主导。空心杯电机的转子没有铁芯，采用的是绕制在空心杯状结构上的铜线。这种设计使得空心杯电机能够在较小体积下提供较高的功率密度。空心杯电机在灵巧手中使用，单只灵巧手有6个空心杯电机，大拇指使用两个空心杯电机，其余四个手指均有一个空心杯电机。

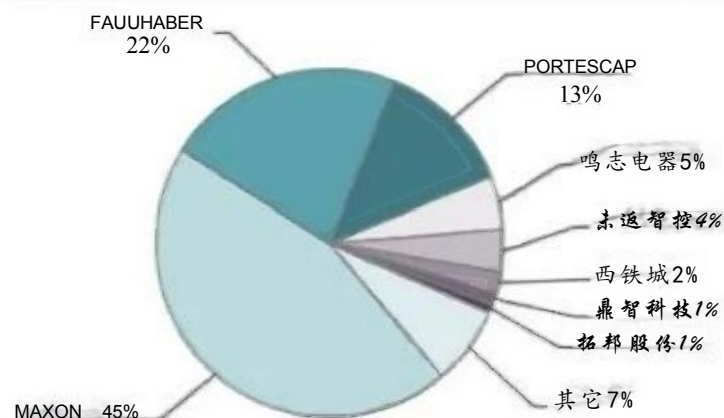
全球空心杯电机市场知名企业包括 Faulhaber、Portescap、Allied Motion Technologies、Maxon Motor 及 Nidec Copal Corporation, 这些企业在空心杯电机的设计、制造以及技术创新方面处于领先地位，高端空心杯电机直径可以做到3-5mm。中国内地企业进入空心杯行业较晚，目前参与该产品市场的企业都以小批量出货为主，量产能力有待提升。2023年Maxon、Faulhaber和Portescap占据了在中国内地空心杯电机市场79%的份额，中国内地企业中鸣志电器是空心杯龙头。2023年在中国内地空心杯电机市场份额为5%，其通过收购美国 Lin Engineering 和瑞士 Technosoft Motion AG 获得了空心杯电机的领先技术。

图表44: 2023年中国无框力矩电机市场竞争格局，国产化率高



资料来源: 迈迪咨询, 交银国际

图 表45: 2023年中国空心杯电机市场竞争格局，国产化率低



资料来源: 迈迪咨询, 交银国际

图表 46 :中国内地主要空心杯电机制造企业

公司	产品进展
鸣志电器	鸣志电器通过收购美国Lin Engineering和瑞士Technosoft Moion AG获得了空心杯电机的领先技术。已经进入宇树科技供应链。
伟创电气	适用于灵巧手10mm的空心杯电机模组正在推向市场，已经取得小批量订。
钧川科技	2024年9月，钧川科技展示了最新的产品：大扭矩ECT系列12mm、15mm、16mm电机与高转速ECS系列8mm电机。
鼎智科技	2022年将空心杯电机作为新产品线推出。最小直径达8mm, 于小批量送样和产品研发阶段。
拓邦股份	空心杯电机在已实现多家人形机器人客户的送样
兆威机电	兆威机电智能机器人上使用的无刷空心杯电机机械时间常数小于5ms, 高灵敏调节转速。可快速响应需求。
禾川科技	布局Hu-ECU系列空心杯电机产品，包括8mm、10mm、12mm, 13mm等多种规格。
雷赛智能	无刷空心杯电机已成功量产，年产能12万台

