

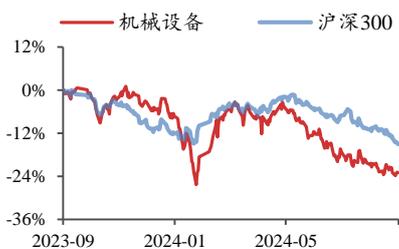
机械设备

2024年09月13日

投资评级：看好（维持）

——行业深度报告

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《两船合并：船舶巨无霸即将诞生，央企重组预期或被点燃—行业周报》-2024.9.8

《半导体设备行业 2024 中报总结：营收高增、利润表现分化，高端设备国产化高歌猛进—行业周报》-2024.9.1

《智元发布 5 款商用人形机器人，产业加速—行业周报》-2024.8.18

2024 世界机器人大会总结：人形机器人快速迭代，商业化序幕拉开

孟鹏飞（分析师）

熊亚威（分析师）

mengpengfei@kysec.cn

xiongyawei@kysec.cn

证书编号：S0790522060001

证书编号：S0790522080004

● **人形机器人已迈过样机迭代阶段，运控能力显著上升，商业序幕拉开，量产降本可期**

本次大会展示人形机器人已迈过样机阶段，逐步探索工厂、零售、家庭等应用场景。**技术进展方面**，本次大会现场展示运动能力的人形机器人数量同增约3倍，且完成复杂运动的能力明显提升，但仍有待训练数据的积累推动泛化能力进一步成熟。**商业化方面**，特斯拉、优必选等领先厂商已启动汽车工厂实训，零售服务场景试点亦已提上日程。仅考虑智元等四家给出相对明确量产规划的国内厂商，2025年本体出货量便有望达2000台。**入局企业方面**，我们大致分成明星创业企业、大厂类、工业机器人企业三大类。其中大厂类资源投入不一，平台类如华为、英伟达以模型平台支撑为主，互联网类如字节跳动则在算法领域具备优势；工业机器人企业掌握成熟运控技术，可将其迁移至人形机器人领域。**我们认为明星创业企业凭借技术积淀、灵活机制及现成供应链，能够率先量产；大厂有望凭借成熟的供应链管理、对应用场景的把控，实现后来居上。**

● **人形机器人量产关键为高性能低成本零部件，关注减速器、丝杠、灵巧手、传感器、电机、动作捕捉**

我们参考本次大会调研结果，梳理上述零部件变化情况如下：(1) 减速器用量超预期。(2) 丝杠仍为重负载首选，随着工艺成熟和价格下降，国内采用行星滚柱丝杠的厂商有望增加。(3) 灵巧手或为竞争格局最好的零部件。(4) 传感器随功能升级类型逐步增多，其中编码器、扭矩传感器、视觉传感器基本为标配，而六维力矩传感器与触觉传感器目前多为选配项。(5) 电机多采用自研设计，量产后或将以外采购为主。(6) 动作捕捉为人形机器人走向“落地应用”的关键助力部件，客户粘性使先发厂家卡位优势突出。

投资建议

我们认为，随着人形机器人的销量扩大，其关键零部件产业将成为核心受益方，具体包括：

- (1) 减速器：推荐标的：中大力德，受益标的：绿的谐波。
- (2) 丝杠：推荐标的：五洲新春，受益标的：北特科技。
- (3) 灵巧手：受益标的：兆威机电、鸣志电器。
- (4) 传感器：推荐标的：东华测试、康斯特，受益标的：柯力传感、安培龙。
- (5) 电机：推荐标的：雷赛智能，受益标的：步科股份、禾川科技、伟创电气、金力永磁。
- (6) 动作捕捉。

● **风险提示**：宏观经济波动风险、人形机器人产业发展进程不及预期、国产厂商导入机器人供应链进度不及预期。

目 录

1、人形机器人走向大会中央，政策扶持下产业发展有望加速.....	4
2、人形机器人产品迭代加快，商业序幕拉开，量产降本可期.....	5
2.1、已迈过样机阶段，逐步探索工厂、零售、家庭等应用场景.....	5
2.2、人形机器人以轮式过渡，运控能力显著提升，大模型逐步赋能.....	6
2.3、入局企业逐步增多，禀赋结构多元，跨界大厂有望后来居上.....	9
2.4、商业化序幕拉开，国内供应链助力量产降本.....	12
3、人形机器人实现关键：高性能低成本零部件.....	13
3.1、传动方案减速器用量超预期，行星滚柱丝杠仍为重负载首选.....	13
3.2、灵巧手：价值量高，格局好的人形机器人硬件环节.....	15
3.3、传感器：随功能升级类型逐步增多，与其他硬件融合是趋势.....	18
3.4、电机：本体厂商多采用自研设计，规模量产后或寻求外采或代工.....	23
3.5、动作捕捉：人形机器人走向“落地应用”的关键助力部件.....	25
4、投资建议.....	26
5、风险提示.....	27

图表目录

图 1：李强总理参观调研 2024 世界机器人博览会.....	5
图 2：Walker S 系列检测轮胎并实时上传检测结果.....	5
图 3：优必选科技展示“人形机器人工业场景解决方案”.....	5
图 4：银河通用 GALBOT 机器人为客户拿取商品.....	6
图 5：优理奇的 Wanda 展示叠衣服.....	6
图 6：轮式机器人亮相 2024 年人形机器人大会.....	7
图 7：轮式机器人移动部分由底盘、轮子、驱动系统等组件构成.....	7
图 8：“天工”机器人展示在跑步机上奔跑的能力.....	8
图 9：宇数科技人形机器人具备单脚跳能力.....	8
图 10：Atribot S1 展示打咏春拳的能力.....	8
图 11：讯飞人形机器人身高与成年男性相近.....	9
图 12：盖博特执行摆放货物任务.....	9
图 13：人形机器人硬件设计与汽车零部件有共通之处.....	11
图 14：人形机器人模型提升依赖于数据集、算力设备等.....	11
图 15：减速器+连杆仍为国内厂商主流传动方案.....	14
图 16：智元、开普勒等厂家使用行星滚柱丝杠方案支持重负载场景.....	15
图 17：智元机器人发布新一代灵巧手，灵活性、感知丰富度均明显提升.....	16
图 18：傲意科技和因时机器人采用连杆机构，零部件包含空心杯电机、微型齿轮箱、微型丝杠等.....	17
图 19：兆威机电申请灵巧手整体设计专利.....	18
图 20：兆威机电申请灵巧手控制系统专利.....	18
图 21：帕西尼 Tora-One 完成精密工件装配.....	19
图 22：帕西尼第二代专业级多维触觉传感器 PX-6AX GEN 2.....	19
图 23：他山科技在本次大会首次发布新品“TS-F+多模态触觉传感器”.....	20
图 24：智元 A2W 双臂内置六维力传感器，定位于柔性制造场景.....	20
图 25：MEMS 硅基应变片高性能力矩传感器可实现量产降本.....	21
图 26：星动纪元 W1 搭载触觉传感器识别物体形状、位置、尺寸.....	22

图 27: 威迈尔类人形机器人 VersaBot 集成 3D 视觉导航、3D 视觉避障、3D 视觉抓取等功能	22
图 28: 无框电机集成在机器人关节中, 结构紧凑、定制需求强	23
图 29: 国内无框电机市场可大致分为三个梯队	24
图 30: 无框电机技术壁垒主要在于绕线设备、转子	25
图 31: 采用诺依腾动作捕捉系统训练智元机器人	25
表 1: 作为政府支持产业的重要载体, 创新中心积极入局, 于大会上展出人形机器人本体	4
表 2: 轮式机器人在平衡控制等具有优势	7
表 3: 2024 年世界人形机器人大会本体参展企业 27 家, 达历届最多	9
表 4: 人形机器人尚处于“百家争鸣”阶段	11
表 5: 各厂商批量生产规划进度不一, 汽车工厂、科研、零售服务场景已有明确规划	12
表 6: 传动方案仍以减速器为主, 部分厂商在腿部采用了行星滚柱丝杠	13
表 7: 行星减速器刚性强, 负载能力较高	14
表 8: 行星滚柱丝杠成为重负载场景首选	15
表 9: 主流传动元件包括连杆、齿轮、线绳等, 单一元件方案较难满足需求	16
表 10: 部分展出的人形机器人搭载的传感器	18
表 11: 根据宇树科技 G1 传感器价值量拆解, 编码器、触觉传感器整体价值量较高	19
表 12: 视觉传感器的类型多样, 包括摄像头、激光雷达等	22
表 13: 国内主要本体厂商自研关节电机	23
表 14: 基于真实本体生产的数据质量高, 但成本相对高昂	25
表 15: 2024 年世界机器人大会参展商涉及领域广	26
表 16: 受益标的估值信息表	27

1、人形机器人走向大会中央，政策扶持下产业发展有望加速

世界机器人大会为机器人领域规格最高、规模最大的国际化、专业化、大众化平台，是政策制定、技术前沿、产业动态、应用范式的全球风向标。2024 年世界机器人大会得到来自欧洲、美国、德国、韩国、日本等国家的 26 个国际机构支持，170 余家企业携 600 多款产品参展。大会论坛线下听众达到 160 万人，博览会参观人数近 25 万人，短视频平台话题播放量达到 2.9 亿次。

对比往届，本届大会人形机器人产业地位突出。从人形机器人本体数看，本届大会共展出 27 款人形机器人本体，为历届之最；从参展商结构看，本届大会人形机器人及核心零部件展位占据场馆的“半壁江山”。

创新中心积极入局，多维度支持产业发展。与往届商业企业、高校为主的参展商结构不同，本届大会本体参展商新增来自北京、上海、浙江、四川四地的人形机器人创新中心。整体来看，创新中心接收政府的资金、硬件设备支持，汇聚产学研各界力量，通过推出通用人形机器人本体、打造开源技术网站等方式，推动产业发展。除参展的四地外，广东、江苏、安徽等地也已有创新中心落地，人形机器人创新中心的设立风潮有望逐步扩散。

