

超配

人形机器人行业事件点评

特斯拉更新 Optimus 进展，AI 赋能人形机器人开启万亿赛道

◆ 行业研究 · 行业快评

◆ 机械设备 · 自动化设备

◆ 投资评级：超配（首次评级）

证券分析师：	吴双	0755-81981362	wushuang2@guosen.com.cn
证券分析师：	唐旭霞	0755-81981814	tangxx@guosen.com.cn
证券分析师：	李雨轩	0755-81981140	liyuxuan@guosen.com.cn

执证编码：	S0980519120001
执证编码：	S0980519080002
执证编码：	S0980521100001

事项：

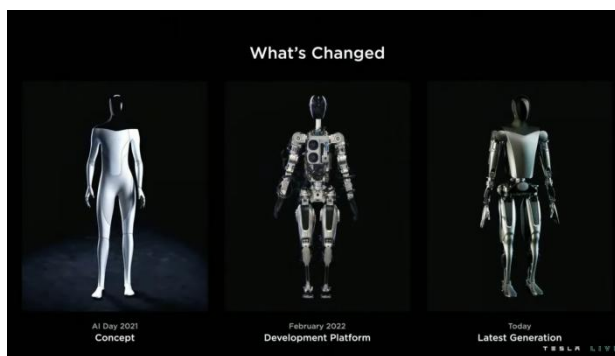
- ◆ 5月16日，特斯拉2023年年度股东大会上发布了Optimus人形机器人最新演示视频，马斯克表示，特斯拉的长期价值可能来自于Optimus人形机器人，如果人形机器人和人的比例是2:1左右，那么人们对机器人的需求量可能是100亿乃至200亿个，远超电动车的数量；同日，英伟达创始人兼首席执行官黄仁勋在ITF World 2023半导体大会上表示，AI下一个浪潮将是“具身智能”，即能理解、推理、并与物理世界互动的智能系统。
- ◆ **国信机械观点：**以ChatPGT为代表的大模型正在引领新一轮人工智能浪潮，本轮AI浪潮将极大地提高全人类的生产力水平，为产业自身发展及全社会应用场景的拓展都带来了极为广阔的成长空间，而AI和人形机器人结合形成的具身智能有望成为最爆款的产品，当前已具备实现“类人功能”的基础技术要素，软件方面AI大模型提供“大脑”能力，控制算法加速迭代提升“小脑”能力，硬件方面国内外多家企业已推出可实现基础动作和交互的人形机器人，往后看未来发展路径清晰，更聪明、更高效、更灵活可贴切满足人类需求的人形机器人指日可待。特斯拉的Optimus人形机器人显示了其相关技术正在快速发展，有望推动行业技术进步、产业降本，加速人形机器人商用化场景落地。在人形机器人商业化趋势下，具备高性价比优势的国产零部件供应商有望受益。
- ◆ **投资建议：**特斯拉人形机器人进展迅速，AI赋能推动解决痛点问题，人形机器人商业化进程有望加速，首次覆盖给予人形机器人行业“超配”评级，当前人形机器人处于从0到1的阶段，建议重点关注确定及潜在可能的产业链相关标的：1) **减速器环节：**重点推荐绿的谐波，关注三环传动（汽车组联合覆盖）、中大力德；2) **微电机环节：**重点推荐鸣志电器（电新组联合覆盖），关注江苏雷利（电新组联合覆盖，鼎智科技母公司）、步科股份；3) **伺服环节：**重点推荐汇川技术，关注雷赛智能、禾川科技；4) **旋转/线性关节环节：**重点推荐三花智控（汽车组联合覆盖）、拓普集团（汽车组联合覆盖）等。

评论：

◆ 特斯拉Optimus人形机器人迭代加速，AI下一个浪潮将是“具身智能”