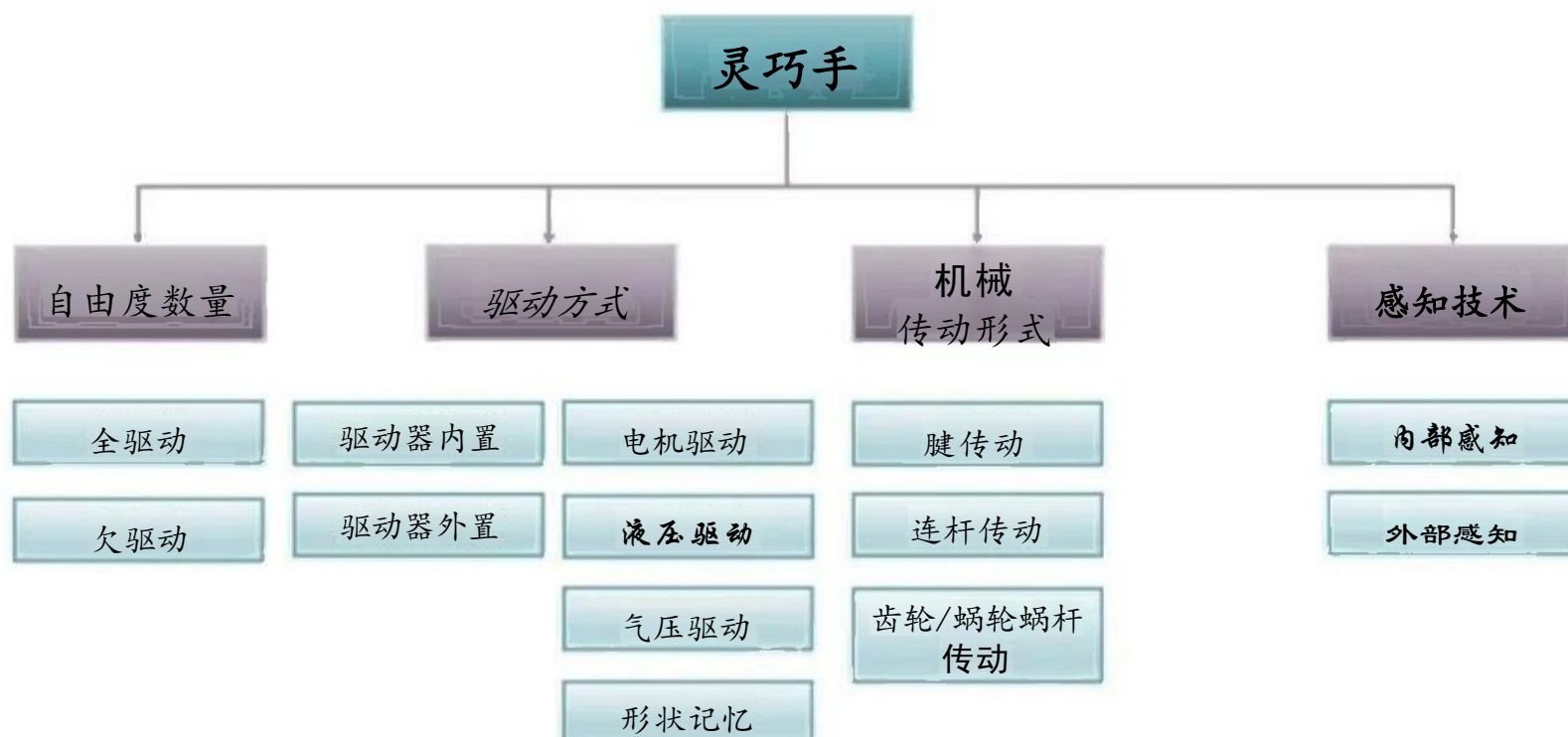
资料来源各公司资料交银国际

### 灵巧手：行业仍处于快速发展阶段，欧美技术优势明显

传统的工业机械手大多是针对特定的工作任务、特定被夹持零件而设计的，可以有效地执行简单的重复性任务，自由度少，结构简单，易于控制，但是灵活性低，没有配置传感器，无法进行精确的位置控制和力控制，通用性差。人形机器人灵巧手模仿人类手部结构和功能的高精密执行机构，它不仅要求具备多关节、高自由度和灵活运动，还集成了力、位置及触觉等多模态传感，实现对微小物体的抓握、操作和协作任务。

人形机器人灵巧手是一套高度集成的系统，其主要零部件和模块通常包括：电机、减速器、缆绳或腱带结构、传感器系统等。灵巧手种类繁多，可根据自由度数量、驱动方式、传动机构、感知技术等进行分类。

图表 47: 灵巧手分类



资料来源划伟等《凯机器人灵巧手研究综述》，小米技术公众号，交银国际

根据自由度数量，分为全驱动和欠驱动。全驱动灵巧手驱动源的数量与被控制灵巧手的自由度数量相等。每个手指关节都有驱动器，使其能够实现主动控制，在某种程度上能够像人手一样完成全部的动作指令甚至要求更高的灵巧动作。但是全驱动也意味着需要更多的驱动器，会使手掌体积变大、安装困难、操作复杂。欠驱动灵巧手被控制的自由度多于驱动源的数量，缺少驱动源的部分则进行耦合随动。欠驱动灵巧手集成度高，体积小、质量轻，但是由于功能性不足，无法胜任精度要求较高的控制。