见微知著：创新中心本体彰显政府扶持力度。“天工 1.2 MAX”为北京人形机器人创新中心推出的第二代通用本体，其具备在多种复杂地面的通过能力和奔跑能力，现场展示的多应用场景泛化能力较上一代提升。本体的优异性能及迭代速度源于创新中心的研发投入，究其根本，为政府扶持力度的产业表现之一。

表1：作为政府支持产业的重要载体，创新中心积极入局，于大会上展出人形机器人本体

创新中心	所在地	设立时间	发起方	发展情况
北京人形机器人创新中心	北京	2023.11	小米机器人、优必选科技、京城机电、亦庄机器人	重点攻关通用人形机器人本体、大模型等五大方向，已组建乔红院士领衔的专家委员会，规划组建超 400 人研发团队，与头部企业成立超 20 家联合实验室。北京市提供 1000+P 算力，机器人实验平台 200+台等硬件支持。展会上推出的第二代通用人形机器人母平台“天工 1.2 MAX”具备在多种复杂地面的通过能力和奔跑能力，多应用场景的泛化能力较上一代提升。
国家地方共建人形机器人创新中心	上海	2024.6	工信部、上海市政府	推出首个开源人形机器人“青龙”，全身 43 个主动自由度。后续每年将开源迭代后的公版机。搭建数据训练场、开源网站 OpenLoong。
浙江人形机器人创新中心	宁波	2023.12	宁波政府、浙江大学智能系统与控制研究所熊蓉教授团队	与中电科、中控技术等 9 家单位签署产业战略合作，推出新一代人形机器人“领航者 2 号 NAVIAI”。
四川省人形机器人创新联合体	绵阳	2024.4	中国兵器装备集团自动化研究所有限公司	与长虹、电子科大等企业、高校院所合作，已推出人形机器人“D11”并开启产线实训。大会现场“D11”展示了与观众进行完整交互对话、根据观众要求抓取娃娃的能力。

资料来源：各政府官网、高工移动机器人公众号、雷克智能公众号、机器人技术与应用公众号、中国机器人网等、开源证券研究所

李强总理参观调研，要求推动机器人发展，强化应用验证。8 月 25 日，中共中央政治局常委、国务院总理李强参观调研 2024 世界机器人博览会，到访 ABB、库卡、新松、宇树科技等企业和机构的机器人展台。李强总理强调，要深入贯彻落实习近平总书记关于机器人产业的重要指示精神，深刻把握机器人发展未来趋势和重大机遇，大力推动机器人科技创新和产业发展，强化应用验证。

我们认为，近年来国家与地方层面对于机器人产业以及细分人形机器人产业出台指导政策较多，北京、上海、深圳、成都等多地均出台相关地方政策。此次李强总理参观调研世界机器人博览会，进一步彰显国家层面对人形机器人发展的高度重视，政策催化下国内人形机器人发展有望加速。

图1：李强总理参观调研 2024 世界机器人博览会



资料来源：政知见公众号

2、人形机器人产品迭代加快，商业序幕拉开，量产降本可期

2.1、已迈过样机阶段，逐步探索工厂、零售、家庭等应用场景

人形机器人适合汽车工厂应用，且已初步具备相应能力。工业生产环境相对封闭，高度分工下单项任务对泛化能力要求相对低，适合推动机器替人。以汽车总装线为例，由于车的结构是按照人体活动特点设计，普通的工业机器人难以替代人类完成内饰安装、玻璃窗打胶等任务，人形机器人需求迫切。本次大会中，优必选科技展示了“人形机器人工业场景解决方案”，包括智能质检、智能分拣、智能搬运，涉及稳定行走、自主导航避障、协同合作等能力。

图2：Walker S 系列检测轮胎并实时上传检测结果



资料来源：优必选科技视频号

图3：优必选科技展示“人形机器人工业场景解决方案”



资料来源：优必选科技视频号

人形机器人已具备基础交互、识别抓取等能力，零售等服务场景逐步打开。零售等服务场景要求人形机器人具备理解客户需求并做出对应动作的能力。本次大会中，针对商品零售场景，银河通用搭建药店、便利店两个实景，GALBOT 机器人已能根据客户需求拿取对应商品，完成交付。

图4：银河通用 GALBOT 机器人为客户拿取商品


资料来源：亿邦动力公众号

家庭场景综合难度高，技术积淀有望逐步突破。家庭场景下，人形机器人面对的工作环境、任务需求丰富多变，且需与人高频多元地互动，这对人形机器人的泛化能力、安全可控性提出较高要求。本次大会中，优理奇的 Wanda 展示了自主完成洗衣服、做汉堡、叠衣服、餐后清洁碗盘等任务的能力。我们认为随训练数据的积累，具身智能的 Scaling Law 有望推动人形机器人模型产生质变，进而实现家庭场景落地应用。

图5：优理奇的 Wanda 展示叠衣服

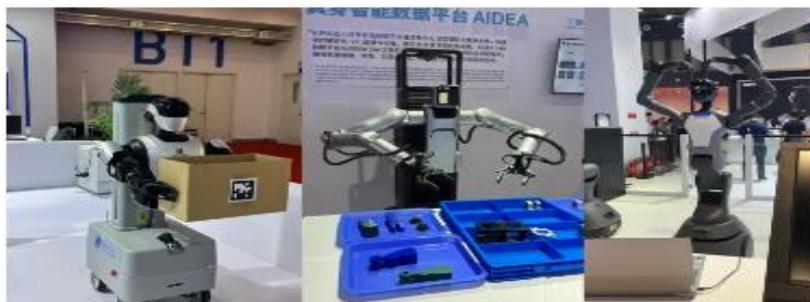

资料来源：极客公园公众号

2.2、人形机器人以轮式过渡，运控能力显著提升，大模型逐步赋能

(1) 形态：“轮式底盘+双臂”设计方案出台增多

形态上：轮式与双足并存，“轮式底盘+双臂”设计方案出台多。2024 年世界机器人大会上，智元、乐聚、星动纪元、银河通用、帕西尼感知、星海图、星尘智能、UniX AI（优理奇）等厂家纷纷推出“轮式底盘+双臂”的折中设计方案，“轮式底盘+双臂”方案解决人形机器人稳定性问题，在续航方面也有优势。

图6：轮式机器人亮相 2024 年人形机器人大会



资料来源：AI 前哨站公众号

表2：轮式机器人在平衡控制等具有优势

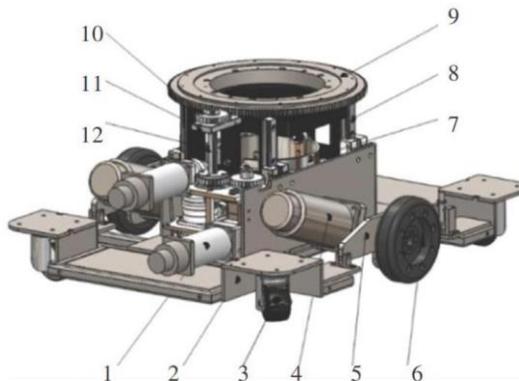
项目	双足结构	轮式结构
平衡控制	在行走过程中需要不断地进行平衡控制，以保持身体的稳定。这需要高精度精确的传感器、复杂的算法和强大的计算能力来实时调整姿态。	有一个稳定的移动平台，不需要进行复杂的平衡控制。
步态规划	需要复杂的步态规划算法来规划每一步的行走路径和姿态。	不需要进行步态规划，只需要控制轮子的转速和方向即可实现移动。
动态稳定性	在行走过程中需要保持动态稳定性，即在不断移动和调整姿态的过程中保持平衡。	通过稳定的移动平台来保持稳定性，不需要进行复杂的动态稳定性控制。
机械结构复杂性	机械结构相对复杂，包括传感器、驱动器等多个部件。	机械结构相对简单，主要由轮子、驱动电机和底盘组成

资料来源：亿欧网公众号、能创科技 AIOT 公众号、开源证券研究所

我们认为相较双足结构，轮式结构设计门槛较低，这使得进入人形机器人领域的门槛降低，轮式结构属于一种过渡形态，轮式机器人的发展从侧面反映目前需求已经细分，市场处于活跃状态。

轮式机器人移动部分由底盘、轮子、驱动系统、控制系统、电源系统和附加部件等多个部分组成，具体结构可参考 AGV/AMR 小车，主要零部件为电机、减速器和转向装置。

图7：轮式机器人移动部分由底盘、轮子、驱动系统等组件构成



1-回转电机；2-车架；3-万向轮(4个)；4-驱动电机；5-单臂板；6-驱动轮；7-中空丝杠；8-直线导轨；9-回转部件；10-回转小齿轮；11-齿轮支撑件；12-滚珠花键

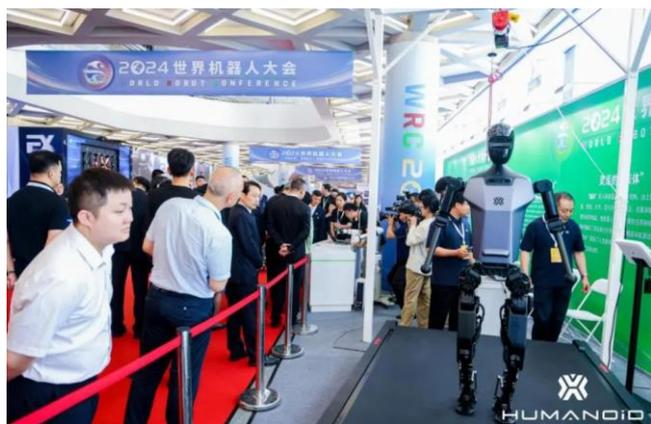
资料来源：《仓储 AGV 顶升结构设计与分析》曹冲振等

(2) 运动控制：行走及复杂运动演示显示整体运动控制成熟度提升明显

现场表现显示人形机器人运控能力显著提升。从数量维度看，本届世界机器人大会现场展示运动能力的人形机器人数量同比增长3倍左右。

下肢运控方面，“天工”机器人展示了在跑步机上奔跑的能力，该动作要求在进行高自由度运动的同时保持身体平衡；宇树科技的人形机器人具备单脚跳能力；星动纪元等公司的人形机器人开启绕场行走测试。综上，我们可以看出国内人形机器人本体行走稳定性普遍提升，多家厂商已由小碎步步态向人类迈步形态突破。