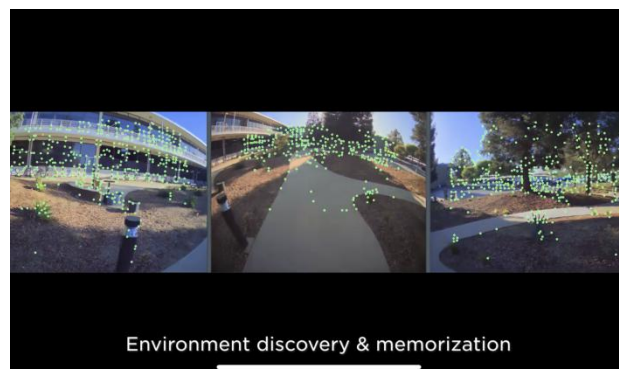
特斯拉展示Optimus最新视频，人形机器人需求量或达200亿台。2023年5月16日，特斯拉在2023股东大会上发布了Optimus人形机器人最新演示视频，展示了其在自然行走、电机扭矩控制、力度控制、环境识别及记忆等方面的进步。马斯克强调，现在是推进研发人形机器人的绝佳机会，因为可以共享大量自动驾驶领域的软硬件技术成果，Optimus将使用与该公司电动汽车相同的全自动驾驶系统（FSD）。同时，马斯克将人形机器人视作特斯拉长期价值的重要来源，他预计未来人形机器人总需求量将达到100亿台，甚至远超汽车。如果机器人与人的比例为2:1，需求量或将达到200亿台。人形机器人产业链价值的潜在市场空间巨大。

图1: 特斯拉人形机器人 Optimus 结构



资料来源: 特斯拉第二届人工智能日, 国信证券经济研究所整理

图2: 特斯拉人形机器人 Optimus 环境识别能力展示



资料来源: 2023 年特斯拉股东大会, 国信证券经济研究所整理

特斯拉 2021 年 8 月首次提出人形机器人计划, 技术迅速迭代、重要性不断提升。2021 年 8 月 20 日, 马斯克在首届特斯拉人工智能日 (AI DAY) 上首次发布特斯拉人形机器人 (Tesla Bot) 计划, 代号“擎天柱” (Optimus)。2022 年 4 月, 马斯克在财报会议上指出, Optimus 的重要性将在未来几年逐渐显现, 最终将比汽车业务更具价值。2022 年 9 月, 路透社发表报道称马斯克在某次 TED 演讲中表示, 机器人可以用于家庭, 做饭、修剪草坪和照顾老人, 甚至成为“朋友” (buddy)。2022 年 10 月, 特斯拉第二届人工智能日 (AI DAY), 擎天柱首次在没有任何支撑的情况下亮相, 马斯克表示特斯拉将致力于大规模量产并降低成本, 预计最终价格不到 2 万美元; 2023 年 5 月 16 日, 马斯克在 2023 股东大会上展示了 Optimus 人形机器人最新演示视频, 展示其最新产品进步。