按照驱动方式，可以分为电机驱动、气压/液压驱动、形状记忆合金驱动。对比集中驱动方式的输出力、运动精度、响应速度和体积，可看出电机驱动性能较高且体积小，是当前灵巧手主要的驱动方式。美国波士顿动力 Atlas 机器人使用液压驱动方式，其余的大部分机器人公司采用电机驱动，如特斯拉人形机器人 Optimus 更注重智能化，使用空心杯电机。

图 表48: 灵巧手驱动器类型

	原理	优点	缺点
电机驱动	利用电机的转动来驱动灵巧手的手指关节	操作简单、响应快、轻量化设计、灵活、精度高	成本高、易受外界电磁和噪音的影响、负载能力较弱
气压/液压驱动	利用气体/液体的压力变化来驱动灵巧手的手指关节	输出功率密度大 • 传动效率高、易于实现远距离控制、输出力大	气压驱动精度低、负载能力差、功率小 体积大； 液压驱动易受环境温度影响 • 设备难以小型化，维护难度较大
形状记忆合金驱动	利用形状记忆合金的形变来驱动灵巧手的手指关节	驱动速度快、负载能力强 结构简单	无法长时间工作 • 存在疲劳和寿命问题、控制精度较低 难以实现复杂操作

资料来源：原头豹研究院、交银国际

根据传动方式分类，有腱传动、连杆传动、齿轮/蜗轮蜗杆传动。连杆传动广泛用于工业、假肢领域，刚度大，易于强力抓取物体，但重量体积较大，柔性不足。绳驱传动主要用于科研领域和人形机器人领域，灵活度高、结构简单，但控制精度不足，寿命短，已有 Shadow 等灵巧手落地，也是特斯拉机器人配备的灵巧手类型；齿轮传动主要应用于工业机器人，每根手指可独立操纵，灵活性强，但结构复杂、易发生故障，成本较高。

图 表49: 灵巧手传动方式

	连杆传动	绳驱传动	齿轮传动
原理	多个连杆串并联混合的形式传递运动和力矩	利用腱绳加上滑轮或者软管实现传动	使用微型谐波减速器、带、齿轮驱动
优点	传动效率高、控制精度高、刚度好 抓取力大 易于加工	结构复杂 抗冲击能力弱、体积大、重量大 • 柔性不足	手指动作相互独立、更加灵活 • 传动效率高、减速比大 • 抓取力大
缺点	结构复杂、抗冲击能力弱、体积大 重量大、柔性不足	控制精度不高、抓取力不大 腱绳易磨损、负载能力弱	结构复杂 • 重量大 • 抗冲击能力弱 • 故障率较高、成本高
代表产品	韩国科学技术研究院KIST Hand Panipat Wattanasiri团队: 仿生灵巧手 韩国亚洲大学科学家团队: ILDA 因时机器人: RH56DFX	Shadow公司: Shadow灵巧手 特斯拉: Optimus灵巧手	德国宇航中心及哈工大: DLRHTII 北航机器人研究所: BH-985

资料来源: 头豹研究院 交银国际

按照感知技术，分为内部感知和外部感知。内部传感器主要反馈灵巧手的姿态信息，分为运动传感器和力/力矩传感器，可提供灵巧手的关节角度信息、位置信息和动态信息，对灵巧手的灵活、稳定抓取至关重要。外部传感器包括接近觉传感器和触觉传感器，主要感知目标物体的位置、受力等信息，这些信息对于提高灵巧手的操作成功率较为关键。多感知能力融合是未来灵巧手的发展方向。

灵巧手行业仍然处于快速发展阶段，技术路径尚未收敛。特斯拉第三代灵巧手相比前代有显著变化和提升，包括自由度大幅增加至22个(预计单手电机用量提升至13至17个)，驱动系统位置从内置到手臂外置以增大电机体积容忍度并可能引入无刷有齿槽电机降低成本，传动系统改进为微型丝杠复合传动系统以提高传动效率和终端负载能力，以及感知系统预计将配置更多传感器，朝电子皮肤方向发展。这些变化使得第三代灵巧手在操控精度、负载能力和感知能力等方面均有显著提升。

整体来看，欧美在高端精密领域具有优势，例如 Shadow Robot开发的Shadow Dexterous Hand具有24个自由度、先进的缆绳驱动与多模态传感，能实现非常精细的操作。中国内地的灵巧手行业起步晚，多数采用标准伺服电机和成熟的减速技术，更注重性价比。随着机器人行业的发展，中国内地涌现了一大批灵巧手研发企业或研究机构参与者，主要包括因时科技灵巧手、思灵灵巧手、腾讯灵巧手等。