图8：“天工”机器人展示在跑步机上奔跑的能力



资料来源：机器人大讲堂公众号

图9：宇树科技人形机器人具备单脚跳能力



资料来源：极客公园公众号

上肢运控方面，星尘智能利用包含“力”维度的数据训练 Astribot S1，使其具备“丝滑”地完成写毛笔字、敲扬琴、打咏春拳等任务的能力。

图10：Astribot S1 展示打咏春拳的能力



资料来源：极客公园视频号

从上述运控能力的表现，我们可以看出基于电机、减速器等硬件系统已相对成熟，运控算法提升明显。

(3) 大模型：多模态大模型初步赋能，泛化能力仍需提升

多模态大模型打开泛化能力提升空间。早期机器人以数学模型求解方程的方式完成任务，没有自主运动控制能力，只能在固定环境完成单一任务。多模态大模型的引入增强人机交互能力，使机器人具备理解人类意图、认知复杂外部环境的能力。

多模态大模型趋势已现，智能化提升初见成效。本次大会发布的《人形机器人十大趋势展望》涵盖多模态大模型。在实际展会中，我们观察到人形机器人部署多模态大模型趋势已现。通过引入大模型，EX 机器人、科大讯飞等厂商的人形机器人完成复杂任务的成功率显著提升；“领航者 2 号 NAVIAI”能够倾听顾客需求，从货架上准确地拿出饮料放在柜台上。

我们以银河通用机器人盖博特为例，其在会场搭建的工作场景中搬运物品、摆放货物时，任务的完成仍会受外界人为因素干扰，具身智能大模型仍有待训练数据的积累推动泛化能力进一步提升。

因此，我们认为，国产人形机器人厂商现阶段预计以特定场景的小模型开发为切入点，通用大模型方面与大厂合作、协同发展在未来有望成为主流形式。

图11: 讯飞人形机器人身高与成年男性相近



资料来源：中国机械杂志公众号

图12: 盖博特执行摆放货物任务



资料来源：钛媒体公众号

2.3、入局企业逐步增多，禀赋结构多元，跨界大厂有望后来居上

2024 年世界人形机器人大会人形机器人本体参展企业达到 27 家，参展数量为历届最多，其中禾川科技、云深处等均为首次推出本体的企业，我们梳理其中具有代表性的人形机器人本体企业及展出产品，如下表所示：

表3: 2024 年世界人形机器人大会本体参展企业 27 家，达历届最多

公司	机器人产品	是否新品	简介
禾川科技	游龙 01	是	该机器人系与浙江工业大学合作研发，禾川科技提供核心部件，浙江工业大学提供软件算法。机器人身体部件 90% 为禾川科技自制，包括行星滚柱丝杠、空心杯电机、无框力矩电机、驱控单元、灵巧手，六维力矩传感器和减速器为外采。
智元机器人	远征 A2、远征 A2W	是	产品涵盖了轮式与足式两种形态，应用场景可覆盖交互服务、柔性智造、特种作业、科研教育和数据采集等多个领域。其中远征 A2 是一款交互服务机器人，具备流畅自如的讲解能力和稳定自然的运动功能；远征 A2W 是一款柔性智造机器人，具备动态任务编排、复杂作业执行及双臂协同作业等能力。
数字华夏	夏澜	是	“夏澜”集成了多项先进技术，包括被称为“智慧大脑”的 AI 系统、能展现丰富表情的“百变人脸”、接近真人的“高仿外观”、流畅的控制系统，以及自然的语音交互能力。
宇树科技	G1	否	G1 身高 130cm、体重约 35kg，配备 23 至 43 个关节电机，最大关节扭矩达 120N*m，自由度超过 43 个，能够实现大角度关节运动，售价 9.9 万起。
优必选	Walker S 系列	否	工业场景下，Walker S 系列人形机器人可以在 60-80 秒内完成检查流程，具备与工人、AGV、无人物流车以及智能制造管理系统协同工作的能力。

公司	机器人产品	是否新品	简介
Unix 优理奇	Wanda、Martian	是	Wanda 为轮式双臂人形机器人，能模仿人类双臂的各种动作，配备可变换操作模式的自研夹爪，能完成洗衣、叠衣、制作汉堡、3D 清洁等长序列操作任务。Martian 为双足人形机器人。
逐际动力	CL2	是	CL2 是逐际动力的新一代全尺寸、具备类人自由度的人形机器人，其通过腰部、手臂和腿部等多方面自由度的增加，完成了在全身运动控制上的一次重要技术升级。
帕西尼感知	Tora one	是	TORA-ONE 拥有 47 个自由度，可以单臂负载 6kg 的重物，其 4 指仿生灵巧手双手共搭载了近 2000 个 ITPU 高精度触觉传感器，能实现物体 6D 位姿识别与柔性抓取。
蓝芯科技	Versabot	是	VersaBot 搭载导航相机 T2，能实现陌生环境的自然导航；通过轮式底盘实现高效率行驶作业；拥有灵活的六轴机械臂，可实现精准定位抓取。
北京具身人形机器人创新中心	天工、天轶	是	天工 1.2 MAX 身高 173cm，体重 60kg，具有多种复杂地面的通过能力和奔跑能力。智能服务机器人“天轶”身高 163cm，体重 72.5kg，自由度 16 个，拥有轮式全向移动能力，腿部具备升降功能，可以实现定位导航、平稳移动、自然对话和精细手臂操作，应用于接待、导览等场景。
浙江人形机器人创新中心	领航者 2 号	是	“领航者 2 号 NAVIAI” 体重 60 千克，身高 1.65 米，具备高精度轻量化仿人臂，单臂可负载 5 千克的重量，行动最快速度超过每小时 6 千米，持续作业时间可达 2 小时。
国地共建人形机器人创新中心	青龙	否	“青龙”腿部系统追求轻量化、高刚度和低惯量，搭载了高扭矩密度的轴向电机，具有复杂地形中稳态行走能力。“青龙”拥有多模态大模型“朱雀”和小脑模型“玄武”。
银河通用	Galbot G1	否	Galbot 身高 173cm，臂展为 190cm，采用独特的移动双臂和轮式腿设计，能根据指令自主识别物体并对应抓取。
星动纪元	星动 STAR 1	是	产品全身 55 个主动自由度，具备 400N*m 最大关节扭矩，最大奔跑速度高于 6m/s，最大负载 160kg，可以完成耐力负重、高爆发短跑等一系列动作。
天链机器人	T1 Pro	否	T1 Pro 身高约 1.60 米，全身自由度 71 个，重量 43 公斤，关节最大扭矩达到 450N*m，手臂单臂负载 8kg，最大负载 16kg，负重深蹲突破 145kg。关节活动范围可以达到舞蹈演员的活动灵活度。机器人最大行走速度 10km/h。
乐聚机器人	夸父、轮臂式人形机器人	是(轮臂式人形机器人)	轮臂式具身智能机器人搭载人形上半身和高自由度运动手臂，配有可上下移动的升降机构和多种末端执行器，可在数天之内熟练上手工作任务，适用于搬运、分拣、装箱等通用工业作业场景。
加速进化	Booster T1	是	产品具备高性能异构算力平台：支持运动控制、感知决策、定位导航等算法的部署，可以进行俯卧撑、踢足球等多项运动。
星尘智能	Astribot S1	是	产品具备在复杂环境中的感知、认知、实时决策能力，及智能理解和多模态交互执行能力，可复刻专家的扬琴、书法、糖画等技艺。
云深处	Dr.01	是	Dr.01 搭载云深处 J60 轻量化关节和 J100 高爆发力关节，在路面打滑和外部推力干扰下仍能稳定行走。

资料来源：各公司官网、财联社、机器人技术与应用公众号、IT 之家、高工移动机器人公众号、机器人大讲堂等、开源证券研究所

人形机器人参与厂商快速增加，我们梳理产业，布局企业可大致分为三类：

(1) 明星创业企业，多深耕机器人领域，行业技术沉淀丰厚；(2) 大厂类，资源投入不一，平台类如华为、英伟达以模型平台支撑为主，互联网类依靠算法积累，汽车或家电则具有优质供应链、资金优势；(3) 工业机器人企业，具备将运动控制技术迁移至人形机器人的能力。