图3: 特斯拉人形机器人 Optimus 发展历程



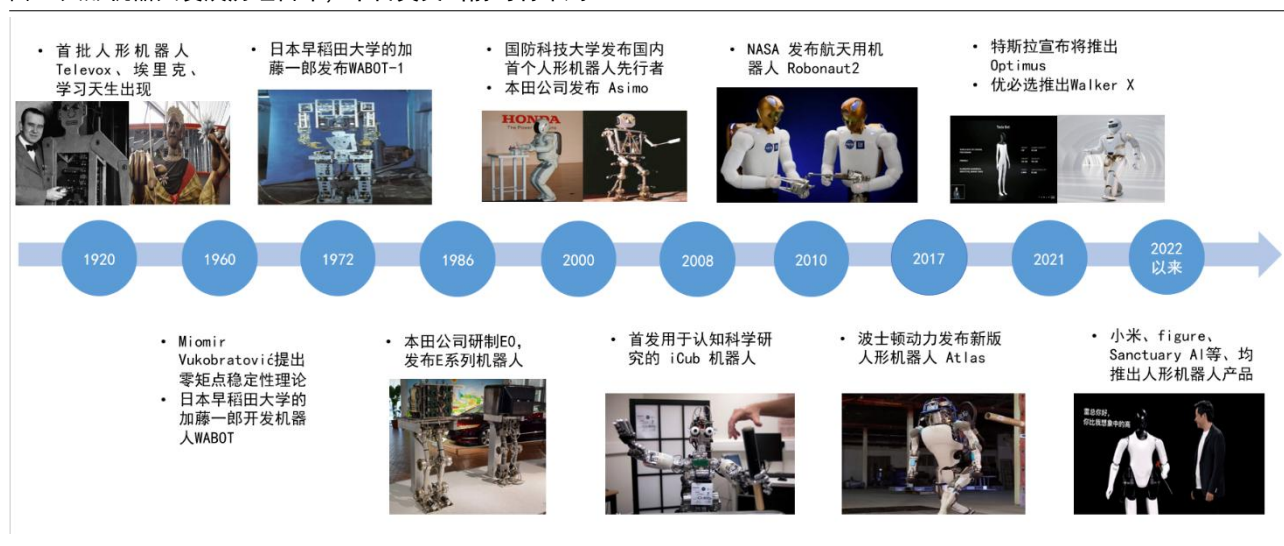
资料来源: 特斯拉第一、二届人工智能日、路透社、2023 年特斯拉股东大会, 国信证券经济研究所整理

AI 下一个浪潮将是“具身智能”，潜在万亿赛道前景广阔。5 月 16 日, NVIDIA (英伟达) 创始人黄仁勋在比利时举行的 ITF 2023 年半导体大会上表示, 下一波人工智能浪潮是“具身人工智能 (embodied AI)”。具身人工智能指有身体并支持物理交互的智能体, 需要像人一样能与环境交互感知, 自主规划、决策、行动。此前人类依赖手写代码来控制机器人, 而进入 AIGC 时代, GPT 等 AI 大模型有望有效解决这一痛点。已有不少研究者尝试将多模态的大语言模型作为人类与机器人沟通的桥梁, 如 2023 年 3 月谷歌和柏林工业大学推出的史上最大的视觉-语言模型: PaLM-E, 既可理解图像, 也能理解并生成语言、执行各种复杂的机器人指令而无需重新训练; 2023 年 4 月, 微软研究团队展示了多个 ChatGPT 解决机器人难题的示例。作为“具身人工智能”的理想载体, 如特斯拉的 Optimus、波士顿动力的 Atlas 和 Spot、优必选的 Walker X 等已有人形机器人, 有望充分受益“机器人+AI”趋势带来的发展机遇。

◆ 人形机器人复盘：持续发展近百年，AI 赋能有望带来历史性跨越发展

人形机器人发展历史超百年，中日美英等国推出人形机器人产品。复盘人型机器人发展历史，行业发展已近百年。1920 年代后期，美国通用电器制造商西屋电气公司发明的“Televox”、英国 W.H. 理查兹和飞机工程师艾伦·雷菲尔发明的“埃里克”以及日本生物学家西村诚发明的“学习天生”成为世界上首批人形机器人。1960 年，Miomir Vukobratović 提出了零矩点（ZMP）稳定性理论，为人形机器人发展奠定了重要基础，日本早稻田大学的加藤一郎（Ichiro Kato）大约在同一时间开发了第一个人形静态机器人和后来的动态平衡机器人 WABOT。2000 年，中国国防科技大学发布国内人形机器人“先行者”。2008 年，用于认知科学研究的 iCub 机器人首次发布，2016 年，NeuroRobotics Robot Designer 平台建立，旨在创建有大脑的机器人。2021 年以来，特斯拉、小米、优必选、Sanctuary AI 等企业均推出了自己的人形机器人产品。其中，优必选为我国人形机器人行业龙头，深耕人形机器人行业超 11 年，具备人形机器人全栈式技术能力，已突破机器人运动规划和控制、伺服驱动器、计算机视觉、语音交互、SLAM 导航、视觉伺服操作、人机交互、机器人操作系统应用框架 ROSA 等核心技术。