图表 50：灵巧手公司梳理

公司/产品	传动方式	自由度 (DOF)	传感方式	执行器数量 (个)
Optimus Gen3	腱绳	22	霍尔传感器、触觉传感器	17-20
Shadow Hand	腱绳	24	129个传感器(位置传感器，温度传感器，力反馈传感器，肌腱张力指尖触觉传感器等)	20
Schunk Hand	齿轮/连杆	20		9
SoftHand Pro	腱绳	19		1
Pisa/IIT SoftHand	腱绳	19		
<b>DLR Hand</b>			40个模拟传感器+45个数字传感器	15
<b>QBhand</b>	腱绳	19		
因时科技灵巧手	齿轮/连杆	12	基本位置传感器	6
思灵灵巧手	齿轮/连杆	15	位置与触觉传感器	6
腾讯TRXHand				8
小鹏灵巧手PX5		11		
智元机器人灵巧手		19		12
傲意灵巧手		6		6
星动纪元灵巧手		12		
青龙炙巧手		19		12
钛虎灵巧手				6

资料来源：各公司资料、交银国际、高亮邱是中国内地公司

## 受益于AI大模型，机器人“大脑”快速进步

智能化层面，机器人可以分为“大脑”和“小脑”。“大脑”通过接收来自传感器等外部设备的数据，对这些数据进行分析处理，进而指导机器人的行为。例如，在复杂环境中，“大脑”可以识别障碍物、规划路径、做出决策等，以实现机器人的自主导航和避障。“小脑”则模仿生物进行运动控制和平衡调节。包括对关节、伺服电机、减速器的协调控制，以及平衡、步态规划反射式安全保护等功能。

### 大脑受益于AI大模型发展迅速

受益于AI大模型的发展，部分公司开始将大模型、深度学习、强化学习等先进AI技术应用到机器人决策层，追求更自然的人机交互和更灵活的任务适应能力，机器人智能化程度有望提升。但真正具有“通用”认知和高度自主性的机器人脑仍在研发或概念验证阶段，离大规模商用还有一定距离。研究者们提出了多种大模型技术路线，以提升机器人的感知、理解和执行能力。目前机器人脑大模型主要有四条技术路线：

e LLM(大语言模型)+VFM(视觉基础模型)分层大模型。该路线将大语言模型(LLM)与视觉基础模型(VFM)相结合，形成分层结构。LLM负责处理语言理解和生成任务，而VFM则处理视觉感知任务。这种分层结构使机器人能够在不同层次上处理复杂的多模态信息。目前最为成熟。

VLM(视觉语言模型)：视觉语言模型(VLM)旨在同时处理视觉和语言信息。通过联合训练，VLM能够理解图像和文本之间的关系，实现视觉问答、图像描述等任务。在机器人领域，VLM使机器人能够理解和生成与视觉相关的语言信息，提升其多模态交互能力。

VLA(视觉-语言-动作)端到端大模型。视觉-语言-动作(VLA)模型将视觉、语言和动作三种模态融合，形成端到端的模型。该模型能够从视觉输入和语言指令中直接生成动作指令，实现复杂任务的自主执行。例如，Google DeepMind的Robotic Transformer 2(RT-2)就是典型的VLA模型。

多模态大模型：多模态大模型旨在处理多种模态的数据，如文本、图像、音频等。通过联合训练，这些模型能够在不同模态之间进行信息融合，实现更复杂的任务。在机器人领域，多模态大模型使机器人能够综合处理来自不同传感器的数据，提升其感知和决策能力，是目前主要研究方向。

图表51: 大模型路线，多模态大模型是未来的主要研究方向



资料来源36克交银国际

国内外典型的具身智能大模型有谷歌RT-X、Figure AI的HELIX、英伟达GROOT、斯坦福李飞飞团队的VoxPoser以及Meta和CMU（卡内基梅隆大学）联合打造的RoboAgent等。中国内地典型的具身智能大模型有华为盘古大模型、阿里云大模型等。此外，中国内地也涌现了一批初创企业专注于大模型和机器人大脑。

### “小脑”智能亟待突破

机器人小脑的研究在功能模拟、神经网络应用和硬件实现方面取得了重要进展，但复杂性、实时性、数据需求和泛化能力等挑战依然存在。通过简化模型、硬件加速、数据增强和迁移学习等方法，研究者们正在逐步克服这些困难。主流模型如CMAC、SNN、Reservoir Computing和Deep Cerebellar Models为该领域提供了多样化的技术路径，未来有望进一步提升机器人的运动控制和适应能力。