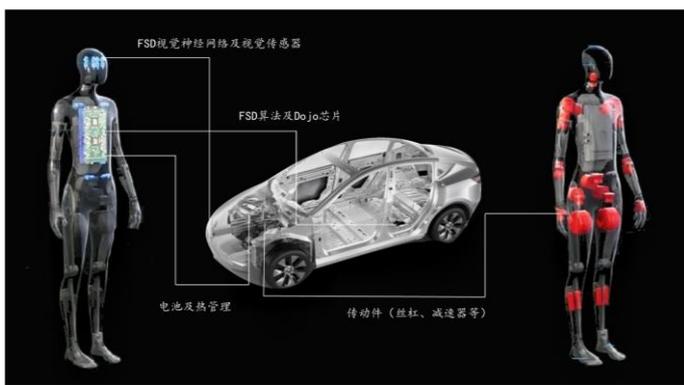
表4: 人形机器人尚处于“百家争鸣”阶段

分类	细分	代表企业	特点	代表企业发展历程
明星创业派	——	宇树科技、智元、优必选、乐聚机器人	企业创始团队多深耕于机器人相关领域，技术积淀丰厚。	(1) 宇树科技创始人王兴兴为例，其在 2013-2015 年读研期间，利用有限的资源独立完成机器狗 XDog 的软硬件设计，获得上海机器人设计大赛二等奖，时间较 MIT 机器狗算法开源提早 3 年； (2) 星动纪元、银河通用分别与清华大学、北京大学有密切关联。
	平台类	华为、英伟达	企业在大模型等具备优势，可为人形机器人本体提供平台支持。	英伟达推出 Isaac ROS 和 Isaac Sim 软件的全新版本，对感知和仿真功能进行了重大改进，可以为机器人本体企业进行赋能。
大厂	互联网类	腾讯、字节跳动	企业在算法等领域具备优势。	字节跳动对机器人的布局始于 2020 年，2023 年明确围绕自有电商仓库研发布局机器人、持续关注人形机器人进展的规划，并于 2023 年大幅扩充研发团队。
	汽车或家电类	特斯拉、小鹏、美的、海尔	资源投入不一，汽车、家电类公司有应用场景且供应链管理优异，资金实力雄厚。	以特斯拉为例，马斯克认为人形机器人业务有望为特斯拉贡献万亿级美元市值，高度重视并持续推进 Optimus 项目。
工业机器人企业	——	汇川技术、埃斯顿、禾川技术	工业机器人成熟运动控制技术可迁移至人形机器人领域，工业机器人企业对工厂生产环境理解深刻，且已积累丰厚客户资源，在工厂场景实现人形机器人落地方面具备数据、客户优势。	以禾川科技为例，其已成立子公司禾川人形机器人，正式进军人形机器人市场。借助工业机器人领域技术沉淀，禾川科技“游龙 01”实现 90% 部件自制，具备 8mm 无刷空心杯电机等关键零部件供应能力。

资料来源：各公司官方公众号、晚点 LatePost 公众号、观察者网公众号、财联社、人形机器人联盟公众号、开源证券研究所

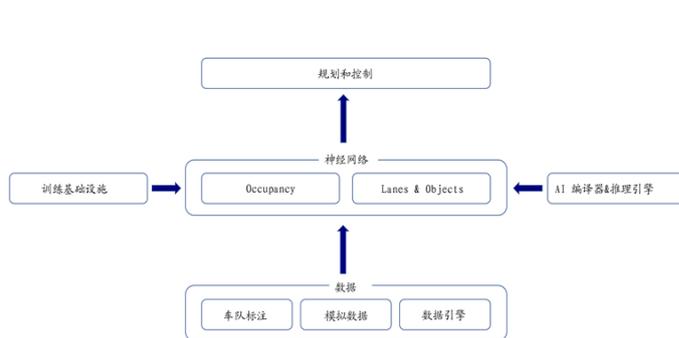
人形机器人为软硬件综合体，产品竞争力由软硬件共同决定，关注企业研发能力、产品迭代能力。硬件方面，人形机器人与电车相近，零部件均涉及电池、视觉传感器、传动件等。软件模型方面，人形机器人模型泛化能力的提升依赖于训练数据集、算力基础设施及 AI 编译器等。

图13: 人形机器人硬件设计与汽车零部件有共通之处



资料来源：特斯拉官网

图14: 人形机器人模型提升依赖于数据集、算力设备等



资料来源：特斯拉 2022 AI Day、开源证券研究所

人形机器人成熟阶段，产品竞争力主要包括价格（资金实力）、供应链管理。人形机器人逐步从创新阶段，进入成熟量产阶段，本体企业竞争壁垒或逐步由创新力向应用能力转变。应用能力包括本体企业资金实力（量产扩产带来设备开支提升）、供应链管理（产品一致性与稳定）等。

综上，根据人形机器人发展不同阶段，我们认为人形机器人本体竞争壁垒包括资金实力、研发实力、迭代能力。

行业初期，明星创业企业有望走在量产前沿。明星创业企业由于规模普遍较小，管理效率通常较高，凭借创始团队的技术积淀，具备快速迭代产品的能力。我们认为由于人形机器人相关硬件均有产业基础，明星创业企业能率先实现量产。

行业成熟期，跨界大厂有望后来居上。随人形机器人落地铺开，行业技术路线有望逐步收敛。

(1) 硬件方面，具备供应链管理经验的跨界大厂规模化生产组织能力强，具备成熟的质量把控体系，受益于硬件设计方案的技术外溢，跨界大厂有望迅速追平方案差距，凭借稳定的品控等可迁移经验占据优势地位。

(2) 软件方面，以作为“大脑”的大模型为例，神经网络模型为“黑盒”，在模型参数量日益递增的背景下，缺乏训练数据集的企业难以追平模型差距。把控应用场景的跨界大厂具备训练数据积累优势，叠加雄厚资本支撑下的算力基础设施，有望持续保持模型领先。

综上，我们认为行业发展初期，明星创业企业及相关产业链值得关注，包括智元机器人、宇树科技、优必选、乐聚机器人等。随行业成熟度提升，跨界大厂的介入可能改变行业格局，实现后来者居上。

2.4、商业化序幕拉开，国内供应链助力量产降本

领先厂商已启动汽车工厂、科研、零售服务等场景的商业化落地。特斯拉计划2025年开始小批量生产人形机器人，并在特斯拉工厂部署超过1000个人形机器人。北京具身人形机器人创新中心公布“百台天工计划”，将向重点科研机构与高校提供超百台“天工”系列机器人。银河通用预计将在2024年第四季度与美团进行合作，开启智慧药店和智能零售的机器人店试点。

智元机器人等厂商已提出明确量产规划，我们预计2024年国内厂商人形机器人（含轮式）出货量有望近千台。假设各厂商出货节奏不变，2025年样本内除优必选、银河通用外的四家国内厂商出货量有望达2000台。

表5：各厂商批量生产规划进度不一，汽车工厂、科研、零售服务场景已有明确规划

公司	量产/商业化规划
特斯拉	2025年开始小批量生产人形机器人，并在特斯拉工厂部署超过1000个人形机器人。
智元机器人	2024年10月开始量产，每月生产100台，整体出货预期300台左右，其中人形200台、轮式机器人预计出货100台左右。
清宝引擎机器人	2024年出货量近百台，计划再投向市场300台。
北京具身人形机器人创新中心	公布“百台天工计划”，将向重点科研机构与高校提供超百台“天工”系列机器人。
UniX 优里奇	轮式双臂人形机器人 Wanda 将在9月进入小规模量产，年内预计将生产100台左右。
优必选科技	产品已经进入多家车厂，和东风柳汽、吉利汽车、一汽红旗、一汽-大众青岛分公司、一汽奥迪等诸多汽车企业达成合作。
银河通用	预计将在2024年第四季度与美团进行合作，开启智慧药店和智能零售的

公司

量产/商业化规划

机器人店试点。

资料来源：证券日报之声公众号、上海证券报、北京亦庄、极客公园公众号等、开源证券研究所

人形机器人成本高昂，量产降本的需求前提逐步形成。2021年至2023年6月，优必选共销售10台Walker系列人形机器人，平均售价高达598万元。高昂售价限制人形机器人应用普及。随本体厂数量增加及各家量产规划落地，人形机器人本体需求聚少成多，为上游供应链规模化量产降本创造需求条件。

国内供应链量产降本经验丰富，人形机器人售价有望逐步下行。随人形机器人设计方案收敛，零部件环节逐步形成通用件，进而通过模块化生产、储存、组装，降低总体生产成本。多数零部件在国内均有产业基础，国内大厂成本管控经验丰富，国内供应链的成本优势有望充分发挥。宇树科技已推出起售价低至9.9万元的G1量产版，我们认为国内供应链成本优势有望使更多人形机器人价格“亲民”。

3、人形机器人实现关键：高性能低成本零部件

3.1、传动方案减速器用量超预期，行星滚柱丝杠仍为重负载首选

本次展会中，我们观察到，各人形机器人厂商的传动方案仍以减速器为主，部分厂商在腿部采用了行星滚柱丝杠。

表6：传动方案仍以减速器为主，部分厂商在腿部采用了行星滚柱丝杠

关节位置	传动方案
旋转关节	行星减速器
	谐波减速器
线性关节	减速器+连杆
	行星滚柱丝杠

资料来源：特斯拉2022 AI Day、因时机器人官网、开源证券研究所

旋转关节上，对负载有要求的关节一般采用行星减速器；轻载及对精度或对力反馈要求较高的关节一般采用谐波减速器。因此，人形机器人行业同时对谐波减速器、行星减速器存在需求。受限于体积和重量要求，应用于人形机器人的减速器应具备轻薄、高刚性、高扭矩、高稳定性等特点。由于人形机器人减速器用量大，减速器降本需求强，因此我们认为那些同时具备行星减速器和谐波减速器规模量产能力、降本能力突出、产品设计迭代快的厂商有望获得更高份额。

本届展会中，绿的谐波集中展示了与意优机器人可用于人形机器人的PHT系列减速器，其具备极致轻薄、轻巧领先、稳定强劲三大特点。另外，可重点关注同时具备谐波减速器和行星减速器规模量产能力的中大力德。

表7: 行星减速器刚性强, 负载能力较高

	行星减速器	谐波减速器
组成	主要结构为行星轮、太阳轮和外齿圈	主要结构为柔轮、刚轮、轴承和波发生器
优点	抗冲击性好、刚性好、价格低、寿命长;	质量轻、体积小、减速比高、精度高;
缺点	精度较低、减速比低	价格贵、抗冲击性差、寿命短
应用特点	人形机器人精度要求低的部位	精度要求高、负载要求低的部位