图4：人形机器人发展历经百年，中日美英当前均有布局



资料来源：《Humanoid robotics-History, current state of the art, and challenges》、国信证券经济研究所整理

表1：目前已推出主要人形机器人参数对比

名称	发布时间	研发厂商	基本参数			价格	商业化程度	应用场景
Pepper	2014 年	日本软银	高度：121 厘米	重量：29 公斤	自由度：20 个	约 20 万日元	2018 年停产	教育、商品、护理和医疗机构
EVE	2015 年	挪威 1X Technologies	高度：186 厘米	重量：83 公斤	-	-	已在挪威和北美生产	生产、后勤、保卫
新版 Atlas	2017 年	美国波士顿动力	高度：150 厘米	重量：89 公斤	自由度：28 个	200 万美元	尚未商业化	科研平台
Walker x	2021 年	中国优必选	高度：130 厘米	重量：63 公斤	自由度：41 个	-	正在推进	展览、影视、商演、科研开发
CyberOne	2022 年	中国小米	高度：177 厘米	重量：52 公斤	自由度：21 个	-	起步阶段	探索研究

资料来源：软银官网、波士顿动力官网、优必选官网、小米官网、1X Technologies 官网、国信证券经济研究所整理

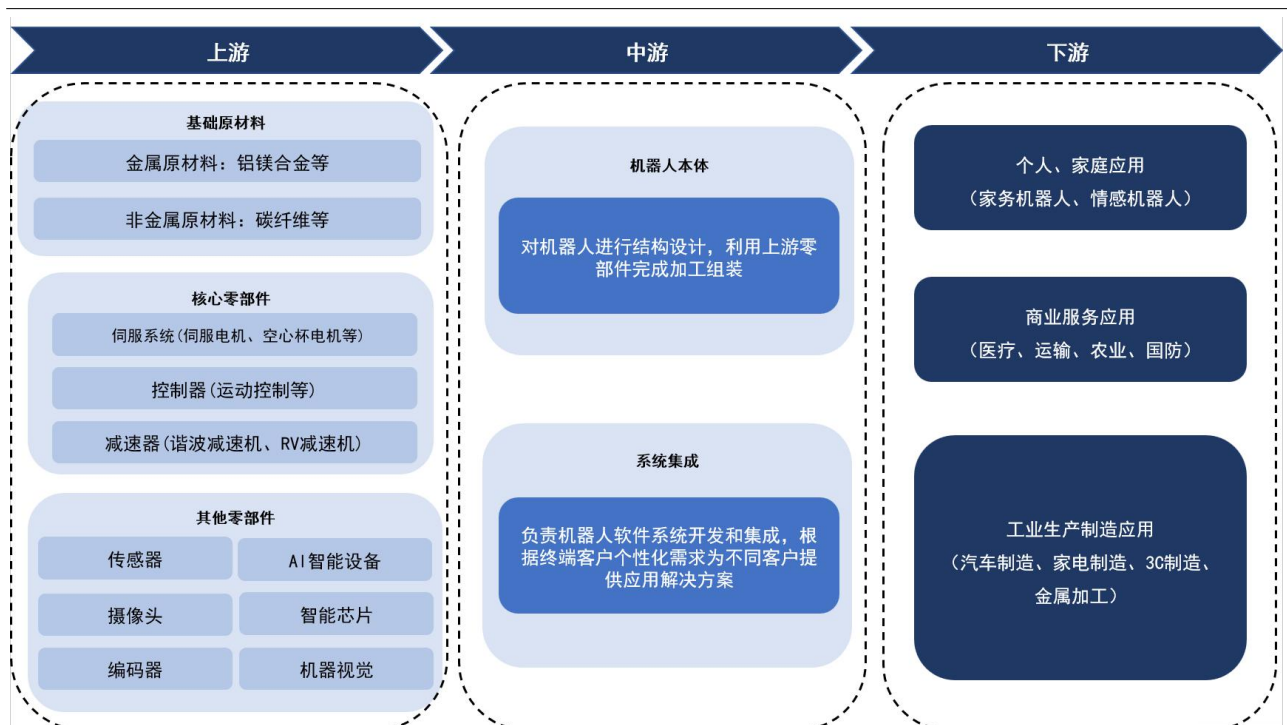
◆ AI 助力人形机器人解决痛点问题，商业化有望加速

人形机器人核心技术分别为运动控制、人机交互、环境感知三类。1) **运动控制**：运动控制系统主要负责运动规划及高性能伺服驱动器控制，相当于人的躯干及四肢。运动控制系统首先进行具体运动任务规划，提供精确及可重复的驱动机制，并控制机器人实现广泛的灵活运动并实现操作、移动及运动等功能。