图表 5 2：全球主要机器人大模型

模型名称	发布机构	发布时间	模型特点	应用场景
RT-1	谷歌 (DeepMind)	2022年12月	视觉语言动作 (VLA) 模型，结合EfficientNet和Transformer架构，实时控制能力强	机械臂操作、家庭服务机器人
RT-2	谷歌 (DeepMind)	2023年7月	基于PaLM-E和PaLI-X视觉语言模型，动作指令与语言统一 泛化能力强	机器人动作执行、复杂任务处理
RT-X	谷歌 (DeepMind)	2023年10月	结合RT-1-X和RT-2-X, 涌现能力强，动作指令更灵活	多场景通用，如仓库搬运、家庭护理
Eureka	英伟达	2023年10月	基于GPT-4, 支持零样本生成和强化学习优化	复杂动作指令生成 • 机器人训练效率提升
GROOT	英伟达	2024年3月	多模态指令理解，支持模仿学习和强化学习	机器人运动控制、导航、灵巧操作
Vima	英伟达及斯坦福李飞飞团队	2022年10月	基于T5模型，多模态输入融合，自回归动作序列输出	机器人操作任务、零样本任务处理
VoxPoser	斯坦福李飞飞团队	2023年7月	生成3D价值地图，支持零样本操作任务合成	运动规划 日常操作任务
RoboAgent	Meta及CMU	2023年8月	多任务动作分块Transformer架构，语义增强 • 泛化能力强	多任务机器人应用 • 如烘焙 • 清洁等

资料来源各公司资料交银国际



图 表53: 初创企业机器人 大模型

公司	成立时间	模型/产品名称	模型/产品描述	融资情况
有鹿机器人 (杭州)	2023年2月	LPLM	LPLM模型, 专注于右脑的空间和控制能力的训练, 并集成了千问大模型作为左脑, 推出了完整的具身智能大脑	天使轮融资: 2024年5月, 有鹿机器人完成超1亿元的天使轮融资 • 投资方为BV百度风投、创新工场、元璟资本联合投资
若愚科技 (深圳)	2023年4月	九天大模型 多模态大模型	九天大模型—多模态大模型, 总参数规模达130亿 • 训练数据超1500B tokens, 能完成多任务、多轮对话 • 中英翻译、思维链、工具使用等多种类型的指令数据, 在逻辑推理 • 关系推理 • 感知能力上都能呈现出较好的效果	早期融资: 2023年8月, 若愚科技完成3000万元的融资。 天使轮融资: 2024年3月, 若愚科技完成超过5000万元的天使轮融资 • 投资方由东方精工领投, 昆仲资本跟投, 源合资本担任独家融资顾问
千诀科技 (北京)	2023年6月	千诀机器人 大模型	中国内地首个应用级机器人全栈大模型 • 解决机器人的环境感知(丘脑) • 推理决策(大脑) 运动控制(小脑)的端到端解决方案	天使轮融资: 2024年11月, 千诀科技完成了数千万元的天使轮融资
穹彻智能 (上海)	2023年11月	Noematrix Brain	Noematrix Brain集成了实体世界大模型和机器人行为大模型。	天使轮融资: 2024年3月, 穹彻智能完成约5000万元天使轮融资; Pre-A轮融资: 2024年9月, 穹彻智能完成数亿元Pre-A轮融资
X square (深圳)	2023年12月	Great Wall系列 (GW)的WALL-A模型	基于该大模型, 双臂机器人可做到用极少的样本, 完成各种物理环境变量、动作模式的泛化和迁移, 并利用低成本硬件即可实现对不规则物体的精细操作(如抓握 • 拾取、切割等) • 以及折叠衣服、冲泡饮料等复杂任务, 展现出相当程度的泛化性能	天使轮融资: 2024年1月, 自变量完成数千万元的天使轮融资, 投资方为联想之星 • 天使+轮融资: 2024年3月, 自变量完成数千万元的天使+轮融资, 投资方为九合创投 • Pre-A轮: 2024年8月, 自变量完成数Pre-A轮融资, 触资金额未透落 • 投资方为德联资本 • 基石资本和水木清华校友基金 Pre-A+轮融资: 2024年11月, 自变量完成亿元级Pre-A+轮融资 • 投资方包括敞赋资本 南山战新投、九合创投
千寻智能 (杭州)	2024年1月	ViLa(Vision-and-Language Models)	千寻智能的核心壁垒之一: 构建高泛化 • 高通用机器人 大脑 大脑使用视觉语言模型VLa(Vision-and-Language Models)+部件约束模型CoPa(Constraints of Parts)模型, 作为机器人底层的多模态大模型	种子轮+天使轮融资: 2024年8月, 千寻智能完成近2亿元的种子轮+天使轮融资 • 天使+轮融资: 2024年11月 • 千寻智能完成天使+轮融资, 投资方为柏容资本。
PI(Physical Intelligence) (美国)	2024年10月	$\pi 0$	通用机器人模型, 支持多种家务任务, 低级电机指令输出	2024年11月融资4亿美元, 融资后估值为24亿美元
Skild AI (美国)	2023年5月	Skild Brain	强化泛化能力和涌现能力, 支持复杂任务处理	2024年7月以15亿美元的估值完成了3亿美元的融资
Covenant (美国)	2024年3月	RFM-1	多模态任意序列模型, 支持语言引导的机器人编程	2023年4月完成了7500万美元的C轮融资, 总融资达到222亿美元, 该轮融资结束后Covariant的估值达到了625亿美元

资料来源: 原公司资料, 交银国际

## 附录

图表54:人形机器人产业链

传感器		执行器		本体制造	
视觉传感器	激光雷达	无框力矩电机	灵巧手	Tesla	开普勒
速腾聚创	禾赛科技	步科股份	特斯拉	1X	优必选
奥普特	大疆	科尔摩根	Shadow	Figure AI	字树
奥比中光-UW	速腾聚创	吴志机电	Schunk	Agility Robotics	小米
凌云光		航天电器	因时科技	Appttronik	智元
	力传感器	雷赛智能	思灵	波士顿动力	小鹏
	汉威科技	卧龙电驱	腾讯		
触觉传感器	安培龙	伟创电气	小鹏	大脑/小脑	
汉威科技	东华测试	谐波减速器	优必选	以互联网企业为代表	初创企业
奥迪威	柯力传成		智元	Tesla	有鹿机器人
申昊科技	敏芯股份	绿的谐波	追觅科技	谷歌	若愚科技
福莱新材	芯动联科	中大力德	做意科技	英伟达	千诀科技
	昊志机电	瑞迪智驱	星动纪元	Figure AI	穹彻智能
电池		丰立智能	空心杯电机/ 无刷有四槽电机	斯坦福大学李飞飞团队	Xsquare
宁德时代		行星减速器		Meta与卡内基梅隆大学	千寻智能
亿纬锂能		中大力德	鸣志电器	CMU) 联合开发	
中创新航		豪能股份	兆威机电	字节跳动/百度/阿里	
国轩高科		蓝黛科技	步科股份	华为	
欣旺达		富临精工	拓邦股份		
珠海冠宇		国贸股份	江苏雷利		
德赛电池		丝杆	雷赛智能		
		恒立液压	绳腱		
		贝斯特	大业股份		
		北特科技	南山智尚		
		双林股份			
		震裕科技	齿轮微型丝杆		
		长盛轴承	恒立液压		
		轴承	鸣志电器		
		长盛轴承	兆威机电		
			浙江荣春		
		关节模组	灵巧手		

资料来源:交银国际

图表55: 主流人形机器人核心供应商

产业链	宇树	特斯拉	华为	众擎	智元	优必选
传感系统	视觉	奥比中光				
	激光雷达	速腾聚创				
	触觉传感	汉威科技				
	皮肤	金发科技				
	力/力矩传感器	柯力传感 东华测试			柯力传感	
	其它					
控制系统	通信	帝奥微				
	芯片					瑞芯微
	大脑	科大讯飞			软通幼力	
	小脑					
执行系统	执行总成/关节总成	江苏雷利	三花智控 拓朴集团		中鼎股份	
	电机	鸣志电器	鸣志电器 兆威机电		汉字集团	
	减速器	中大力德 绿的谐波	南方精工 绿的谐波		同川科技	
	丝杠	北特科技	五洲新卷 金沃股份 鼎智科技			
	轴承	长盛轴承				
能源系统	电池	擘装锂芯			科达利	
其它			拓斯达 禾川科技 中竖科技 埃夫特	装思科技	富临精工 均普智能	世运电路(PCB) 祥鑫科技(金属结构件) 天奇股份 珠城科技(逆接器)

资料来源交银国际