资料来源: GGII、电机联盟公众号、中国机械工程学会、开源证券研究所

线性关节上, 旋转执行器+连杆仍为国内厂商主流传动方案, 用量或超此前预期。代表厂家包括宇树科技、乐聚机器人、北京人形机器人创新中心、逐际动力等。以乐聚机器人为例, 其全身拥有 26 个自由度; 单个人形机器人采用减速器的数量达到 26 个, 这超过了 2022 年特斯拉 AI Day 中公布的单机采用 14 个减速器的设计方案。

我们认为国产人形机器人厂家较少采用行星滚柱丝杠的原因可能为: (1) 行星滚柱丝杠过去应用场景少; 人形机器人需要专用的丝杠, 配套开发工艺不够成熟; 这些因素导致行星滚柱丝杠价格较高。(2) 人形机器人厂商需要行星滚柱丝杠供应商配合开发专用丝杠, 这对供应商研发投入和资本开支要求高; 国内头部人形机器人厂商影响力不如特斯拉, 配合开发的丝杠厂商有限。

图15: 减速器+连杆仍为国内厂商主流传动方案


资料来源: 芯语、开源证券研究所

我们认为相较旋转执行器+连杆的传动方式, 行星滚柱丝杠作为线性传动方案具有以下优势: (1) 负载高; (2) 耐冲击能力强, 具备自锁特性, 能量效率高; (3) 精度保持性好、刚度好。

行星滚柱丝杠成为本届展会重负载场景首选。代表产品包括智元机器人远征 A2 Max、开普勒机器人等。

图16: 智元、开普勒等厂家使用行星滚柱丝杠方案支持重负载场景


智元机器人远征A2 Max 开普勒机器人

资料来源：智元机器人、开源证券研究所

表8: 行星滚柱丝杠成为重负载场景首选

	行星滚柱丝杠	连杆
精度	灵活的导程和节距提供更精细的控制	精度相对较低
负载	相比其他类型的丝杠，通过线接触，行星滚柱丝杠能够承受更大的负载	负载相对弱
体积	结构紧凑，有利于节省空间，适用于人形机器人等紧凑型设备	较为紧凑
噪音	运行时噪音较低	-
速度	旋转速度可达滚珠丝杠的2倍，加速度达到3g，适用于需要快速响应的场合	-

资料来源：中国传动网、西安莱德特智能控制系统公众号、神翌机械公众号、开源证券研究所

我们认为在人形机器人发展的初期阶段，由于技术的不成熟与应用的特殊性，行星滚柱丝杠面临着高度的定制化需求，这直接推高了其生产成本与单价。高昂的价格促使许多人形机器人制造商倾向于探索并采用其他线性运动解决方案。

然而，随着国内行星滚柱丝杠制造工艺的日益精进，以杭州新剑传动等为代表的领先企业，通过与下游头部人形机器人制造商的紧密合作，不断推动丝杠产品的迭代与优化，使其逐渐定型并满足市场需求，从而有效降低了生产成本，由此我们也观察到一些头部厂商在大量接触和尝试线性执行器（行星滚柱丝杠）解决方案。

我们预测，随着加工工艺的进一步成熟和完善，行星滚柱丝杠的单价将显著下降，有望达到每根约1000元的水平。届时，更多人形机器人制造商将采用行星滚柱丝杠作为其核心传动部件。

本届展会中，我们关注到部分行星滚柱丝杠企业，已成功向下游人形机器人制造商提供丝杠产品，如杭州新剑传动、瑞士ROLLVIS公司、GSA等，另外国内五洲新春、北特科技、恒立液压等公司也积极布局行星滚柱丝杠。这些企业在不断的产品迭代过程中，将凭借产品的日益成熟以及成本控制能力的提升，获得显著的先发优势，从而在人形机器人领域占据有利地位。

3.2、灵巧手：价值量高，格局好的人形机器人硬件环节

本届展会执行末端机构有灵巧手和夹具两种形式，灵巧手作为动作执行终端，实现通用性较易。

感知层面：在本次展会中，我们观察到灵巧手方案提升灵活性、感知丰富度的行业趋势。以因时机器人为例，全新 FTP 系列五指灵巧手在指尖、指腹、手掌部位新增 12 个触觉传感器模块，使灵巧手具备实时获取五指受力情况和各个接触面触觉信息的能力。根据会场调研，我们认为阵列式 MEMS 为触觉传感器主要方案，暂未看到柔性触觉传感器落地。

图17：智元机器人发布新一代灵巧手，灵活性、感知丰富度均明显提升



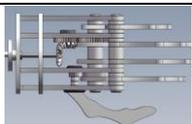
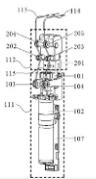
资料来源：IT 时报公众号

硬件层面：灵巧手的操作稳定性和灵活性指标主要取决于传动系统。主流传动元件包括连杆、齿轮、线绳、丝杠等，单一元件方案较难满足需求。

微型丝杠的引入使灵巧手具有断电自锁的位姿保持能力，显著提升了灵巧手的抓取能力和能量运用效率。多连杆传动，能够保障灵巧手拥有较高的抓取负载，且能够避免齿轮传动和线绳驱动的优点，能够实现高精度、高灵活性和高负载能力的精密传动。

我们认为微型丝杠的方案具备扭矩输出足、能量运用效率高等优势，有望成为发展主方向。

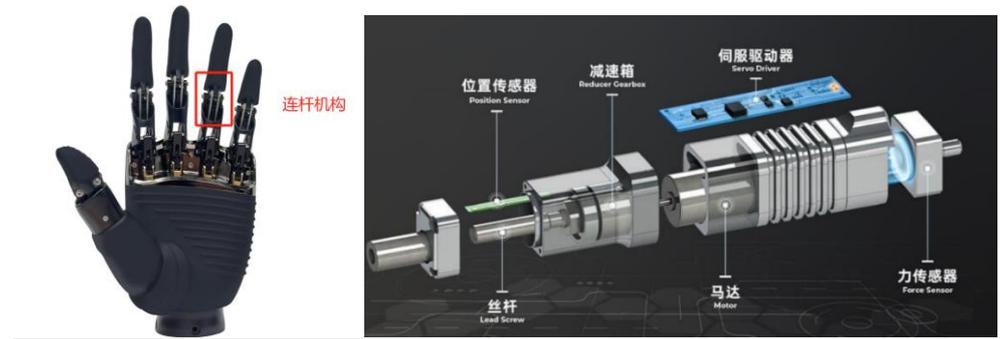
表9：主流传动元件包括连杆、齿轮、线绳等，单一元件方案较难满足需求

类型	传动方式	优势	劣势	图示
连杆传动	多个连杆串并联混合使用	能够抓取大型的物体、可以完成包络抓取	远距离控制困难、易发生弹射、抓取空间有限	
齿轮传动	齿轮副传递运动和动力	传动比稳定、传递效率高、可靠性强	质量和惯性大、操作难度高	
线绳驱动	模拟人手的肌腱结构	末端负载和惯量小、抓取速度快、排布灵活	负载能力弱、预紧力变化大、负载越大效率越低	

资料来源：《机器人灵巧手研究综述》刘伟等、国家知识产权局、懒石网、开源证券研究所

本届展会，因时机器人、傲意科技的灵巧手均采用了连杆传动的方案。

图18：傲意科技和因时机器人采用连杆机构，零部件包含空心杯电机、微型齿轮箱、微型丝杠等



资料来源：因时机器人官网、傲意科技官网、开源证券研究所

我们认为灵巧手集合硬件和软件建模等技术载体，竞争壁垒高，且价格下降空间有限。

硬件方面，对灵活性、负载能力等特性的要求使灵巧手常配置高功率密度电机、多种感知模态的传感器等。软件方面，灵巧手与外界交互过程的建模、多模态信息处理算法等均为技术难点。软硬件技术壁垒限制行业厂商数上升。

价格方面，国产厂商介入生产后实现快速降本：灵巧手早期应用于科研领域，如 Shadow 灵巧手报价约 220 万元/只。用于假肢领域的仿生灵巧手灵活性略低，如德国的 Bebionic 仿生灵巧手价格至少 32 万元/只。

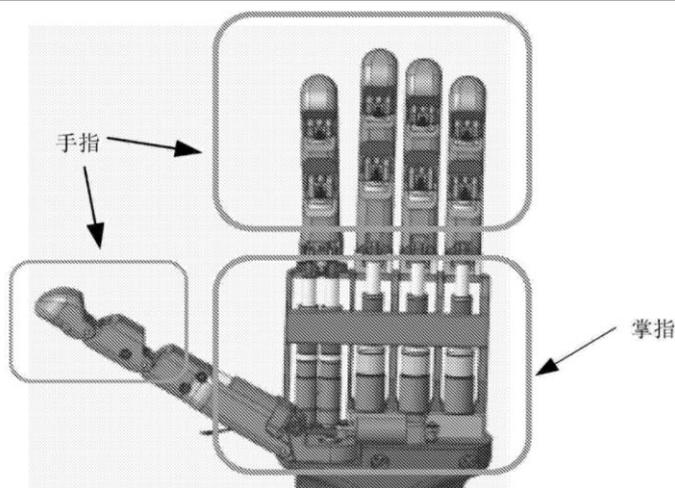
以因时机器人为例，其灵巧手产品与特斯拉灵巧手有着类似的关节数和相同的电机数，价格约为 5 万元/只。我们认为灵巧手涵盖传感器、高功率密度电机、微型滚柱丝杠、精密结构件等元件，竞争格局好，能有效抵抗价格通缩，未来在人形机器人大量生产时价格下降空间有限。

竞争壁垒：软件方面：我们认为灵巧手灵活性提升依赖数据积累，先发厂商优势有望延续。灵巧手动作灵活性提升分为解析法和数据驱动法两条路径。解析法由于参数建模困难而非主流路线。数据驱动法依靠标注好的数据训练动作模型。先发厂商有望率先实现场景落地，凭借更大的训练数据集持续扩大模型优势。