涉及硬件主要包括电机、减速器、控制器、电池等；2) **人机交互**：人机交互系统主要负责机器人与人之间可以通过语音、表情等方式进行交流，相当于人的大脑，系统包括负责数据整理和算力处理的存储器和智能芯片；3) **环境感知**：环境感知系统主要负责数据的前端采集，相当于人的眼、耳、鼻、皮肤等。其中，计算机视觉能够使机器人识别各类事物，帮助其判断下一次行动、动作或人机互动决策的物体细节。涉及硬件主要包括传感器、摄像头、雷达等。

AI 赋能加速人形机器人技术升级，“大脑+小脑”同步发展。GPT 大模型技术在人形机器人上的应用有助于其商业化进程推进。一方面，大模型可解决“大脑”自主思考问题，使其具备理解与推理能力。边缘端布局的面向机器人作业的中模型可快速处理传感信息，结合运动规划与控制小模型，从而构建出一体化智能机器人系统，完成人形机器人的智能闭环。另一方面，更强算力可提升机器人“小脑”运动控制能力，此前人类依赖手写代码来控制机器人，进入 AIGC 时代，GPT 等 AI 大模型有望有效解决这一痛点，已有不少研究者尝试将多模态的大语言模型作为人类与机器人沟通的桥梁。作为“具身人工智能”的理想载体，如特斯拉的 Optimus、波士顿动力的 Atlas 和 Spot、优必选的 Walker X 等已有人形机器人，有望充分受益“机器人+AI”趋势带来的发展机遇。

人形机器人产业链的上游为基础原材料以及零部件，中游为机器人本体和系统集成，下游为不同应用场景。原材料主要有非金属碳纤维和金属材料铝镁合金等，三大核心零部件分别为伺服系统、控制器、减速器，是直接决定机器人的性能、可靠性和运动能力，对机器人整机起着至关重要的作用；其他零部件包括编码器、传感器、AI 智能设备、系统软件等。中游机器人本体是对机器人进行结构设计，利用上游零部件完成加工组装；系统集成是负责机器人软件系统开发和集成，根据终端客户个性化需求为不同客户提供应用解决方案。下游包括个人、家庭应用、商业服务应用以及工业生产制造应用等不同应用场景。

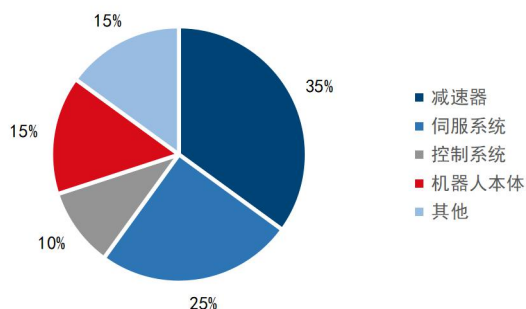
图5：人形机器人产业链梳理



资料来源：智能机器人研究、Ofweek、国信证券经济研究所整理

伺服器、减速机、控制器是人形机器人三大核心零部件，成本占比超 70%。参考工业机器人，根据华经产业研究院数据，核心零部件占工业机器人成本约 70%，其中减速机、伺服系统、控制器分别占比约 35%、25%、10%。考虑到人形机器人相较于传统工业机器人自由度大幅提升，预计减速机、电机成本占比将会更高。1) **伺服系统**：伺服系统是能精确控制执行机构的自动控制系统，主要由伺服驱动器、伺服电机和编码器组成。伺服系统是工业自动化的关键零部件，能够控制物体的位置、方位、状态等输出量随着输入量的变化而变化，是实现精准定位、精准运动的必要途径。2) **减速机**：精密减速器是连接伺服电机和执行机构的中间装置，通过齿轮啮合将伺服电机的动力传递到执行机构上，起到匹配转速和传递转矩的作用。目前应用于机器人领域的减速器主要有 RV 减速器和谐波减速器。3) **控制系统**：控制系统相当于机器人的大脑，负责向机器发布和传递指令动作，控制机器人在工作中的运动位置、姿态和轨迹。

图6：工业机器人成本结构



资料来源：华经产业研究院，国信证券经济研究所整理

图7：特斯拉人形机器人 optimus 构造细节



资料来源：特斯拉第二届人工智能日，国信证券经济研究所整理

Optimus 全身共有 40 个驱动器，零部件类型多用量大。马斯克于特斯拉第二届人工智能大会上公布了人形机器人 Optimus 的细节。Optimus 身高 173cm，重量 73kg，设计行走时速为 8km/h，可搬运约 20 磅（10kg）重的中小型货物。**核心部件方面**，Optimus 全身共有 40 个驱动器，其中躯干有 28 个、手部 12 个。躯干部分分别为 14 个旋转关节执行器和 14 个线性关节执行器，双手共 12 个驱动器。可能涉及的核心零部件包括谐波减速器、电机、滚珠丝杠、传感器等。

◆ 产品性价比优势显著，国产零部件厂商大有可为

降本为人形机器人商业化的关键之一，我国零部件厂商性价比优势显著。现阶段人形机器人的成本较高，主要是由于机械结构复杂、控制系统和传感器等部件的成本较高，导致整机成本居高不下，国产机器人零部件企业有望基于产品性价比优势获得更多参与机会。**减速机方面**，绿的谐波是国内首家谐波减速器企业，国内谐波减速器龙头；双环传动和中大力德为我国 RV 减速器领先企业。**伺服系统方面**，汇川技术是国内工控领域龙头；禾川科技和雷赛智能是智能装备运动控制领域行业的领先企业。**电机方面**，鸣志电器全球领先的电机及驱动系统制造商，深入布局步进电机、无刷电机、伺服电机、空心杯电机等产品。**关节方面**，三花智控为全球领先的生产和研发制冷空调控制元件和零部件的厂商，持续加强机器人机电执行器业务投入；拓普集团积极布局机器人产业，样品已获得客户认可。人形机器人本体方面，优必选是国内顶尖的人工智能和人形机器人研发企业，已向港交所递交招股书。小米于 2022 年 8 月发布全尺寸人形仿生机器人 CyberOne，由小米机器人实验室全栈自研完成，除实现双足运动姿态平衡外，还可感知 45 种人类语义、对真实世界三维虚拟重建等。