硬件方面：灵巧手核心零部件包含空心杯电机、微型齿轮箱和微型丝杠，加工制造能力要求高，设计和装配工艺壁垒高；具备微传动加工工程经验和规模量产制造能力的企业有望领先，如兆威机电；另外，核心零部件空心杯电机领域，目前已经有批量出货且产品稳定性高的企业有望领先，如鸣志电器、雷赛智能等。

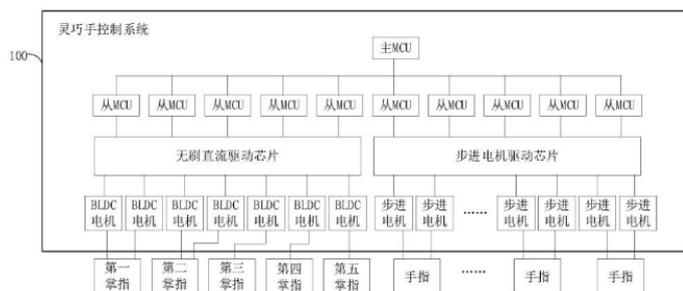
本届展会，鸣志电器、Maxon、雷赛智能均展出了适用于人形机器人灵巧手的空心杯电机，其具备高功率密度、高效率和高动态响应等特点。

图19：兆威机电申请灵巧手整体设计专利



资料来源：人形机器人研究院公众号

图20：兆威机电申请灵巧手控制系统专利



资料来源：国家知识产权局

3.3、传感器：随功能升级类型逐步增多，与其他硬件融合是趋势

人形机器人本体所用的传感器包括编码器、触觉传感器（与灵巧手搭配使用）、力和力矩传感器（包括扭矩传感器和六维力矩传感器）、视觉传感器（包括摄像头/激光雷达）。

我们参考本次世界机器人大会展出的宇树科技 G1、优必选 Walker 系列、帕西尼 Tora one、星动纪元 STAR 1 的传感器配置，可以发现编码器、扭矩传感器、视觉传感器为人形机器人标配项，六维力矩传感器与触觉传感器暂为选配项。

表10：部分展出的人形机器人搭载的传感器

公司	机器人产品	传感器配置
智元机器人	远征 A2、远征 A2W	远征 A2W 内置六维力传感器，支持双臂拖拽示教模式、可视化调节
宇树科技	G1	包括双编码器、深度相机、激光雷达、IMU、多点触觉阵列（可选）
优必选	Walker S	Walk S 可选加装电子皮肤，搭载 6 麦克风、多目立体视觉、听觉传感器。Walk S Lite 搭载 4 个六维力矩传感器、相机等
帕西尼感知	Tora one	双手共有 1956 个 ITPU 高精度触觉传感器，模拟人手抓取、旋转等动作；搭配 6 个摄像头和 1 个深度摄像头，实现物体 6D 位姿识别与抓取
星动纪元	星动 STAR 1	灵巧手配备阵列式三维触觉传感器

资料来源：各公司官网、各公司公众号、机器人大讲堂公众号、高工移动机器人公众号、世界机器人大会官网、开源证券研究所

(1) 编码器价值量高

我们以宇树科技 G1 供应链成本拆解为例，编码器、标准视觉传感器、激光雷达、IMU、触觉传感器价值量分别为 5750、2000、3000、1500、6000 元，编码器、触觉传感器对应整体价值量较高。

表11: 根据宇树科技 G1 传感器价值量拆解, 编码器、触觉传感器整体价值量较高

传感器	单价 (元/件)	数量 (件)	合计 (元)
双编码器 (旋转执行器)	250	23	5750
标准视觉传感器	2000	1	2000
激光雷达	3000	1	3000
IMU	1500	1	1500
触觉传感器	500	12	6000

资料来源: 机器人大讲堂、开源证券研究所

编码器作为测量电机位移、角度的高精度传感器, 是人形机器人实现伺服控制的核心部件, 随着伺服控制性能提高, 编码器精度要求也逐步提升。编码器可以分为光编码器、磁编码器, 光编码器精度高于磁编码器, 价格也较高。

我们认为随着伺服控制性能提高, 对编码器精度要求也在逐步提升, 可采用的入门级方案为电机端加装绝对值编码器, 进阶方案为增量双编码器 (光编+磁编), 高级别方案为双绝对值编码器 (增加精度, 减少系统复杂性)。

我们看到光编码器集光机电技术于一体, 对人才要求高, 研发投入高, 对基础材料和工艺制造水平要求也高, 长期以来国产编码器主要以中低端为主, 而奥普光电下属的禹衡光学是我国编码器工程唯一中试基地, 正逐步加快高端产品的国产替代。工控企业如汇川技术、埃斯顿、昊志机电也实现编码器自研, 但均以自用为主。

在本届展会上, 我们看到禾川科技、伟创电气展出编码器产品, 并均已将编码器集成到关节模组中, 为人形机器人公司提供全套运动执行器解决方案。

(2) 触觉传感器配合灵巧手使用, 可实现人手抓取等动作

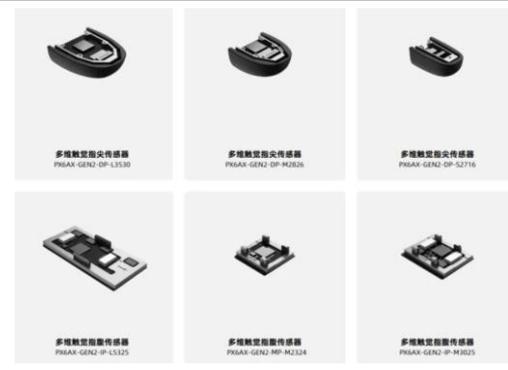
帕西尼 Tora-One 核心优势为灵巧手以及触觉感知能力, 双手共有 1956 个 ITPU 高精度触觉传感器, 可以充分感知零部件的位置、形状、尺寸等信息。

图21: 帕西尼 Tora-One 完成精密工件装配



资料来源: 高工移动机器人公众号

图22: 帕西尼第二代专业级多维触觉传感器 PX-6AX GEN 2



资料来源: 高工移动机器人公众号

他山科技在本次大会首次发布新品“TS-F+多模态触觉传感器”, 并现场展示与 BrainCo 合作搭载“TS-F+多模态触觉传感器”的智能仿生灵巧手。其实现了更高灵敏度、独有材质识别能力、空间感知维度, 可实现对柔性、易碎物品的自适应力抓取, 同时能精准完成握笔、倒水、抓鸡蛋等精细工作任务。除此之外, 他山科技还展示了多款触觉传感器、电子皮肤、视触融合技术平台、具身安全防护等产品, 建立了机器人触觉感知赛道完整的产品矩阵。

图23：他山科技在本次大会首次发布新品“TS-F+多模态触觉传感器”



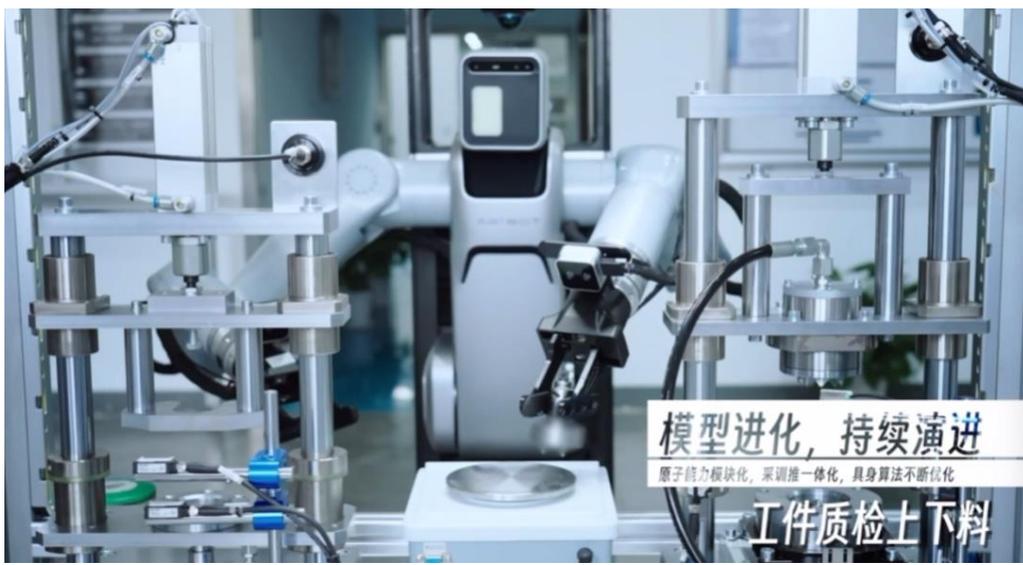
资料来源：他山科技公众号

在本届展会上，我们看到灵巧手融合触觉传感器成为标配，可实现精准抓取等功能。触觉传感器技术路线分为 MEMS 压力传感器（阵列式）与柔性传感器（电子皮肤），MEMS 压力传感器方案相对成熟，现阶段基本采用此种方案，但柔性传感器更贴合不规则表面，技术有待成熟，预计随着技术发展成熟以及规模化降本，柔性触觉传感器更具优势。

（3）六维力矩传感器价值量较高，降本后渗透率有望加速提升。

六维力矩传感器是实现精细化力控制的核心零部件。远征 A2W 内置六维力传感器，配备两个高精度力控 7 自由度双臂，定位于工厂柔性制造场景，对比单一位置控制方式，可以基于力控进行更精细化控制。

图24：智元 A2W 双臂内置六维力传感器，定位于柔性制造场景



资料来源：智东西公众号

人形机器人常用力传感器包括关节扭矩传感器、六维力矩传感器，关节扭矩传感器可加装在机械臂关节处测量扭矩大小，六维力矩传感器常用于机械臂末端，用于高精度力控。六维力矩传感器壁垒很高，包括结构设计制造、标定校准、软件解