表2：国内人形机器人产业链机械行业重点企业

所属类型	代码	公司名称	主营业务	23-24 年预测净利润 (亿元)	23-24 年预测 PE (亿元)	总市值 (亿元)
减速器	688017. SH	绿的谐波	精密谐波减速器的规模化生产及销售，产品广泛应用于工业机器人、服务机器人、等高端制造领域。	2. 47/3. 41	92/67	228
	002896. SZ	中大力德	机械传动与控制应用领域关键零部件的研发、生产、销售和服务，主要产品包括精密减速器、传动行星减速器等。	0. 99/1. 49	41/27	40
	002472. SZ	双环传动	专注于机械传动齿轮行业，国内少数能够生产制造人形机器人核心零部件 RV 减速器的厂家之一。	8. 02/10. 50	25/19	205
电机	603728. SH	鸣志电器	传感器、步进电机、直流电机、仪动传感装置。	4. 16/6. 35	51/33	210
	300660. SZ	江苏雷利	家用电器微特电机及智能化组件的研发生产与销售。	3. 51/4. 63	24/18	83
	688160. SH	步科股份	从人机交互到控制、驱动和执行等一系列较为完整的拥有自主知识产权的工控产品线，以及数字化工厂及工业互联网解决方案。	1. 15/1. 49	34/26	39
	873593. BJ	鼎智科技	主业为医疗及工业自动化用线性执行器、编码器、驱动器及其组件为基础的精密运动控制系列产品生产及销售。	1. 33/1. 76	33/25	43
伺服系统	300124. SZ	汇川技术	工业自动化控制产品的研发、生产和销售，国内最大的中低压变频器与伺服系统供应商	52. 57/67. 19	30/23	1565
	688320. SH	禾川科技	工业自动化产品的研发、生产、销售及应用集成，主要产品包括伺服系统、PLC 等。	1. 78/2. 63	33/22	59
	002979. SZ	雷赛智能	智能装备运动控制领域行业领先企业。	2. 48/3. 14	26/20	64
关节环节	002050. SZ	三花智控	全球领先的生产和研发制冷空调控件元件和零部件的厂商，持续加强机器人机电执行器业务投入。	31. 13/38. 52	29/24	910
	601689. SH	拓普集团	主要产品为汽车 NVH(即减震降噪及舒适性控制)领域橡胶减震产品和隔音产品，积极布局机器人产业。	23. 49/32. 73	28/20	662
本体	603666. SH	亿嘉和	从事电力等行业智能机器人的研发、制造和应用。	2. 46/4. 96	34/17	83
	-	优必选	人工智能和人形机器人研发、平台软件开发运用及产品销售。	-	-	-

资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

注：23-24 年预测净利润以及 23-24 年预测 PE 值均为 Wind 一致性预测。

◆ 投资建议：首次覆盖给予“超配”评级

特斯拉人形机器人进展迅速，AI 赋能推动解决痛点问题，人形机器人商业化进程有望加速，首次覆盖给予人形机器人行业“超配”评级，当前人形机器人处于从 0 到 1 的阶段，建议重点关注确定及潜在可能的产业链相关标的：1) **减速器环节**：重点推荐绿的谐波，关注双环传动（汽车组联合覆盖）、中大力德；2) **微电机环节**：重点推荐鸣志电器（电新组联合覆盖），关注江苏雷利（电新组联合覆盖，鼎智科技母公司）、步科股份；3) **伺服环节**：重点推荐汇川技术，关注雷赛智能、禾川科技；4) **旋转/线性关节环节**：重点推荐三花智控（汽车组联合覆盖）、拓普集团（汽车组联合覆盖）等。

◆ 风险提示：

人形机器人商业化进程不及预期；下游需求不及预期；AI 技术发展不及预期；国产零部件厂商订单低于预期的风险。

免责声明

分析师声明

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

国信证券投资评级

类别	级别	说明
股票 投资评级	买入	股价表现优于市场指数 20%以上
	增持	股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	股价表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	卖出	股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	超配	行业指数表现优于市场指数 10%以上
	中性	行业指数表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	低配	行业指数表现弱于市场指数 10%以上

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所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或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中所意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。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。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路 125 号国信金融大厦 36 层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 层

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层

邮编：100032