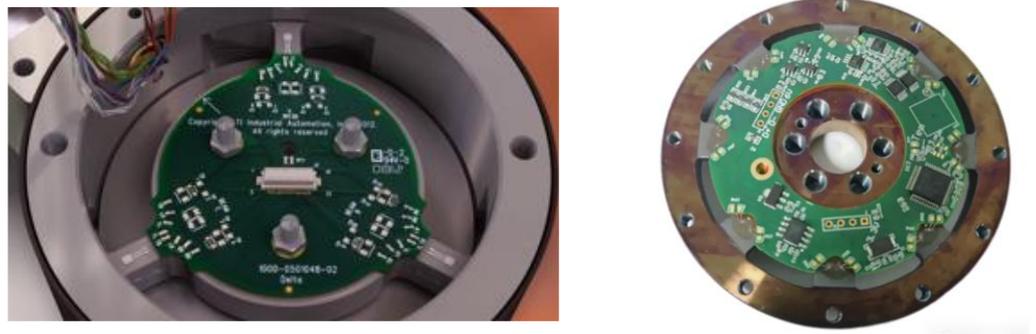
耦，产品定价较高。

我们认为六维力矩传感器是实现人形机器人精细化力控的核心器件，对比电流环具备显著优势，但由于价格因素应用较少。

本次展会上，我们关注到部分传感器公司已完成基于 MEMS 原理的六维力矩传感器的研发制造，如鑫精诚传感器。2024 年 6 月，安培龙重磅推出基于 MEMS 硅基应变片+玻璃微熔工艺的高性能力矩传感器。

硅基应变片传感器对比金属应变片传感器，具有灵敏系数高、机械滞后小、体积小、耗电小优点，且更易集成化，适合量产。

图25：MEMS 硅基应变片高性能力矩传感器可实现量产降本



基于金属应变片的六维力矩传感器（ATI）

基于MEMS硅基应变片+玻璃微熔工艺力矩传感器（安培龙）

资料来源：《Exoscarne: Assistive Strategies for an Industrial Meat Cutting System Based on Physical Human-Robot Interaction》Harsh Maithani 等、安培龙公众号、开源证券研究所

我们认为六维力矩传感器核心竞争为降本，安培龙、柯力传感等传统传感器制造商在量产上具备经验；安培龙研发了 MEMS 六维力传感器，前瞻布局机器人用力传感器；柯力传感则在金属应变片制造等方面具备优势；两家厂商有望持续受益。

（4）视觉传感器是实现位置控制的核心

视觉传感器是机器人运动控制及避障的核心部件。以星动纪元为例，本次大会展示的 W1 搭载视觉传感器，可实现对物体 6D 位姿识别与抓取，充分感知零部件的位置、形状、尺寸等，能够实现基于视觉传感器的位置控制。

图26: 星动纪元 W1 搭载视觉传感器识别物体形状、位置、尺寸



资料来源: IT之家

本次展会上, 蓝芯科技展出了基于3D视觉传感器+AI算法的移动机器人深度视觉系统, 以及子品牌威迈尔类人形机器人 VersaBot, 该产品是全球首个纯视觉类人形机器人, 集成3D视觉导航、3D视觉避障、3D视觉抓取等多项技术。

图27: 威迈尔类人形机器人 VersaBot 集成3D视觉导航、3D视觉避障、3D视觉抓取等功能



资料来源: 蓝芯科技公众号

视觉传感器的类型多样, 包括摄像头(普通单目摄像头、深度摄像头)、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达、红外传感器等。

表12: 视觉传感器的类型多样, 包括摄像头、激光雷达等

类型	成本	探测角度/ 远距离探测 (°)	夜间环境	全天候	不良天气环境	温度稳定性	车速测量能力	路标识别
摄像头	适中	20-190	弱	弱	弱	强	弱	√
激光雷达 (LiDAR)	目前很高	15-360	强	弱	弱	强	弱	×

类型	成本	探测角度/ 远距探测 (°)	夜间环境	全天候	不良天气环境	温度稳定性	车速测量能力	路标识别
毫米波雷达	适中	10-70	弱	强	强	强	强	×
超声波雷达	很低	80-120	弱	强	弱	一般	一般	×
红外传感	适中	30-110	一般	强	弱	一般	一般	×

资料来源：《多传感器信息融合在无人驾驶中的研究综述》周文鹏等、开源证券研究所

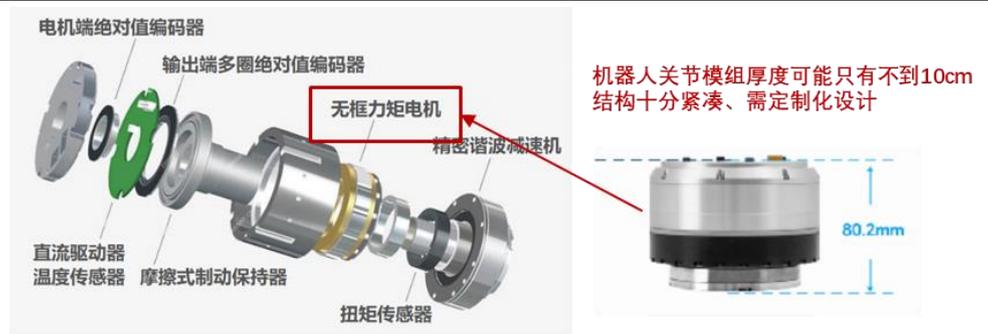
本次展会上，我们关注到展出的人形机器人本体中，宇树科技 G1 采用深度相机，优必选 Walker S 采用多目立体视觉，帕西尼感知产品采用 6 个摄像头和 1 个深度摄像头，因此，我们看到摄像头（普通单目摄像头、深度摄像头）在人形机器人本体中应用较广。我们认为目前人形机器人涉及室外运动场景较少，这也是采用摄像头可以满足当前需求的重要原因。随着室外场景、夜间环境等场景需求增加，激光雷达、毫米波雷达在人形机器人上的应用有望增多。

我们认为，具备全套视觉解决方案的企业有望脱颖而出，如奥比中光在机器人视觉领域具有较高市占率和知名度，可针对不同种类机器人推出视觉感知方案，具体包括单目结构光、双目结构光、iToF、LiDAR 等。

3.4、电机：本体厂商多采用自研设计，规模量产后或寻求外采或代工

无框电机集成在机器人关节中，结构紧凑、定制需求强，大部分厂商选择自研设计。无框电机只由转子和定子组成，没有轴、轴承、外壳或端盖；核心优势是输出力矩大、结构紧凑、散热性好，中空走线能够满足人形机器人相对高的外观要求。目前，国内智元机器人、宇树、开普勒、优必选等主要人形机器人厂家皆使用自研设计。我们认为，考虑到电机成本和规模化、标准化量产需求，在人形机器人产品定型后，本体厂商或以对外规模采购电机为主。

图28：无框电机集成在机器人关节中，结构紧凑、定制需求强



资料来源：零差云控、开源证券研究所

表13：国内主要本体厂商自研关节电机

本体厂商	关节自研情况
智元机器人	自研 PowerFlow 关节电机、驱动
宇树	自研自产伺服电机、减速机、控制器
开普勒	自研旋转执行器、行星滚柱丝杠执行器
优必选	自研一体化关节，峰值扭矩达到 300N.m

资料来源：智元机器人官网、杭州网、美通社、科技行者、开源证券研究所

在价值量方面，无框电机目前价值量普遍在 500-1000 元，降本空间相对小。在

竞争格局上，国内无框电机市场可大致分为三个梯队，海外科尔摩根、Maxon 等厂商占据第一梯队的市场地位；目前行业新进入者众多，如汇川技术、禾川科技、伟创电气、德昌股份等，但实现规模量产售卖的厂商相对少，国产厂商中步科股份、雷赛智能实现规模量产。

我们认为，目前实现规模量产售卖的无框力矩厂商能够在前期实现产品快速迭代，在人形机器人规模量产时，有望借助先发卡位优势占据更高的市场份额。

图29：国内无框电机市场可大致分为三个梯队

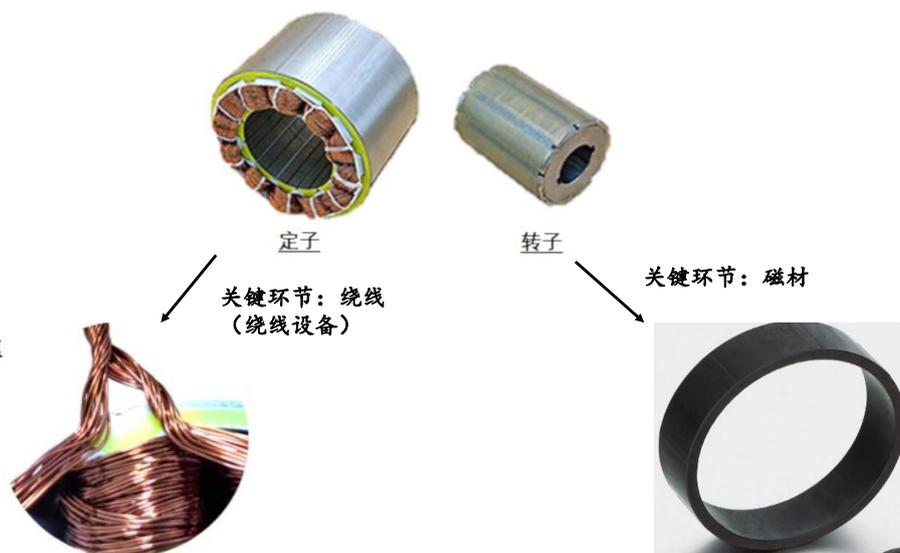


资料来源：各公司公告、人形机器人研究院公众号、觅数据 MDATA 公众号、高工机器人公众号、开源证券研究所

本届展会中，雷赛智能、禾川科技和伟创电气展出了高密度的无框力矩电机，其中，雷赛智能采用了全新的电磁方案设计，实现了更低的温升、更大的连续扭矩、更快的速度以及更高的运行稳定性。

无框电机技术壁垒主要在于绕线工艺、转子。无框电机中，转子技术要求相对高，其中永磁体是重要组成部分。转子（磁组件）是无框电机的内部部件，由包裹着永磁体的旋转钢圆环组件构成，直接安装在机器轴上，技术要求相对高。其中，转子上包裹的永磁体的主要类型包括塑磁、铁氧体和钕铁硼等，在电机性能上，稀土永磁体相比铁氧永磁体具有更显著的优势。由此，我们认为在定转子材料和加工工艺有成熟经验的厂商，尤其在传统行业已经占据龙头地位的厂商有望受益，如金力永磁。

图30：无框电机技术壁垒主要在于绕线设备、转子

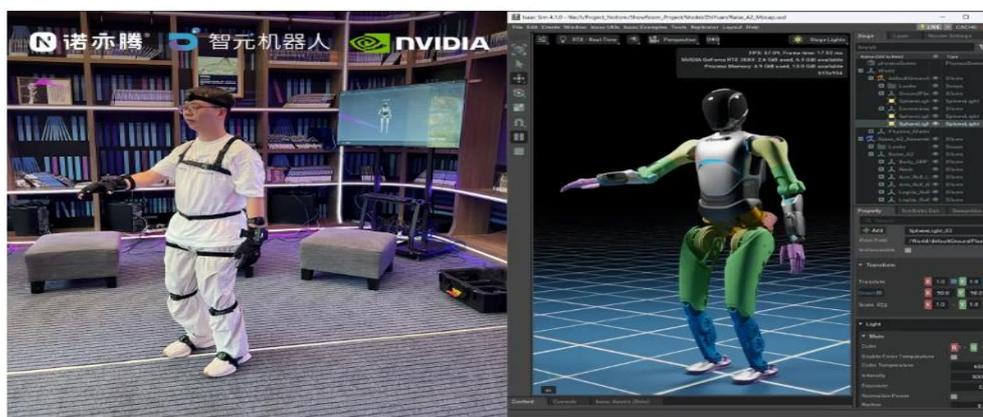


资料来源：研一机械、胜德磁业官网、开源证券研究所

3.5、动作捕捉：人形机器人走向“落地应用”的关键助力部件

动作捕捉指用一些复杂的数学方式，通过计算机视觉、各种传感器的方式，把人的动作数字化。

图31：采用诺依腾动作捕捉系统训练智元机器人



资料来源：诺亦腾

通过动作捕捉采集海量的真实行为数据，并对其进行标注，将构建起通用的数据集，进一步提升机器人的性能，为机器人训练提供有力的支持。动作捕捉是人形机器人迈向智能化的重要路径，其影响人形机器人动作规范、控制精度和动作实现路径，我们认为，随着人形机器人陆续进入工厂，依赖“动作捕捉”的数据训练显得尤其重要，其为各家人形机器人的核心壁垒。

在训练数据集生产方面，目前有两种主流方式，分别是基于真实本体的数据生产和基于虚拟本体的数据生产。

表14：基于真实本体生产的数据质量高，但成本相对高昂

操作	代表厂商	特点
----	------	----

操作	代表厂商	特点
基于真实本体的数据生产	特斯拉	采集本体真实的视觉信息、运控信息、传感信息来进行训练。这一方式能生产最高质量且真实的数据，训练转化没有障碍，但成本高昂。一个采集席位需要一套机器人本体、一套动作捕捉设备、一个遥操作采集人员。
基于虚拟本体的数据生产	英伟达	人类遥操作虚拟本体在虚拟环境中完成虚拟任务，同时采集虚拟合成的视觉信息、运控信息以及合力触觉信息。数据质量也很高。

资料来源：诺亦腾、开源证券研究所

在人形机器人大规模应用推广的背景下，智能数据工厂的搭建极其重要，训练数据将成为人形机器人智能化的基座。我们预计随着各地人形机器人创新中心成立，人形机器人数量和落地场景不断增多，具身智能数据工厂也将陆续出现。

数据工厂建设离不开动作捕捉/高精度追踪子系统、数据处理与输出流程、本体映射工作流以及支持多种平台、本体的解决方案。数据训练专属化程度高，竞争壁垒较高，与下游厂商粘度高。重点关注目前已进入全球头部人形机器人或者具身智能平台的动作捕捉解决方案供应商，其卡位优势突出。

本届展会，诺亦腾、Xsens 均展示了动作捕捉解决方案，其中 Xsens 的动作捕捉解决方案应用于特斯拉人形机器人开发中，诺亦腾应用于智元机器人训练和英伟达的 Isaac 平台中。

4、投资建议

我们列举了2024世界机器人大会涉及领域部分重点参展商，涵盖本体、灵巧手、传感器、减速器、丝杠、电机和动作捕捉环节。

表15：2024年世界机器人大会参展商涉及领域广

序号	公司	环节
1	特斯拉汽车（北京）有限公司	本体
2	深圳市优必选科技股份有限公司	本体
3	乐聚（深圳）机器人技术有限公司	本体
4	北京银河通用机器人有限公司	本体
5	杭州宇树科技有限公司	本体
6	上海智元新创技术有限公司	本体
7	北京因时机器人科技有限公司	灵巧手
8	傲意智能机器人(合肥)有限公司	灵巧手
9	帕西尼感知科技（深圳）有限公司	灵巧手
10	南宁宇立仪器有限公司	传感器
11	蓝点触控（北京）科技有限公司	传感器
12	深圳市鑫精诚传感技术有限公司	传感器
13	常州瑞尔特测控系统有限公司	传感器
14	苏州绿的谐波传动科技股份有限公司	减速器
15	四川天链机器人股份有限公司	减速器
16	杭州新剑机电传动股份有限公司	丝杠
17	ROLLVIS SA（瑞威士）	丝杠
18	上海狄兹机械有限公司	丝杠
19	深圳市诺任机器人有限公司	丝杠

序号	公司	环节
20	上海鸣志电器股份有限公司	电机
21	深圳市雷赛智能控制股份有限公司	电机
22	浙江禾川科技股份有限公司	电机、丝杠等
23	苏州伟创电气科技股份有限公司	电机
24	北京诺亦腾科技有限公司	动作捕捉
25	Xsens	动作捕捉

资料来源：世界机器人大会官网、开源证券研究所

我们认为，随着人形机器人的销量扩大，其关键零部件产业将成为核心受益方，具体包括：

- (1) 减速器：推荐标的：中大力德，受益标的：绿的谐波。
- (2) 丝杠：推荐标的：五洲新春，受益标的：北特科技。
- (3) 灵巧手：受益标的：兆威机电、鸣志电器。
- (4) 传感器：推荐标的：东华测试、康斯特，受益标的：柯力传感、安培龙。
- (5) 电机：推荐标的：雷赛智能，受益标的：步科股份、禾川科技、伟创电气、金力永磁。
- (6) 动作捕捉。

表16：受益标的估值信息表

公司代码	股票简称	评级	归母净利润（亿元）			EPS（摊薄/元）			PE（倍）		
			2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E
002896.SZ	中大力德	买入	0.9	1.08	1.3	0.6	0.72	0.86	42.65	35.54	29.52
603667.SH	五洲新春	买入	1.87	2.37	2.93	0.51	0.65	0.8	25.49	20.11	16.27
300445.SZ	康斯特	买入	1.34	1.72	2.26	0.63	0.81	1.07	29.78	23.20	17.66
300354.SZ	东华测试*	买入	1.31	1.69	2.19	0.62	0.80	1.03	21.96	17.00	13.11
002979.SZ	雷赛智能*	买入	2.26	2.91	3.58	0.74	0.95	1.17	26.06	20.25	16.43
688017.SH	绿的谐波*	未评级	1.05	1.44	1.91	0.62	0.85	1.13	101.88	73.98	55.66
603009.SH	北特科技*	未评级	0.74	1.13	1.62	0.21	0.31	0.45	83.60	55.02	38.24
003021.SZ	兆威机电*	未评级	2.18	2.86	3.65	0.91	1.20	1.53	38.71	29.53	23.12
603728.SH	鸣志电器*	未评级	1.68	2.31	2.90	0.40	0.55	0.69	90.11	65.32	52.17
603662.SH	柯力传感*	未评级	3.41	4.14	4.86	1.21	1.47	1.72	20.06	16.53	14.10
301413.SZ	安培龙*	未评级	1.08	1.50	1.94	1.10	1.53	1.97	31.43	22.59	17.52
688160.SH	步科股份*	未评级	0.83	1.06	1.34	0.99	1.27	1.60	33.55	26.26	20.79
688320.SH	禾川科技*	未评级	0.65	1.00	1.81	0.43	0.66	1.20	49.45	32.15	17.84
688698.SH	伟创电气*	未评级	2.52	3.28	4.19	1.19	1.55	1.98	20.04	15.42	12.05
300748.SZ	金力永磁*	未评级	6.62	9.40	11.40	0.49	0.70	0.85	19.49	13.73	11.32

资料来源：Wind、开源证券研究所（注：标“*”的标的盈利预测为 Wind 一致预期，其余盈利预测数据来自开源证券研究所，股价采用 9 月 12 日收盘价）

5、风险提示

宏观经济波动风险：机器人产业方兴未艾，短期内需求有限，许多相关零部件

和本体厂商主要下游仍为工业机器人等传统行业，因此宏观经济波动仍会对国内机器人产业链相关公司的经营情况产生较大影响。

人形机器人产业发展进程不及预期：人形机器人产业目前还处于发展前期，发展进程存在较大的不确定性，有低于预期的风险。

国产厂商导入机器人供应链进度不及预期：当前特斯拉人形机器人供应链未完全确定，国产厂商入供前景存在不确定性。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R4（中高风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持（underperform）	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡（underperform）	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、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）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。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取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于商业秘密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼3层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座9层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn