

通信

通信赋能机器人在 AI 浪潮下茁壮成长，产业链星辰大海

机器人市场规模持续扩大，25 年有望成为量产元年

随着人工智能和机器人技术的飞速进步，机器人产业正在迅速渗透多个领域，市场空间稳步增长。根据国际机器人联合会（IFR）的数据，2024 年全球工业机器人市场预计将达到 230 亿美元；中国市场也持续增长，2024 年产量将突破 55 万台，同比增长 29.53%。全球人形机器人市场预计从 2023 年的 21.6 亿美元增至 2029 年的 206 亿美元，年复合增长率 57%。

海内外多领域大厂入局，机器人或成为 AI 重要落地方向

Figure AI、优必选、宇树科技等初创企业不断迭代产品，特斯拉、英伟达、OpenAI、小鹏、华为等**跨界巨头积极布局**，2024 年人形机器人行业融资超 64 亿美元。多模态大模型赋予机器人环境理解和任务规划能力，推动其在工业制造、医疗护理、家庭服务和仓储物流等场景加速落地。未来 5-10 年，具身机器人有望从辅助角色到逐步承担危险、高强度任务，成为 AI 的重要终端，开启规模化应用时代。

上游核心零部件技术突破，驱动人形机器人产业化进程

①**电子皮肤**通过柔性材料和先进传感技术，为机器人提供精确的触觉反馈，使其能够在执行精细操作时避免过度用力或损坏物品，提升了机器人的操作灵活性与安全性。**代表厂商：汉威科技（机械联合覆盖）**

②**高算力模组**通过集成多种计算单元（CPU、GPU、NPU 等），为机器人提供强大的计算能力，支持复杂任务的实时执行和决策。通过算力/智能模组提供算力+通信能力，赋能机器人。**代表厂商：广和通、移远通信、美格智能等。**

③**控制器**作为机器人的“小脑”，赋能人形机器人运动规划、指令传递与数据处理，保证机器人运动的精准度。**代表厂商：拓邦股份、和而泰**

④**操作系统的创新**实现机器各部分模块的高效协同，确保了机器人的快速响应与任务执行的精确性。**代表厂商：东土科技**

⑤**惯性导航技术**，尤其是**惯性测量单元（IMU）**的应用，使得机器人能够在不依赖外部信号的情况下，实现精确的自主定位和运动控制。**代表厂商：华测导航（计算机联合覆盖）**

⑥**军工信息化**，人工智能技术加快推动国防装备向机械化信息化智能化融合发展，无人机、无人平台、无人系统加速开发，无人化装备正成为国防装备体系重要组成部分。**代表厂商：海格通信**

自主研发能力提升，国产化替代加速

随着自主研发能力的不断提升，国产化替代在 AI 机器人行业的各个环节加速推进。**汉威科技**旗下苏州能斯达的电子皮肤技术通过微纳传感器实现高精度的触觉感知，支持机器人在执行精细操作时提高灵活性和安全性；**移远、创耀科技**通过自主研发的 EtherCAT 从站控制芯片和 RISC-V 架构，逐步替代进口产品，显著降低了系统成本；**东土科技**与 26 家研究院所和企业共同成立“工业操作系统联盟”，其鸿道工业操作系统采用 100%自主可控的内核技术，具备强实时性和高可靠性。

投资建议：长期看好机器人产业链上游的高成长性，但需动态跟踪技术突破、成本曲线与竞争格局变化，建议积极关注具备全栈技术能力与产业链协同优势的龙头企业，如汉威科技（机械团队联合覆盖）、广和通、美格智能、拓邦股份（电子团队联合覆盖）、移远通信等。

风险提示：机器人技术迭代不及预期、机器人成本居高不下、机器人商业化落地进度滞后、下游景气程度走低、行业竞争加剧、政策与标准不确定性风险等。

证券研究报告

2025 年 05 月 24 日

投资评级

行业评级 强于大市(维持评级)
上次评级 强于大市

作者

王奕红 分析师
SAC 执业证书编号：S1110517090004
wangyihong@tfzq.com

袁昊 分析师
SAC 执业证书编号：S1110524050002
yuanhao@tfzq.com

唐海清 分析师
SAC 执业证书编号：S1110517030002
tanghaiqing@tfzq.com

行业走势图



资料来源：聚源数据

相关报告

- 《通信-行业研究周报:AI 带动阿里&腾讯业务活力,积极看好 AI 与军工信息化》 2025-05-18
- 《通信-行业专题研究:新旧动能引擎完成切换,积极看好行业机会》 2025-05-13
- 《通信-行业研究周报:AI 仍是海外 CSP 巨头重要投入方向,持续看好 AI 产业链》 2025-05-11

重点标的推荐

股票 代码	股票 名称	收盘价 (元) 2025-05-23	投资 评级	EPS(元)				P/E			
				2024A	2025E	2026E	2027E	2024A	2025E	2026E	2027E
300007.SZ	汉威科技	37.66	增持	0.23	0.45	0.55		87.33	83.69	68.47	
300638.SZ	广和通	26.20	增持	0.87	0.75	0.95	1.15	30.11	34.93	27.58	22.78
002881.SZ	美格智能	44.18	增持	0.52	0.95	1.35	1.80	84.96	46.51	32.73	24.54
002139.SZ	拓邦股份	13.56	买入	0.54	0.68	0.86	1.08	25.11	19.94	15.77	12.56
603236.SH	移远通信	71.75	增持	2.25	2.75	3.55		30.44	26.09	20.21	
300627.SZ	华测导航	43.50	增持	1.06	1.43	1.86		39.34	30.42	23.39	
002465.SZ	海格通信	11.78	增持	0.02	0.21	0.35	0.54	589.00	56.10	33.66	21.81

资料来源：wind，天风证券研究所，注：PE=收盘价/EPS，eps 为天风研究所预测

内容目录

1. 机器人发展空间广阔，巨头纷纷入局迎璀璨大时代.....	5
1.1. 机器人加速渗透各领域，市场空间有望高增.....	5
1.2. 巨头大厂入局，机器人璀璨大时代.....	8
1.3. 工业机器人技术日趋成熟，人形机器人量产有望全面带动上游零部件.....	10
2. 电子皮肤：人形机器人的触觉革命.....	11
2.1. 智能设备自然交互需求不断增长，加速传感器领域研发突破.....	11
2.2. 汉威科技：气体传感器业务起家，切入电子皮肤具备技术先发优势.....	14
3. 智能通信与算力模组：推动机器人产业智能化、联网化的核心动力.....	15
3.1. 智能模组革新：AI 与算力融合驱动机器人产业飞跃发展.....	15
3.1.1. 移远通信：高算力智能模组驱动 AIoT 创新与具身智能交互的新纪元.....	16
3.1.2. 广和通：推出全栈“星云”系列模组，赋能机器人行业多元化发展.....	18
3.1.3. 美格智能：高算力 AI 模组龙头，推动具身智能机器人发展.....	19
3.2. 工业通讯+机器人：神经网络与运动控制，自主化协议打开通信芯片新空间.....	20
3.2.1. 创耀科技：EtherCAT 芯片与 RISC-V 架构协同，赋能具身智能工业新生态.....	21
4. 智能控制器：机器人“小脑”，赋能人形机器人运动规划、指令传递与数据处理.....	22
4.1. 作为机器人核心组件，智能控制器市场不断增长.....	22
4.2. 相关企业进展.....	22
4.2.1. 拓邦股份：以创新空心杯电机技术驱动人形机器人及多领域智能控制解决方案.....	22
4.2.2. 和而泰：创新触感人体屏技术，引领触觉交互解决方案.....	23
5. 惯性导航测量单元：人形机器人高效自主运动的核心驱动力.....	23
5.1. 惯性导航：自主定位与高精度感知驱动人形机器人进阶.....	24
5.2. 华测导航：领先惯性导航技术，用精准时空信息构建智能世界.....	25
6. 操作系统：机器世界的神经网络.....	27
6.1. 工业操作系统：实时嵌入式架构赋能具身智能，国产联盟生态破局技术垄断.....	27
6.2. 东土科技：打造自主可控工业操作系统，探索工业科技新边界.....	28
7. 军工信息化：AI 无人化技术驱动国防升级.....	28
7.1. 无人化作战：AI 技术赋能陆海空全域协同.....	28
7.2. 海格通信：全频通信与北斗导航领军，无人系统打造国防新标杆.....	29
8. 其他具身智能领域.....	30
8.1. 协创数据：全栈智能+异构算力，加速布局 AI 硬件和具身智能.....	30
9. 总结.....	31
10. 风险提示.....	32

图表目录

图 1：2018-2024 年中国工业机器人产量及增速.....	5
图 2：2019-2024 年中国工业机器人市场规模趋势预测图（亿元）.....	5
图 3：2021-2024 年中国服务机器人产量及增速.....	5

图 4：中国服务机器人细分市场占比情况（截至 2025 年 2 月）	5
图 5：2020-2025 年全球服务机器人市场规模预测趋势图（亿美元）	6
图 6：2020-2025 年中国服务机器人市场规模预测趋势图（亿元）	6
图 7：2019-2024 年全球特种机器人市场规模预测趋势图（亿美元）	6
图 8：2019-2024 年中国特种机器人市场规模预测趋势图（亿元）	6
图 9：2024 年中国特种机器人细分市场占比情况	7
图 10：2024-2029E 全球人形机器人市场规模（亿美元）	7
图 11：2024-2029E 国内人形机器人市场规模（亿元）	7
图 12：人形机器人产业链	11
图 13：人形机器人零部件及成本构成	11
图 14：皮肤的结构与仿生三维电子皮肤概念图	12
图 15：电子皮肤在人形机器人中的应用	12
图 16：特斯拉 Optimus Gen2 用指尖捏合生鸡蛋	13
图 17：苏州能斯达主要柔性传感器产品	15
图 18：蜂窝物联网模组代际演变	16
图 19：移远通信大模型解决方案全语音链路架构	17
图 20：移远通信 AI 玩具解决方案，接入火山引擎豆包 RTC 实现大模型的云端部署	17
图 21：广和通具身智能开发平台 Fibot	18
图 22：广和通赋能昶氪科技实现全球首款纯视觉割草机大规模商用	18
图 23：美格智能智能模组/高算力 AI 模组矩阵	19
图 24：美格智能携手意迈智能发布 2 款全新微小型 AI 机器人产品	20
图 25：创耀科技 EtherCAT 从站控制芯片	21
图 26：2020-2030 年中国空心杯电机市场增长情况（百万人民币）	23
图 27：拓邦股份空心杯电机产品	23
图 28：惯性导航技术示意图	24
图 29：优必选 Walker X 产品参数示意图	25
图 30：华测导航产品应用领域	25
图 31：华测导航惯性导航产品	26
图 32：领航员 NX510 北斗农机自动驾驶系统	26
图 33：华测导航无人船产品	26
图 34：东土科技操作系统工业机器人应用案例	28
图 35：“天腾”低空飞行管理服务平台	29
图 36：“九天”重型无人机	29
图 37：协创数据 AIoT 物联网平台接入设备	30
图 38：协创数据全球算力据点	30
表 1：工业机器人领域主要企业	8
表 2：服务机器人领域主要企业	8
表 3：人形机器人领域主要企业	9
表 4：电子皮肤主流的传感器技术路线	14

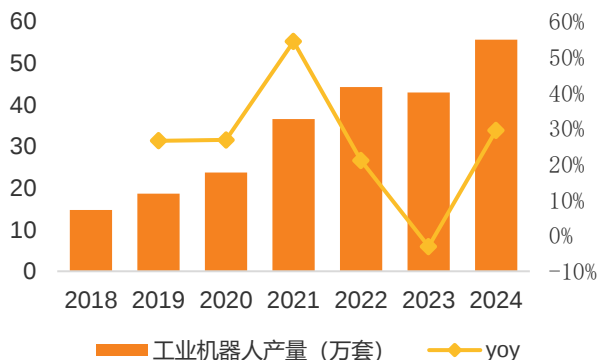
1. 机器人发展空间广阔，巨头纷纷入局迎璀璨大时代

1.1. 机器人加速渗透各领域，市场空间有望高增

从全球范围来看，机器人被誉为“制造业皇冠顶端的明珠”，其研发、制造、应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志，已成为全球新一轮科技和产业革命的重要切入点。在人工智能、硬件、网络、云计算等技术融合发展下，机器人智能化、柔性化程度不断提高，对场景的自适应能力越来越强，机器人在各领域加速渗透。随着人口老龄化加剧、劳动供给紧张，政策加码、赋能机器人产业发展，AI 等领域持续投入、技术迭代突破，机器人提高生产效率、解放生产力，“机器人+”大时代有望来临。

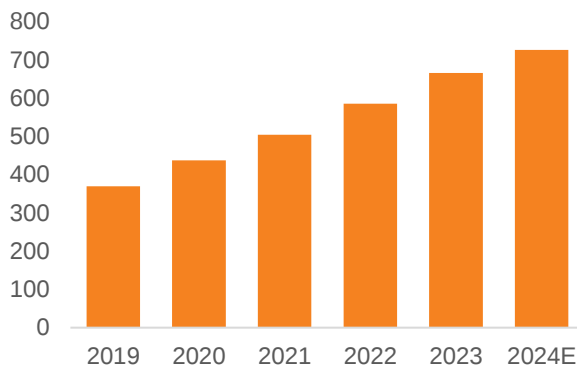
在工业机器人方面，国际机器人联合会（IFR）统计数据显示，2021 年，全球工业机器人市场规模为 175 亿美元，安装量创下历史新高，达到 48.7 万台，同比增长 27%。随着市场需求的持续释放以及工业机器人的进一步普及，工业机器人市场规模将持续增加，预计 2024 年将有望达到 230 亿美元。近五年我国工业机器人市场规模始终保持增长态势，2022、2023 年分别为 585.17、665.88 亿元，据工商产业研究院估计，预计 2024 年将增至 726.42 亿元。我国工业机器人产量持续增长，2023 年产量 42.95 万台，2024 年累计生产 55.64 万台，同比增长 29.53%。

图 1：2018-2024 年中国工业机器人产量及增速



资料来源：国家统计局、天风证券研究所

图 2：2019-2024 年中国工业机器人市场规模趋势预测图（亿元）

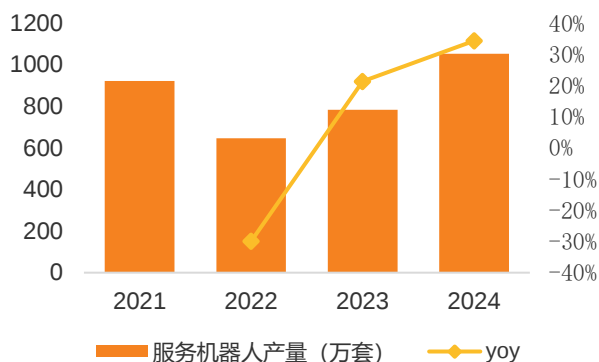


资料来源：IFR、中商产业研究院公众号、天风证券研究所

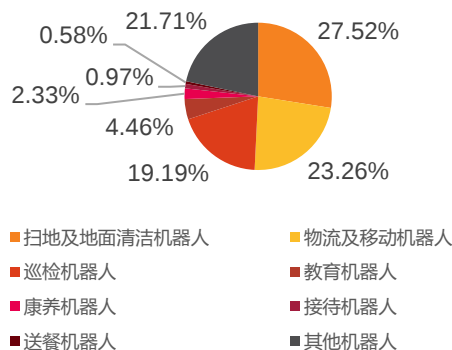
在服务机器人方面，近年来受到我国政策的重点支持。2024 年 6 月，国家发展改革委等部门发布《关于打造消费新场景培育消费新增长点的措施》，提出拓展智能机器人在清洁、娱乐休闲、养老助残护理、教育培训等方面功能，探索开发基于人工智能大模型的人形机器人。相关政策的出台将为企业提供良好的生产经营环境，并推动服务机器人商业化落地加速。2024 年中国服务机器人产量达到 1051.9 万套，较上年增长 34.29%。随着服务机器人产业化落地加速，预计 2025 年服务机器人产量将达到 1157.1 万套。从细分市场占比来看，目前我国服务机器人市场中，扫地及地面清洁机器人市场份额占比最大，达 27.52%；物流及移动机器人位列第二，市场份额达 23.26%；巡检机器人占比 19.19%；其他服务机器人市场占比比较小。

图 3：2021-2024 年中国服务机器人产量及增速

图 4：中国服务机器人细分市场占比情况（截至 2025 年 2 月）



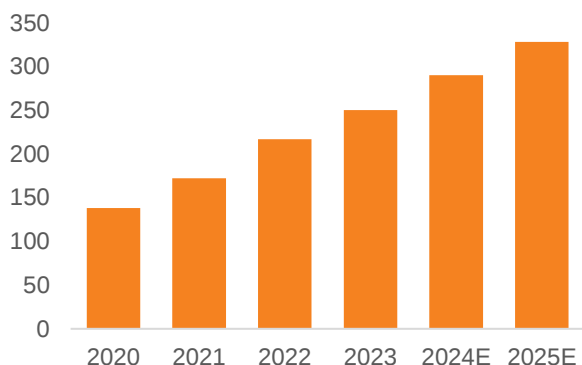
资料来源：国家统计局、天风证券研究所



资料来源：弗若斯特沙利文、中商产业研究院公众号、天风证券研究所

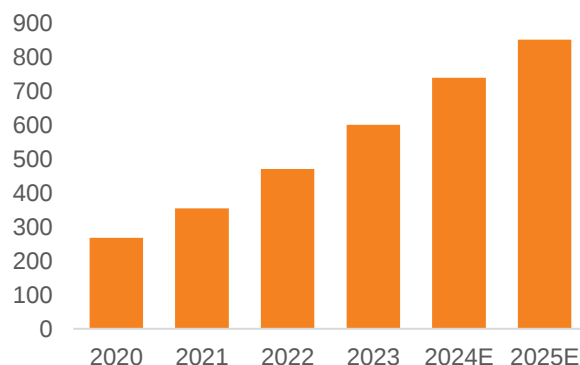
老龄化加剧与医疗、康复、陪伴需求增加，推动服务机器人市场空间不断拓展。据中商产业研究院，2023 年全球服务机器人市场规模约 250 亿美元，比上年增长 15.21%，预计 2024 年将达到 290 亿美元，2025 年达到 328 亿美元；2023 年中国服务机器人市场规模约 600 亿元，近五年年均复合增长率达 32.41%，预计 2024 年将达到 738 亿元，2025 年达到 850 亿元。

图 5：2020-2025 年全球服务机器人市场规模预测趋势图（亿美元）



资料来源：中国电子学会、中商产业研究院公众号、天风证券研究所

图 6：2020-2025 年中国服务机器人市场规模预测趋势图（亿元）

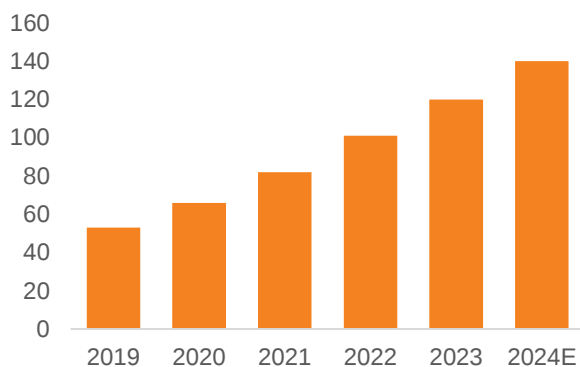


资料来源：中国电子学会、中商产业研究院公众号、天风证券研究所

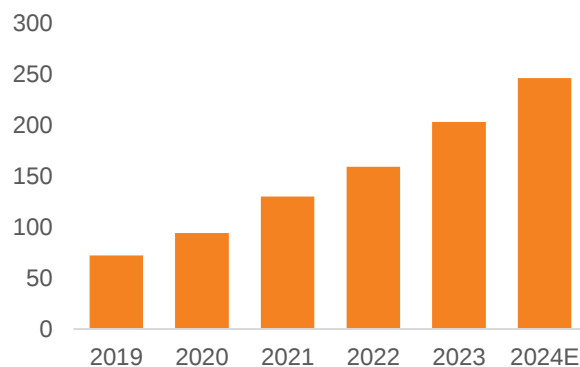
在特种机器人方面，近年来，全球特种机器人整机性能持续提升，在极端环境、危险作业等场景下的操作能力大幅增强，促进太空探测、深海探索、应急救援等应用领域的快速发展。2023 年全球特种机器人市场规模达到 120 亿美元，近五年年均复合增长率达 22.67%，预计 2024 年将达到 140 亿美元。当前，国内特种机器人市场保持较快发展，中国在应对地震、洪涝灾害、极端天气，以及矿难、火灾、安防等公共安全事件中，对特种机器人有着突出的需求。随着核心零部件国产化进程不断加快，中国特种机器人创新型企业大量涌现，产品优势不断增强，行业规模快速增长。2023 年中国特种机器人市场规模达到 203 亿元，近五年年均复合增长率达 29.36%，预计 2024 年将达到 246 亿元。

图 7：2019-2024 年全球特种机器人市场规模预测趋势图（亿美元）

图 8：2019-2024 年中国特种机器人市场规模预测趋势图（亿元）



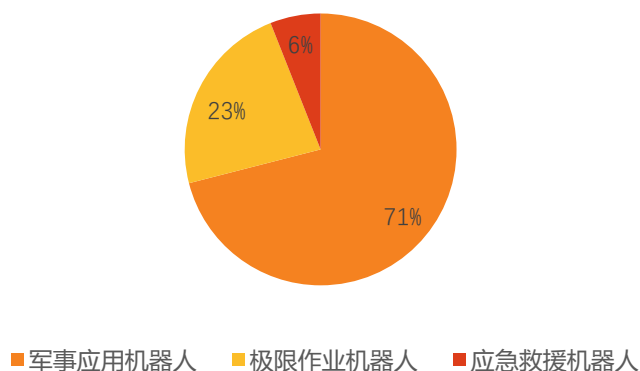
资料来源：中国电子学会、中商产业研究院公众号、天风证券研究所



资料来源：中国电子学会、中商产业研究院公众号、天风证券研究所

根据功能的不同，特种机器人可以分为军事应用机器人、极限作业机器人和应急救援机器人等。从细分市场占比来看，当前中国军事应用机器人、极限作业机器人和应急救援机器人市场占比分别为 71%、23%和 6%。未来随着军工智能化、无人化、信息化的加速推进，军用机器人占比有望持续提升。

图 9：2024 年中国特种机器人细分市场占比情况

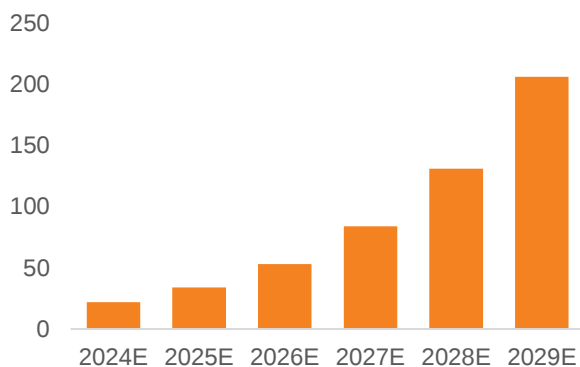


资料来源：中商产业研究院公众号、天风证券研究所

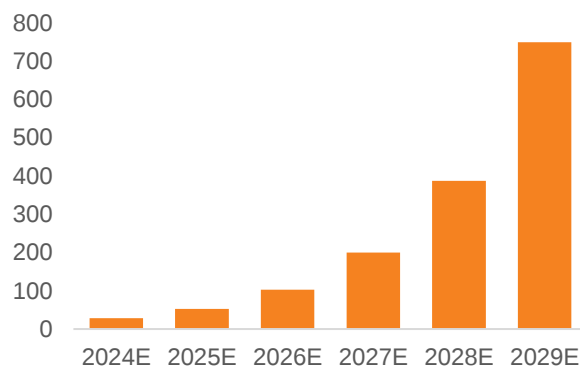
在人形机器人方面，2023 年全球人形机器人达到 21.6 亿美元规模，行业快速发展，初具规模。随着 2025 年各大厂产品量产，未来人形机器人将有望渗透 B 端各行业领域，快速形成商业化，据高工产业研究院数据，全球人形机器人销量预计从 2024 年的 1.19 万台增至 2030 年的 60.57 万台；据嘉世咨询，预计 2029 年全球市场规模将达到 206 亿美元，年复合增长 57%。我国人形机器人市场同样具有较大增长潜力，根据中国人形机器人产业大会数据，我国 2024 年人形机器人将达到 27.6 亿元市场规模，到 2029 年，产业加速规模化发展，应用场景渗透，有望达到 750 亿元，年复合增长超过 90%。

图 10：2024-2029E 全球人形机器人市场规模（亿美元）

图 11：2024-2029E 国内人形机器人市场规模（亿元）



资料来源：嘉世咨询、银创智库公众号、天风证券研究所



资料来源：嘉世咨询、银创智库公众号、天风证券研究所

1.2. 巨头大厂入局，机器人璀璨大时代

中国电子学会将机器人划分为工业机器人、服务机器人、特种机器人三类。工业机器人属于面向工业领域的多关节机械手或者多自由度的机器装置，它能够依靠自身动力和控制能力自动执行各类工作，实现多种功能。服务机器人则是在非结构环境下，集成多种高技术，为人类提供必要服务的先进机器人，具备感知、决策、执行等能力，并且可以和人类进行自然交互。特种机器人主要是用于代替人类从事高危环境和特殊工况工作的机器人，有着适应复杂环境的能力。

表 1：工业机器人领域主要企业

公司	概况
ABB（瑞士）	全球领先的机器人和机械自动化供应商，专注于提供机器人、自主移动机器人和机械自动化解决方案等全套产品组合，应用于汽车、电子、物流等不同领域。其 YuMi 系列协作机器人以人机协同为核心优势
发那科（日本）	全球知名工业自动化和数控（CNC）系统制造商之一，在工业机器人、数控机床、伺服电机等领域占据主导地位，产品广泛应用于汽车、电子、金属加工等多个行业。工业机器人全球市占率前三
安川电机（日本）	全球领先的机器人和运动控制解决方案提供商之一，产品包括 SCARA 机器人、轨道机器人、协作机器人、Delta 机器人、自主移动机器人等多种类型，适用于各种生产流程中的精密组装、加工、检测和包装等任务，还生产高速机器人，能够在高速和高精度的条件下完成各种操作任务
KUKA（德国）	全球工业机器人领域的先驱企业，业务涵盖工业机器人、移动机器人、协作机器人及智能制造解决方案，其 KR CYBERTECH 系列机器人连续五年蝉联全球销量冠军，2024 年市场份额达 18.7%
埃斯顿	国产工业机器人龙头，2024 年前三季度出货量居中国第二，拥有全系列覆盖 3-700kg 负载，87 款工业机器人产品。其参股的酷卓科技研发的 CODROID 01 人形机器人正积极进行下一轮的设计和小批量应用
新松机器人	业务覆盖工业机器人、移动机器人、特种机器人、协作机器人及服务机器人五大产品线，形成“智能工厂+智能制造+智能服务”的全产业链生态

资料来源：ABB 机器人公众号、智能制造商情公众号、兆骑科创平台公众号、广州宇瞻公众号、维科网机器人公众号等，天风证券研究所

表 2：服务机器人领域主要企业

公司	概况
波士顿动力（美国）	以 Atlas 人形机器人核心，技术聚焦动态平衡与复杂运动控制，最新版本 Atlas 3.0 采用电动执行器和 AI 操作系统，可在工业场景中完成零件分拣等任务
软银（日本）	Pepper 机器人应用于零售与客服场景，结合情感交互技术
科沃斯	服务机器人与高端智能电器两大行业的引领者和开拓者，引领开发了包括扫地机器人、擦窗机器人和空气净化机器人等在内的多款针对家庭地面清洁与环境健康的服务机器人
普渡科技	商用服务机器人代表，产品用于餐饮、酒店配送，全球出货量已经超过 9 万台，成为全球出货量最

高的服务机器人企业之一

资料来源：数字化企业公众号、机器人大讲堂公众号、信息与交互设计研究所公众号等，天风证券研究所

人形机器人：从机械行走到具身智能的飞跃。随着通用人工智能、感知和动力系统等技术的巨大进步，以及人口老龄化等社会现象的推动，人形机器人行业创新步伐加快。人形机器人是具备人类外形特征和行动能力的智能机器人，以双腿行走的方式，通过手臂和身体的协调完成功能，基于通用型算法和生成式 AI，具备语义理解、人机交互、自主决策等能力，并利用人机交互实现任务理解与反馈，需要强大的感知计算与运动控制能力。

海内外多领域大厂入局，机器人成为 AI 落地终端的重要场景。在人形机器人赛道上，国内外多家企业都有布局，元老级公司有波士顿动力、优必选、乐聚机器人等；初创企业有 Agility Robotics、Figure AI、智元机器人、宇树科技等；跨界公司有来自汽车、手机等领域的特斯拉、小鹏、比亚迪、小米、华为、三星、vivo 和来自芯片、算法和算力领域的有英伟达、OpenAI 等；原生机器人公司是指在过往的工业机器人、移动机器人等领域有一定成果，具备多年研发经验和成功案例的公司，主要有遨博智能、天链机器人等；科技公司最显著的优势在于人形机器人的“智能化”，在数据、算法和算力等方面有较多的积累，主要有华为、腾讯、科大讯飞等。据 Crunchbase，机器人行业在 2024 年获得了超过 64 亿美元的风险投资，巨头入局与大量资本支持表明了对行业的浓厚兴趣和乐观预期。

表 3：人形机器人领域主要企业

公司	概况
特斯拉	成立于 2003 年，是一家电动汽车及清洁能源行业跨国公司。2022 年 10 月，特斯拉人形机器人擎天柱 Optimus 首次亮相，2023 年 12 月发布 Optimus Gen2。根据马斯克的设想，Optimus 的目标是替代人类完成重复劳动、危险操作等工作，以智能助手的角色投入生产中。它将首先在特斯拉工厂做些移动搬运、零部件装配等工业级操作，之后可扩展至家庭等更复杂环境中，成为通用服务机器人。Optimus 预计 2025 年实现量产，并将于 2026 年年底前被星舰携带前往火星
英伟达	成立于 1993 年，核心业务包括 GPU、人工智能与高性能计算、数据中心与云计算、自动驾驶与机器人等。经过十余年的深耕，英伟达已在机器人领域构建起覆盖硬件、软件及生态协同的完整技术版图。在硬件层面，公司以 Jetson 系列为核心支柱，自 2014 年首款产品面世以来持续迭代，为各类机器人提供从边缘计算到高性能 AI 推理的全栈算力支持。软件体系方面，通过 Isaac 平台整合了仿真工具链、AI 加速库和开发框架，特别是基于 Omniverse 的 Isaac Sim 仿真环境，实现了物理级精确的机器人数字孪生测试。
OpenAI	创办于 2015 年，是一家开放人工智能研究和部署公司，在创立之初就对机器人有所布局。2017 年发布模拟工具集合 Roboschool，可在模拟环境中训练并应用于实体机器人；2018 年，训练了一只类似人类的机械手，但 2020 年由于缺乏足够训练数据，暂停了机器人项目，转向生成式人工智能的研究；2024 年 12 月，OpenAI 已经在探索构建自己的人形机器人，并和 Figure、1X 等著名机器人初创公司合作；2025 年 1 月公司发布硬件工程师招聘通知，标志着正式回归机器人赛道
Figure AI	创立于 2022 年，是美国通用人形机器人独角兽企业，推出 Helix 大模型，是能够对整个人形机器人上半身进行高频率、连续控制的视觉-语言-动作（VLA）模型；最新款 Figure 02 机器人能够在物流中心高效整理快递，通过自然语言指令识别并精准拾取几乎所有小型家居物品
Agility Robotics	成立于 2015 年，是从俄勒冈州大学拆分出来的机器人公司，主要面向物流、自动检查、娱乐和研究等应用开发双足机器人，公司目前主流的双足机器人是 Digit，业务重心是卸载货车、搬运箱子、管理货架等仓储工作
优必选	2012 年成立，2023 年底港股上市，是国内首个商业化的大型人形机器人公司。目前公司发布了 Walker、Walker X、熊猫机器人优悠三款大型人形机器人产品，面向 AI 教育、物流、康养、商业服务等多个行业提供解决方案

智元机器人	成立于 2023 年 2 月，致力于以 AI+机器人的融合创新，打造世界级领先的具身智能机器人产品及应用生态。2023 年 8 月发布第一代通用型具身智能机器人原型机远征 A1
宇树科技	成立于 2016 年，主要从事通用足式/人形机器人及灵巧机械臂的自主研发、生产和销售，已经推出多款消费级/行业级机器狗，和激光雷达、机械臂、电机、关节等核心零部件产品，并于 2023 年 8 月发布人形机器人
小鹏	成立于 2014 年，是一家中国领先的智能电动汽车公司。2023 年 10 月，公司发布首款人形机器人 PX5，采用“直腿”、大跨步行走方式提高续航里程，并实现了驱控一体，单手仅重 430g，具备末端触觉感知能力
华为	成立于 1987 年，是全球领先的信息与通信技术解决方案提供商。公司 2022 年 4 月与达闼机器人签署合作协议，共同推进人工智能和云端机器人产业发展；2023 年成立东莞极目机器人有限公司，专注于新一代信息技术、新材料、高端装备制造；2024 年 3 月与乐聚机器人合作，探索“华为盘古大模型+夸父人形机器人”的应用场景；2024 年 11 月，华为（深圳）全球具身智能产业创新中心宣布正式运营，与多家企业签署合作备忘录，推动具身智能产业发展

资料来源：优必选官网、宇树科技官网、华为官网，人民网公众号、钠仕源咨询公众号、财联社公众号、硬氪公众号、人形机器人联盟公众号等，天风证券研究所

机器人或成为 AI 重要落地方向，重点运用于工业、医疗、家庭服务、仓储物流等场景。多模态大模型赋予机器人通用的世界模型和语义理解能力，使其能“看懂”环境、“听懂”人类指令，并规划合理动作序列，实现场景泛化和任务灵活性，机器人将成为 AI 重要的应用终端。

在工业制造领域，具身机器人可利用现有人类工作环境和工具，实现“即插即用”劳动力补充。例如，智元远征 A2-W 人形机器人可用于柔性制造，与工人并肩作业，执行搬运、巡视等任务。预计未来 5-10 年内，具身机器人将逐步从助手走向主力，承担更多夜班、危险或高强度工作。

在医疗护理领域，机器人的运用可以极大减轻护理人员负担，提升服务一致性。近年来，通用人形机器人开始进入医疗场景试验，优必选的“云帆”引导患者就诊；手术机器人如达芬奇系统已广泛应用于微创外科手术，提高手术精度和稳定性。此外，护理和陪护机器人也有广阔的市场前景。未来，手术室机器人主刀、病房人形机器人辅助护理或将成为常态。

在家庭服务领域，当前已有简易家庭机器人如亚马逊的 Astro 提供巡逻、音乐播放等服务，送餐机器人和教育陪伴机器人也逐渐普及。随着大模型大脑、机械手和移动能力的完善，家政机器人将能执行更多任务；随着规模化生产和技术突破，家用机器人时代或将加速到来，为家庭带来便利舒适的智能生活。

在仓储物流领域，电子商务的繁荣推动了仓储分拣自动化的需求，催生了一批可以在仓库中自由活动、执行搬运任务的通用机器人。仓储物流环境相对可控、应用价值直接，是通用机器人规模化落地的桥头堡。未来几年，更多物流中心将引入具身机器人，应对电商高峰和用工短缺问题，实现全链条物流自动化，人类将更多承担监控管理角色。

1.3. 工业机器人技术日趋成熟，人形机器人量产有望全面带动上游零部件

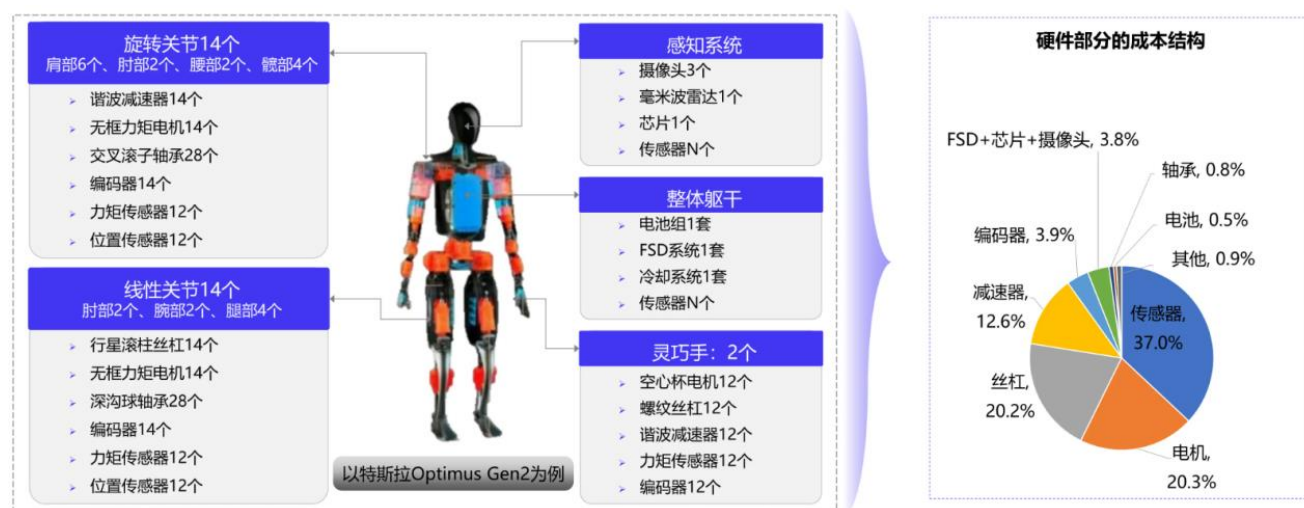
人形机器人核心零部件主要有电机、传感器、减速器、丝杠等。人形机器人产业链上游主要是电机、减速器等核心零部件和摄像头、轴承等其他零部件；中游是人形机器人本体制造，包括主要模块、内置的算法模型与系统、主要组成部分；下游是系统集成、产品销售与维修保养。产业链中核心零部件和关键模块组成人形机器人的旋转关节、线性关节、灵巧手、感知系统、躯干。以特斯拉 Optimus Gen2 为例，据零部件量产价格和所用数量，推算出人形机器人量产成本结构，其中电机、传感器、减速器和齿轮、丝杠成本占比较大，也是构成机器人的关键核心零部件。

图 12：人形机器人产业链



资料来源：XG 云数智公众号，《2024 人形机器人研究报告》创业邦&中国移动，天风证券研究所

图 13：人形机器人零部件及成本构成



资料来源：XG 云数智公众号，《2024 人形机器人研究报告》创业邦&中国移动，天风证券研究所

2. 电子皮肤：人形机器人的触觉革命

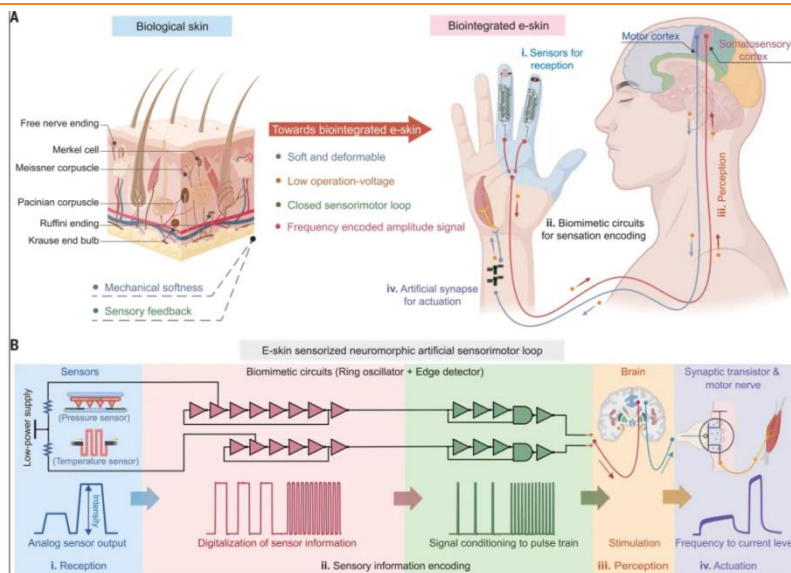
2.1. 智能设备自然交互需求不断增长，加速传感器领域研发突破

人形机器人传感器市场蓬勃发展，电子皮肤技术引领增长潮流。人形机器人智能化的关键在于感知能力的增强，而传感器作为感知的核心部件，起着至关重要的作用，人形机器人产业的扩张有望带动传感器行业进一步扩容。人形机器人主要会应用三大传感器，包括视觉传感器、触觉传感器以及力矩传感器。其中，触觉传感器又可分为柔性性与刚性两大类。电子皮肤是柔性触觉传感器的重要细分应用之一，具有柔韧性好、耐弯折、灵敏度高、能适应复杂形状表面等优点，能够精确感知抓取的度、触感和物体形状，使机器人能够细致地操作物体，避免过度用力或损坏物品。据 Precedence research，2024 年全球电子皮肤市场规模为 63 亿美元，预计到 2034 年将达到 300 亿美元，年复合增速将达到 17%；据共研网数据，国内人形机器人电子皮肤市场规模 2024 年约 4.6 亿元，2030 年预计增长至 90.5 亿元，期间 CAGR 高达 64.3%，展现超速增长潜力。

电子皮肤是一种阵列式柔性触觉传感器，以聚二甲基硅氧烷 PDMS、聚乙烯醇 PVA 等柔性

材料为基底，以碳纳米管、石墨烯、导电聚合物等为敏感材料，采用微纳加工技术制备而成。电子皮肤可类比人类皮肤的表皮层、真皮层以及皮下组织，将其分为上层包括柔性基材（轻质有弹性材料，如 PI、PET）、封装保护层（放水、防尘材料），中层为传感器层，检测压力、温度、湿度、化学物质等，实现敏捷响应，下层则是接口通信系统、电路和处理器，将电子皮肤采集的数据传输反馈给机器人脑。

图 14：皮肤的结构与仿生三维电子皮肤概念图



资料来源：科普中国公众号、天风证券研究所

电子皮肤应用场景多样，涵盖多个高潜力领域。 1) 人形机器人：电子皮肤提升了机器人的外观逼真度和触觉感知能力，使其与人类的交互更安全、自然。目前，它主要应用于灵巧手等局部部位，帮助机器人完成精细操作。2) 医疗健康监测：电子皮肤可实时监测心率、血压、体温等生理指标，为疾病诊断和治疗提供精准数据。例如，智能绷带能监测伤口愈合情况，健康监测手环则为用户提供个性化健康管理，助力疾病早期预警。3) 智能穿戴设备：在实时监测健康生理指标之外，电子皮肤可以设计药物接口，根据人体实时数据和健康状况，将药物直接通过电子皮肤释放到人体内，更快速有效完成治疗过程。4) 智能假肢：电子皮肤赋予假肢接近真实皮肤的外观和触觉感知能力，帮助截肢患者感知物体形状、硬度和纹理，精准抓握物品，从而提高生活自理能力和社交自信。

具体在人形机器人领域，电子皮肤可以应用于灵巧手和机械臂，服务工业制造、医疗手术、餐饮零售等适用场景。 通过覆盖手指、手掌和手臂的关键部位，电子皮肤可以为机器人提供全方位的触觉反馈。灵巧手能够通过电子皮肤感知物体的形状、纹理和硬度，从而调整抓取力度和姿态，实现更精细的操作。机械臂的手臂部分则可以通过电子皮肤感知外界的接触力，避免与障碍物发生碰撞，提升操作的灵活性和安全性。同时，在移动机器人领域，通过电子皮肤感知足底的压力分布，机器人能够实时调整步态和重心，适应不同的地面条件，如不平坦的地面、斜坡或光滑表面，提升了行走稳定性，从而能在复杂环境中自主导航，完成救援、探险等高难度任务。

图 15：电子皮肤在人形机器人中的应用



资料来源：柔性智能电子公众号、天风证券研究所

当前,电子皮肤在机器人下游领域已有突破性的试验与应用。2023 年 12 月特斯拉 Optimus Gen2 已完成指尖捏合生鸡蛋的毫米级操控,2024 年 1 月,机器人已具备从衣服盒中取出 T 恤、在桌上平铺衣物、连续折叠衣物等一系列精细化动作的能力。日本 SBRH 公司开发的护理机器人,能够凭借触感判断老人的跌倒风险,为老年人的生活安全保驾护航。清华大学研发的 3D 电子皮肤系统可在物理层面实现对压力、摩擦力和应变三种力学信号的同步解码和感知,对压力位置的感知分辨率约为 0.1 毫米。纳美达团队将纳米银线材料从实验室实现了大规模产业化,纳米银线黄光工艺通过卷对卷、大幅宽连续线生产,制程成本可在现在基础上降低 30%左右,大幅降低制程成本,物料加制程可降低 30%。

图 16: 特斯拉 Optimus Gen2 用指尖捏合生鸡蛋



资料来源：财联社公众号、天风证券研究所

当前,电子皮肤在技术上还有诸多突破难点与壁垒。在材料上,需同时实现压力、温度等

多模态感知，并兼具柔韧性、延展性及自修复性。现有材料的折叠寿命与生物相容性尚无法很好满足工业化、大规模量产需求，亟待新型复合材料突破。

在制造工艺上，柔性电子器件需在拉伸形变中维持功能稳定，对材料本身与工艺要求很高，且还需要解决密集电子器件面对外界电磁屏蔽的难题。同时实现低成本、高效率的规模化生产，对工艺优化提出更高挑战。

在传感器层方面，柔性触觉传感器对确保机器人灵巧手与人和环境之间的安全交互以及智能控制起着至关重要的作用，目前一共有 5 种主流技术路线，包括电阻式、电容式、压电式、光学式、霍尔效应式。每种路线壁垒均不低，都有一些优缺点，业界还未形成技术路线层面的收敛。

表 4：电子皮肤主流的传感器技术路线

技术路线	概况
电阻式传感器	基于压阻效应研发，通过材料形变引发的电阻变化检测压力。空间分辨率高，体积小，集成度高，成本低；但在宽量程压力范围内（极低压力和极高压力）信号一致性不佳。斯坦福大学通过 PDMS 弹性体与有机晶体管集成、RMIT 采用氧化物橡胶复合材料等方案正在突破材料瓶颈在宽量程压力范围内（极低压力和极高压力）信号一致性不佳、国产压阻材料的一致性和长期可靠性与国际水平有差距
电容式传感器	电容式触觉传感器受到法向力时，其上下电极板的间距发生改变，导致传感器的电容值发生变化；当传感器受到切向力时，上下电极的重合面积发生变化，也会导致传感器的电容值发生变化。便于测量三维力的大小。灵敏度与空间分辨率高，响应幅度宽，能够衍生为接近传感器的应用；但易受电气干扰的影响。
压电式传感器	一种基于压电效应的传感器，将压电式触觉传感器连接到电荷放大器和测量电路上，采集其与所受外力相关的电信号，从而实现触觉检测。不需要外部电源，更便于携带，且其材料刚度高，线性度好，响应灵敏；但易受噪声干扰，介电性会受温度影响，较难对切向力进行直接的定量测量。
光电式传感器	将传感器所受压力映射为光信号强度、波长等性质的变化，通过检测光学信号来检测传感器所受压力。分辨率高，无电气干扰的问题，有一定的切向力表征能力；但容易受到温度影响，且光纤的微弯曲会导致光损失。
霍尔效应传感器	当外力作用导致传感器内部的磁场变化或磁性材料的位移时，传感器输出电压或电流信号随之变化，从而感知外部力。分辨率高、灵敏度高，但结构复杂、体积较大、易受磁场干扰。

资料来源：思瀚研究院公众号、智车行家、深蓝资本 DeepBlue 公众号、天风证券研究所

柔性触觉传感器全球市场空间广阔，人形机器人需求驱动下带来增量市场。根据 QYResearch 数据预测显示，2022 年全球柔性触觉传感器市场约为 15.34 亿美元，预计 2029 年市场规模增长至 53.22 亿美元，2022-2029 年 CAGR 为 17.9%。

2.2. 汉威科技：气体传感器业务起家，切入电子皮肤具备技术先发优势

汉威科技 1998 年成立，于 2009 年在深交所创业板上市。公司秉持“成为以传感器为核心的物联网解决方案引领者”的产业愿景，通过多年的内生外延发展，构建了相对完整的物联网（IoT）生态圈，主要是以传感器为核心，将传感技术、智能仪表技术、数据采集技术、地理信息和云计算等物联网技术紧密结合，形成“传感器+监测终端+数据采集+空间信息技术+云应用+AI”的系统解决方案，业务应用覆盖传感器、智能仪表、物联网综合解决方案、居家智能与健康及公用事业等行业领域，在所涉及的产业领域中形成了相对领先的優勢。

2013 年携手苏州能斯达，专注柔性微纳传感技术的研发和产业化。2009 年，苏州纳米所研究院海归科学家带领科研团队在微纳电子与材料领域取得重要成果；在中科院产业中心和育成中心的支持下，2012 年能斯达团队雏形初现，聚焦柔性微纳系列产品的研发与产业化；2013 年苏州能斯达成为汉威科技成员企业，2024 年参与起草和制定了国内首个柔性

电子行业标准，填补行业空白。公司目前已建立了稳定的纳米敏感材料体系，掌握了柔性压阻、柔性压电、柔性温湿度、柔性电容四大核心技术，确立了柔性压力传感器、柔性压电传感器、柔性织物、柔性应变传感器、柔性温湿度传感器、柔性热敏传感器、柔性电容传感器七大产品系列，具备了阵列设计、敏感材料及导电墨水合成制备、大面积印刷电子批量制造等核心能力，拥有百余项核心专利，以及一条年产 1000 万支柔性传感器的超净印刷线和组装线。

图 17：苏州能斯达主要柔性传感器产品



资料来源：柔性智能电子公众号、天风证券研究所

公司产品技术领先，积极与下游客户开展合作。能斯达目前推出两款电子皮肤触觉模块 PPT100/FPT200，产品具有超轻薄（厚度小于 0.3mm，与 3 张 A4 纸相当）、超柔韧（反复弯曲 100 万次，依然可正常工作）、超密集（可集成 100 个传感点/cm²，分辨率高）、超灵敏（羽毛轻轻拂过的力度，也能精准检测）、超快速（从接触到响应，只需不到 1 毫秒）、可剪裁（更好地贴合终端产品，满足个性需求）的特点，能够与机器人高度融合，可以模拟人类的触觉感知能力，实现法向力、剪切力、温度等多模态工作场景。在客户方面，公司目前已与小米科技（2022 年 3 月获小米长江产业基金 2000 万元战投，持有股权 5.21%）、宇树科技、比亚迪、九号科技、深圳科易机器人等多家厂商积极展开合作。在生产方面，公司目前已具备四条成熟产线，包括两条印刷线、一条组装线和一条测试线，产品订单较为饱满，产能利用率较高。公司正根据需求增长筹划增加产线，提升产能，计划于 2025 年上半年完成新产线的搭建与试运行。

3. 智能通信与算力模组：推动机器人产业智能化、联网化的核心动力

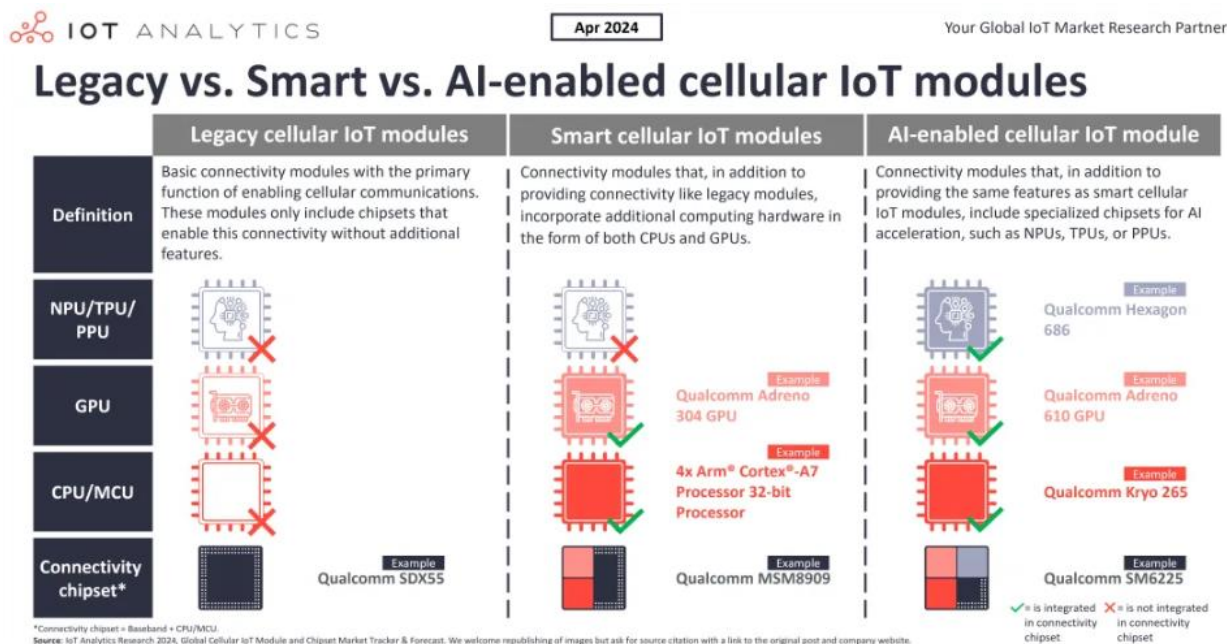
3.1. 智能模组革新：AI 与算力融合驱动机器人产业飞跃发展

通信模组是用于实现设备之间数据传输的集成电路模块，通常内置于各种通信设备中，负责接收和发送信号，使设备可以在 4G、5G、WiFi、BLE 或其他通信网络中进行数据交换。随着机器人在工业、医疗、服务等多个细分领域逐步迈入商业化落地阶段，无线通信模组作为关键部件将进一步拓展市场。2025 年 3 月，北京市经济和信息化局就《北京市 5G 规模化应用“扬帆”行动升级方案（2025—2027 年）（征求意见稿）》公开征集意见，其中提到为人形机器人预置 5G 模组，加强其与工业互联网的协同适配能力。

智能模组进化：从基础连接到 AI 算力集成的转变之路。传统模组属于基本连接模块，主要功能是实现蜂窝通信，这些模块仅包含支持这种连接的芯片组，无需附加功能。智能模组除了像传统模块一样提供连接功能外，还以中央处理器和图形处理器（CPU 和 GPU）的形式集成了额外的计算硬件。AI 智能模组/算力模组是面向各类对 CPU/GPU/AI 算力有强

需求的专用场景开发的智能模组产品。它是智能模组（通信+智能操作系统+强算力支撑）的一个子集，基于 SoC 芯片开发而成，集成和融合了多种计算单元（CPU、GPU、ASIC、FPGA、NPU 等），既有通用计算单元，也有高性能的专用计算单元，在减小尺寸、降低成本、降低功耗、易于开发等方面有突出优势，可提供不同等级的硬件算力，并根据场景需求，匹配 5G/Wi-Fi/千兆以太网等各类通信方式。2023 年，传统模组占全球出货量 96%，智能模组、AI 智能模组分别占比 2%。据 Counterpoint 预测，到 2027 年，传统模组、智能模组、AI 智能模组各自占比为 81%、10%、9%，分别以 18%、79%、73% 的复合年增长率增长。

图 18：蜂窝物联网模组代际演变



资料来源：IoT Analytics、物联网智库公众号、天风证券研究所

AI 智能模组：驱动未来机器人发展的核心。在通信与连接能力方面，智能模组支持 5G、Wi-Fi、蓝牙等通信技术，确保机器人灵活接入各类网络环境，并内置 GNSS 定位技术，提供高精度的定位服务，满足园区配送等场景的需求。在数据处理与计算方面，智能模组搭载高性能处理器和丰富的外围接口，满足机器人对高算力的需求，支持复杂的传感融合算法和高清视频编解码；先进的边缘计算技术使机器人可以在本地进行数据处理，大幅降低数据延迟，提高响应速度，给用户更加流畅、智能、高效的机器人服务体验。在感知与交互方面，智能模组集成多种传感器，如摄像头、激光雷达等，实现对周围环境的全面感知，提高物体识别和避障能力；支持语音识别和自然语言处理，实现与用户的自然互动，提升用户体验。在开发与部署方面，智能模组提供技术验证、硬件搭建、系统开发等支持，降低技术集成成本，加快产品上市，同时兼容多种开源操作系统，方便开发者根据需求进行定制开发。

在算力逐渐成为数字化社会的重要生产力，以及东数西算发展提速等大背景下，算力模组成为智能模组跟随产业需求进行功能迭代的重要分支。目前，已有多家头部模组企业推出算力模组产品，竞逐这一重要新兴市场。

3.1.1. 移远通信：高算力智能模组驱动 AIoT 创新与具身智能交互的新纪元

高算力智能模组，推动 AIoT 产业创新。移远通信自 2023 年加大对算力模组领域的投入力度，目前已发布了支持高算力的边缘计算智能模组 SG885G、SG865W、SG368Z，同时支持 5G 和高算力的 5G 智能模组 SG560D、SG530C 等。同时，移远通信在 2025 年 MWC 正式发布面向全球市场的 QuecPi Alpha 智能生态开发板。该开发板基于跃龙™ QCS6490 处理器打造，兼容多种开源操作系统，具备高性能、丰富的多媒体功能、高集成度、多样化

接口、低功耗运行、广泛适用场景及低开发成本等显著优势，可广泛应用于边缘计算、机器人、工控、多媒体终端、数字广告牌、智能安全以及工业级 PDA 等行业和设备，覆盖整个 AIoT 领域的各个行业。

端侧大模型解决方案，重塑具身智能交互体验。移远端侧大模型解决方案基于移远高算力 AI 智能模组 SG885G-WF，搭载高通 QCS8550 平台，具备高达 48 TOPS 的综合算力，支持通义千问、DeepSeek 等业界主流大模型；在语音交互领域实现全语音链路无缝衔接与高效运行，涵盖 KWS 语音唤醒、VAD 人声检测、ASR 语音识别和 TTS 语音播报等主流功能，助力用户快速实现基于语音的无感交互。在该方案的助力下，具身智能机器人可实现 1s 以内的意图识别，解码速率超过 15 tokens/s（人的正常语速约为 10 tokens/s），为用户带来更自然的语音交互以及更加个性化的服务体验，同时，得益于 SG885G-WF 的高算力，移远“大模型+AI 机器人”解决方案在离线状态下也能提供完整 AI 性能。目前，该方案已在医疗康养、工业制造、智能客服、接待导览、零售导购等多个场景实现落地。

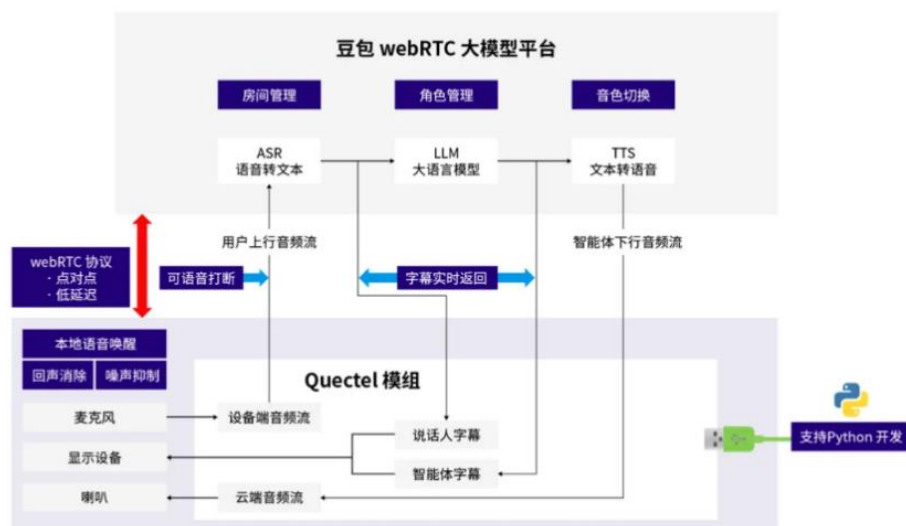
图 19：移远通信大模型解决方案全语音链路架构



资料来源：移远通信公众号、天风证券研究所

除了在端侧部署大模型，移远通信还支持大模型的云端、端云融合等多种部署方式，全面适配不同的 AI 场景，推进大模型技术在具身智能机器人产业落地。例如，移远通信的 AI 玩具解决方案，接入了火山引擎豆包 RTC（实时音视频）大模型，实现了大模型的云端部署。与基于 WebSocket 协议的 AI 玩具方案相比，该方案延迟降低了 50% 左右，还支持对话实时打断、字幕实时下发等功能，为用户带来更低延迟的智能交互体验。

图 20：移远通信 AI 玩具解决方案，接入火山引擎豆包 RTC 实现大模型的云端部署



资料来源：移远通信服务公众号、天风证券研究所

3.1.2. 广和通：推出全栈“星云”系列模组，赋能机器人行业多元化发展

加速布局智能计算：高算力 5G 模组 SC171 推动机器人行业创新与发展。广和通 2022 年开始投资“算力模组开发项目”，启动在智能计算领域的产品与业务布局；2023 年推出 12TOPS 的 5G 高算力智能模组 SC171 来全面满足机器人的各种 AI 需求，SC171 基于高通 QCM6490 平台设计，采用 8 核高性能处理器，内置 VDSP，集成高性能图形引擎，可以流畅播放 4K 视频。2024 年，公司推出具身智能开发平台 Fibot，构建起“端-边-云”协同的技术架构，并逐渐明晰“硬件层-数据层-应用层”的生态布局：1) 神经中枢：采用高算力平台，实现 Android/Linux 融合系统，方便客户进行软件及算法的开发及验证，实现从仿真训练到实体部署的无缝衔接；2) 导航规划：通过底盘选配的激光雷达或双目模组，实现室内外的空间感知及建图、路径规划和动态避障等算法的二次开发；3) 决策引擎：集成多种深度学习和强化学习 AI 算法，结合高效的感知系统与智能决策框架，极大提升客户进行二次开发的效率。

图 21：广和通具身智能开发平台 Fibot



资料来源：广和通 FIBOCOM 公众号、天风证券研究所

图 22：广和通赋能氮科技实现全球首款纯视觉割草机大规模商用



资料来源：广和通 FIBOCOM 公众号、天风证券研究所

推出全栈式智能割草机解决方案，推动智慧庭院升级与无物理围线技术普及。针对传统割草机需预埋边界线导致的部署成本高、灵活性差等痛点，广和通智能割草机解决方案提供双目感知定位模组、决策算法和集成通信能力的边缘算力模组，将人工智能、自动驾驶、机器视觉、高精差分 GPS 定位 (RTK) 等技术高度集成，为智能割草机器人行业提供全栈式解决方案，实现割草机器人的环境感知、定位、地图构建、路径规划、避障、导航、应

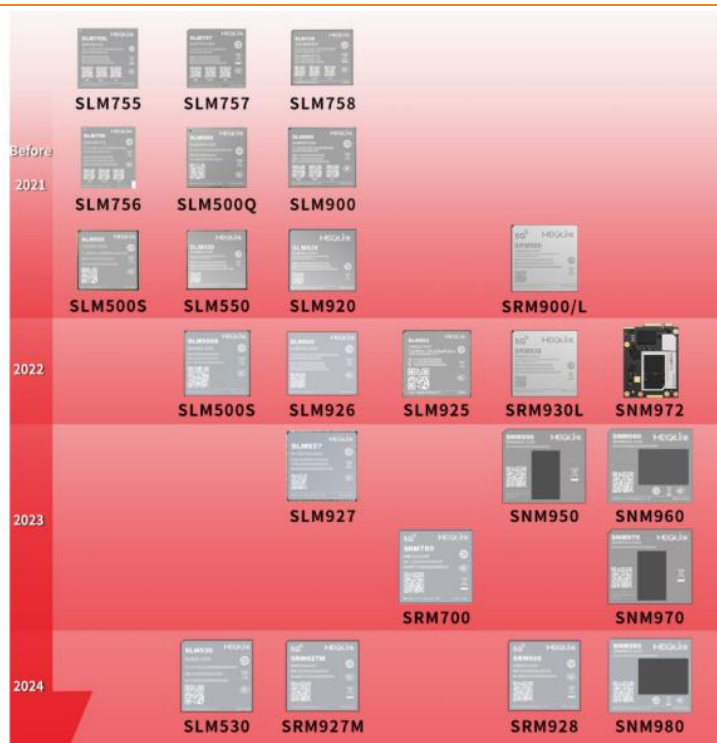
用等全方位功能。已赋能昶氪科技实现全球首款纯视觉割草机大规模商用，满足欧洲等市场智慧庭院升级需求，助力无物理围线智能割草技术快速商用普及。

“星云”系列模组全面覆盖高、中、低算力需求，赋能多样化机器人应用。2025 年 MWC 期间，广和通覆盖 1T~50T 的全矩阵 AI 模组及解决方案“星云”系列全面亮相，其内置广和通自研的 Fibocom AI Stack，提供从模型优化到部署的全流程支持。基于 18T 的国产芯 AI 模组及解决方案支持本地运行最大规模为 7B（70 亿参数）的 AI 大模型，其推理速度可满足智能陪伴机器人的自然语言对话、多模态情感分析等复杂任务需求，端侧处理保障用户隐私与实时性。基于 3.2T 的国产芯 AI 模组及解决方案专为轻量化 AI 任务设计，高效运行实物检测、人体关键点识别、物体检测及人脸检测等小模型，适用于机器人的环境感知、用户身份识别与基础交互功能，兼顾性能与能效平衡。星云系列的发布标志着广和通 AI 模组及解决方案形成高、中、低算力的全面布局，为不同场景提供精准匹配的解决方案。

3.1.3. 美格智能：高算力 AI 模组龙头，推动具身智能机器人发展

技术卡位，领跑智能模组/AI 模组。2022 年 3 月，美格智能前瞻性提出“算力模组”概念和“无算力、不智能”的产品迭代理念，并在公司内部单独建立算力模组产品线，专注于拓展模组产品的计算能力应用以及下游领域的扩展。当前，公司算力模组产品已覆盖从 0.2TOPS 到近 48TOPS 的 AI 算力区间，可运行类似于 Stable Diffusion、Llama 2 等复杂大模型，为在各种不同类型的终端产品的端侧执行生成式 AI 的各类应用提供标准的软硬件环境。2025 年 MWC，公司发布基于骁龙®8 至尊版移动平台的高算力 AI 模组 SNM980，该模组支持 OpenGL ES 3.2，Vulkan 1.3，支持 OpenCL 3.0，支持 8K 显示分辨率，最高支持 8K@30fps 视频编码或 8K@60fps 视频解码，支持 H.264/H.265，集成多样化接口。SNM980 的澎湃算力能够为人形机器人提供更快速、更高质量的计算，实现自然智能对话、复杂地形通过、全身协同作业等重要功能，以模组的形式快速完成语音识别、机器视觉、导航、避障等功能的部署，同时帮助人形机器人在端侧自主进行学习和训练，让人形机器人的性能全面提升。

图 23：美格智能智能模组/高算力 AI 模组矩阵



资料来源：美格智能公众号、天风证券研究所

应用先行，落地具身智能领域。在 CES 2025 上，美格智能合作伙伴阿加犀联合高通在展会上**面向全球重磅发布人形机器人原型机——通天晓（Ultra Magnus）**。该人形机器人内置美格智能基于高通 QCS8550 计算平台开发的高算力 AI 模组 SNM970（搭载 2 颗，累计 AI 算力接近 100T），以强大 AI 算力+端侧大模型部署能力，为人形机器人的控制、感知、决策规划和语音交互等系统提供核心驱动力。

此外，美格智能携手意迈智能（Yesmark）发布 2 款全新微小型 AI 机器人产品，该款 AI 机器人内置基于高通 QCM6490 平台研发设计的美格智能 SRM930 5G 高算力模组，该机器人具备直接在端侧运行 AI 大模型能力，不仅支持视觉和听觉等多模态感官融合识别，还可以通过简单的手势识别用户下达的命令或与用户进行体感交互，从而识别用户意图，并给出精准回应。在 AI 性能方面，SRM930 能提供 12Tops AI 加速；在 AI 技术方面，SRM930 支持端云协作的混合式 AI 架构。本地端侧的 AI 模型如同机器人的“小脑”，负责快速处理与用户沟通交互中的即时信息，确保响应的迅速与精准。而云端的大模型则扮演着机器人“大脑”的角色，通过不断地学习与训练，为机器人提供更深层次智能支持，助力其不断“成长”。

图 24：美格智能携手意迈智能发布 2 款全新微小型 AI 机器人产品



资料来源：美格智能微信公众号，天风证券研究所

3.2. 工业通讯+机器人：神经网络与运动控制，自主化协议打开通信芯片新空间

机器人通信系统是智能机器人个体以及群体机器人协调工作中的一个重要组成部分，是信息和通信技术在机器人领域的应用学科。机器人通信系统可以分为内部通信和外部通信，内部通信是为了协调单个机器人内部模块间的功能行为，类似于人体大脑与各个组织器官之间的神经网络；外部通信指机器人与控制者或者多个机器人之间的信息交互，一般通过独立的通信专用模块与机器人整合实现。近三年，通信芯片设计行业受 5G、物联网及 AI 技术驱动，全球市场规模年均增速超 8%，2024 年国内市场规模突破 2000 亿元。未来趋势聚焦高速传输、低功耗及国产替代，车载通信与边缘计算芯片需求加速，预计 2025 年全球市场空间达 1500 亿美元，国内占比提升至 35%。以太网芯片负责机器人内部模块间的高速数据交换，其通信能力直接影响机器人实时决策能力。以太网芯片通过高效的数据传输、实时控制和抗干扰能力，成为机器人“神经系统”的核心组成部分。

EtherCAT 全球节点部署逆势增长。EtherCAT 是基于以太网但比以太网更高速和高效的一种高性能工业网络系统。根据 EtherCAT 技术组织（ETG）2025 年 4 月 3 日发布的最新数

据，全球实际部署的 EtherCAT 节点数量已突破 8800 万大关，其中 2024 年新增 1100 万个节点，同比增长率 14.3%。在半导体库存积压导致芯片销量下滑、地缘政治风险加剧的情况下实现增长。

从“通信协议”到“工业神经系统”，EtherCAT 有以下技术优势：1) 速度。这是 EtherCAT 成为运动控制应用首选协议的最主要原因，能以超高速度和循环时间低至 12.5 微秒来传输数据，使用者可享受快速且精准控制的系统运动。2) 高效低成本。EtherCAT 采用“菊花链”拓扑结构，因此是一种效率非常高的协议。这种拓扑的特别之处在于减少了所需的布线量，使整个通信网络更加简化。3) 实时性。EtherCAT 通信协议提供确定可靠的通信，和以次微秒等级的准确度展现更好的设备同步能力。4) 灵活性。EtherCAT 能够支持不同的网络拓扑和数据传输模式，更容易集成到各类型的运动控制系统中。

在运动控制领域，EtherCAT 正成为人形机器人的核心通信协议。在众多通讯总线技术中，EtherCAT 凭借其卓越的性能优势脱颖而出，成为人形机器人领域的重要通讯方案。EtherCAT 总线的时钟同步可以做到纳秒级，可以实现机器人每个关节的位置、速度和力矩三种控制模式，确保了机器人能够快速、准确地执行决策，实现全身关节的协同运动。全球四大机器人厂商都采用了 EtherCAT 总线通讯。

3.2.1. 创耀科技：EtherCAT 芯片与 RISC-V 架构协同，赋能具身智能工业新生态

创耀科技专注于通信核心芯片的研发、设计和销售业务，并提供应用解决方案与技术支持，是国内少数几家较具规模的同时具备物理层核心通信算法和大型 SoC 芯片全流程设计能力的集成电路设计企业之一。公司是宽带接入网网络通信核心芯片及电力载波通信芯片供应商，并逐渐向新一代短距无线和工业互联领域拓展。

创耀科技的 EtherCAT 从站控制芯片已实现小批量出货。创耀科技通过取得倍福的授权，以 EtherCAT 从站芯片为切入点建立起与客户之间的合作关系。芯片主要用于工业机器人伺服电机驱动及分布式 I/O 模块，具有低延时、纳秒级精确同步的特点，拓扑结构非常灵活。

图 25：创耀科技 EtherCAT 从站控制芯片



创耀科技 EtherCAT 从站控制芯片

TR8253/TR8211 系列为 EtherCAT 从站芯片，集成了倍福自动化授权的 ESCcore 模块。它支持 2/3 端口的 EtherCAT 通信，用于处理 EtherCAT 数据帧。

TR8253/TR8211 提供两种数据接口，即 HBI 接口和 SPI Slave 接口，可用于连接到外部 MCU/DSP，以支持 EtherCAT 功能。

TR8253/TR8211 支持广泛的应用。例如，它可以用作没有外部逻辑的 16/32 位数字 I/O 节点，使用分布式时钟，或者作为最多三个 EtherCAT 通信端口的控制器设计的一部分。

TR8253 集成了两个 100M Fast Ethernet 电流型 PHY，支持 100Mbps 全双工和 HP auto MDIX 功能的。并且可以通过 MII 外接 PHY，支持三端口应用。

资料来源：创耀科技官网，天风证券研究所

RISC-V 架构赋能灵活算力。创耀科技的多款通信芯片集成 RISC-V 32 位高性能微处理器，其开源特性允许针对具身智能场景定制指令集。RISC-V 的模块化设计可快速适配不同传感器融合算法，提升决策效率。

携手豪森智能，共拓具身智能新纪元。2025 年 3 月 18 日，豪森智能与创耀科技正式签署战略合作协议，“将共同推进具身智能工业通讯技术发展，建立具身智能工业通讯标准，共同引领具身智能及人形机器人行业发展”。双方合作范围涵盖先进芯片、通讯技术和软件算法研发和应用，旨在构建高带宽、低延迟、高可靠的工业通讯网络环境，开发高性能、低功耗的专用工业芯片，以及高效、智能的工业通讯软件算法，并计划成立联合项目组和具身智能无线通讯联合实验室，共同进行工业芯片架构、系统测试方案和内容、网络环境

建设的研发工作。

4. 智能控制器：机器人“小脑”，赋能人形机器人运动规划、指令传递与数据处理

4.1. 作为机器人核心组件，智能控制器市场不断增长

智能控制器是电子产品、设备、装置及系统中的控制单元，控制其完成特定的功能。以自动控制理论为基础，智能控制器集成了自动控制、微电子、电力电子、传感、通讯等诸多技术门类，将程序控制、信息探测、资源调度、输出执行融为一体，提高终端产品的智能化水平。智能控制器广泛应用于家用电器、汽车电子、电动工具、工业控制、信息通信、医疗健康、新能源等领域。

AI 技术与人形机器人应用加速发展，智能控制器市场迎广阔前景。随着 AI 技术的加速迭代和人形机器人应用场景的不断拓展，控制器作为人形机器人产业链的重要一环，将迎来更广阔的发展空间。根据 Frost & Sullivan 的预测，2015-2024 年全球智能控制器市场规模从 12275 亿美元提升至 19599 亿美元，期间复合增长率达 5%，中国智能控制器市场规模从 11695 亿元提升至 38061 亿元，期间复合增长率达 14%，智能控制器行业市场的边界或将持续扩大。

具体而言，智能控制器从以下三方面赋能人形机器人：1) 运动规划和控制。控制器能够对机器人的运动进行规划和控制，实现机器人操作空间坐标与关节空间坐标之间的相互转换，完成高速伺服插补运算及伺服运动控制，以保证机器人运动的精准度和响应速度。2) 动作指令发布和传递。作为机器人动作指令的发布和传递中心，控制器能够将操作者的指令传达给机器人，并确保机器人按照指令进行相应的动作。3) 数据处理和传输。控制器可以对传感器等部件传输的数据进行处理和传输，减少机器人实际运动轨迹与期望目标之间的偏差，保证机器人的运动精度。

4.2. 相关企业进展

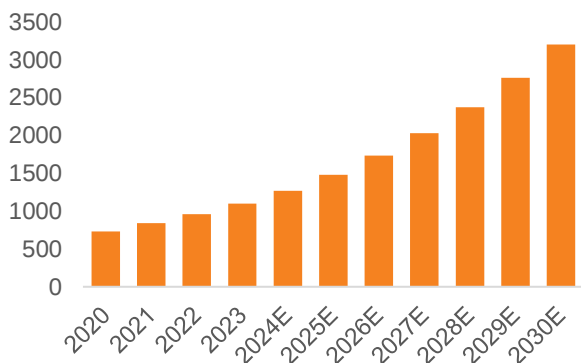
4.2.1. 拓邦股份：以创新空心杯电机技术驱动人形机器人及多领域智能控制解决方案

拓邦股份成立于 1996 年，是全球领先的智能控制解决方案商。公司主要从事智能控制器的研发、生产和销售，产品主要应用于家用电器、电动工具、园林工具、开关电源、个人护理、汽车电子、工业控制和燃气控制等领域，具有较大的经营规模和较强的综合能力，主要客户包括美的、苏泊尔、TCL、九阳、奔腾、惠而浦、海尔、荣事达、小天鹅等。公司核心竞争力在于平台化技术创新能力、伙伴式客户服务能力和体系化快速响应能力，通过构建“四电一网”（电控、电机、电池、电源和物联网平台）的综合技术体系，为工具和家电、数字能源和智能汽车、机器人三大类领域提供领先的定制化解决方案。

此外，公司在人形机器人关键零部件空心杯电机领域也有布局，并已向多家人形机器人客户送样。空心杯电机是微特电机的一种，属于直流永磁的伺服控制电机，其在结构上突破了传统电机的定转子结构形式，采用了无铁芯定/转子，这种新颖的定转子结构彻底消除了因铁芯形成涡流而造成的电能损耗。空心杯电机尺寸较小，直径不超过 40mm，主要由轴、轴承、电刷、换向器、杯形绕组（转子）、转轴、线圈、滑动轴承、外壳、磁铁（定子）等组成，根据换向方式的不同，可分为有刷空心杯电机和无刷空心杯电机，有刷电机转子无铁芯，无刷电机（又称无刷无齿槽电机）定子无铁芯。空心杯电机技术壁垒包括线圈设计、绕线工艺以及绕线设备，我国空心杯电机在可靠性和精度等方面和国外中高端品牌存在差距，近年来绕线机的自动化程度和绕线速度持续突破，空心杯电机厂商呈现加速追赶态势。

空心杯电机具有突出的节能特性、灵敏方便的控制特性和稳定的运行特性，技术优势明显。人形机器人手部的手指关节需要较高的自由度，需配备体积小但能输出功率高的电机，空心杯电机正匹配此要求。2023 年中国空心杯电机市场规模为 11 亿元，据觅途咨询预测，未来受医疗以及机器人行业的拉动，中国空心杯电机市场规模将以~16%的增速稳步上涨。

图 26：2020-2030 年中国空心杯电机市场增长情况（百万人民币）



资料来源：觅途咨询、银创智库公众号、天风证券研究所

图 27：拓邦股份空心杯电机产品



资料来源：拓邦股份官网、天风证券研究所

目前，公司空心杯电机已应用于人形机器人、医疗机器人、工业机器人以及智能除草机器人。其中，针对于人形机器人推出的外径 8 - 16mm 各平台系列空心杯电机，可用于灵巧手，具有如下特点：1) 轻量化与高功率密度。最小直径仅为 8mm，重量轻至 3.2g，体积紧凑且拥有高功率密度 ($0.172\text{W}/\text{cm}^3$)，这使得灵巧手在保持灵活轻便的同时，具备强大的动力输出，能够轻松应对各种精细操作需求，在狭小空间内也能灵活施展，实现高效作业。2) 超长寿命与可靠品质。电机寿命长达 3000 小时，有效确保了电机的稳定运行和长久耐用，大大降低了维护成本和更换频率。3) 高精度定位与稳定控制。搭载精密绝对值/增量式 1024 - 4096 编码器以及精密行星减速箱，能够实现灵巧手的高精度定位和稳定控制，满足各种高精度应用场景的需求。4) 快速响应与灵活操作等特点。具备超低转动惯量 ($0.025\text{g}\cdot\text{cm}^2$)，以及灵敏的响应性能（机械时间常数低至 1.75ms ），使得灵巧手能够迅速做出反应，及时调整动作，实现快速、流畅的操作，极大地提高了工作效率和操作灵活性。

4.2.2. 和而泰：创新触感人体屏技术，引领触觉交互解决方案

和而泰成立于 2000 年，是智能控制器解决方案供应商，主营业务涉及家用电器、电动工具、汽车电子、智能化产品等领域智能控制器及终端解决方案的研发、生产、销售和智能化产品厂商平台服务。公司始终坚持“三高”（高端技术、高端产品、高端市场）经营定位和“以客户为中心”的服务理念，不断开拓新市场、新客户，主要客户包括伊莱克斯、惠而浦、小米、海尔智家、沃尔沃、比亚迪、蔚来、小鹏等。同时，公司收购铖昌科技进入相控阵 T/R 芯片市场；投资北京源络科技，进一步拓展在人形机器人、人工智能及大模型的布局，并根据人形机器人领域的规划与需求，积极探索与该公司的合作机会。

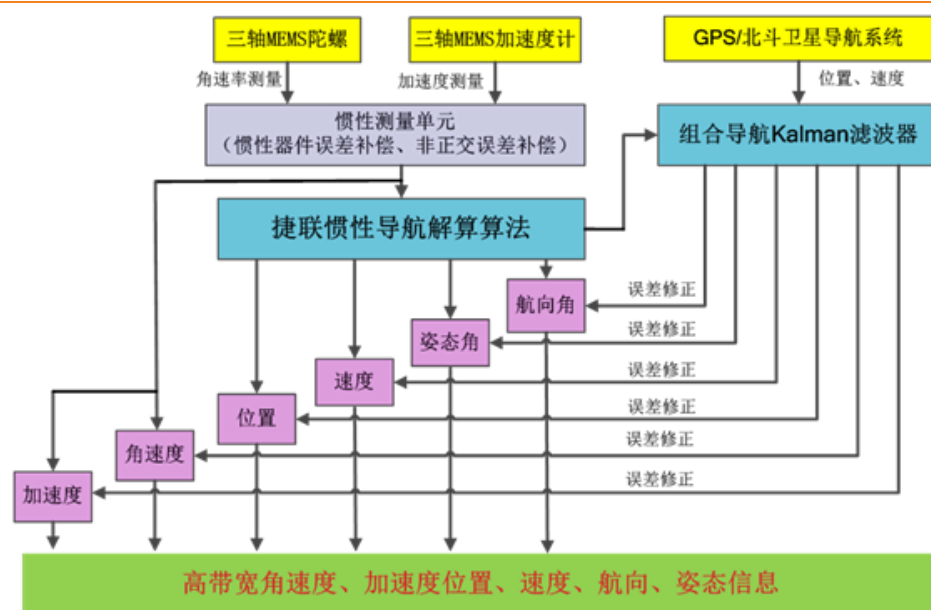
初探“触感人体屏”，开启情感触觉交互新时代。公司积极探索新技术、新工艺，基于数字拟感技术、触感人体屏技术推出“体感衣”。“体感衣”内置密集的触感单元，使用户在穿戴时能精准感受到虚拟世界里的每一个作用于身体的触碰；实现了胸部、腹部、背部、肩部的身体大范围覆盖，触感单元的点位排布满足“2PD—触觉两点阈”理论，确保触感呈现流畅无间断。触感人体屏技术为需要触感采集或触感传递的产品开辟了新的发展方向。结合触感人体屏与大模型技术，陪伴机器人可以通过人工皮肤传递出场景化与氛围化的抚摸、触碰等情感表达，让陪伴变得更贴心真实。理疗师可以通过搭载人体屏的设备实现远程的按摩或理疗重现，为理疗远程化、数字化带来新的契机。公司也在探索触感人体屏更多的应用场景，包括医学康复、工业制造机器人、零售机器人、教育与培训、社交娱乐、数字文旅等。

5. 惯性导航测量单元：人形机器人高效自主运动的核心驱动力

5.1. 惯性导航：自主定位与高精度感知驱动人形机器人进阶

惯性导航系统及其核心组件惯性测量单元通过自主测量实现三维空间定位。惯性导航系统（INS, Inertial Navigation System）是一种利用惯性敏感器件、基准方向及最初的位置信息来确定运载体在惯性空间中的位置、方向和速度的自主式导航系统，也简称为惯导。IMU（惯性测量单元）是姿态测量和惯性导航技术的核心传感器，一般由两个或更多的加速度计和陀螺仪组成，能够测量物体在三维空间中的角速度和加速度。通过误差补偿和惯性导航解算，IMU 最终能够输出载体相对于初始位置的坐标变化量、速度等重要导航信息。按是否有实体的物理平台，惯导可分为平台式惯导系统和捷联式惯导系统，捷联系统具有结构紧凑、可靠性高、质量轻、体积小、功耗低、维护方便、成本低等优点，也便于与其他导航系统或设备进行集成化、一体化设计，是目前民用惯导的主流技术。

图 28：惯性导航技术示意图



资料来源：伟蓝通信公众号、天风证券研究所

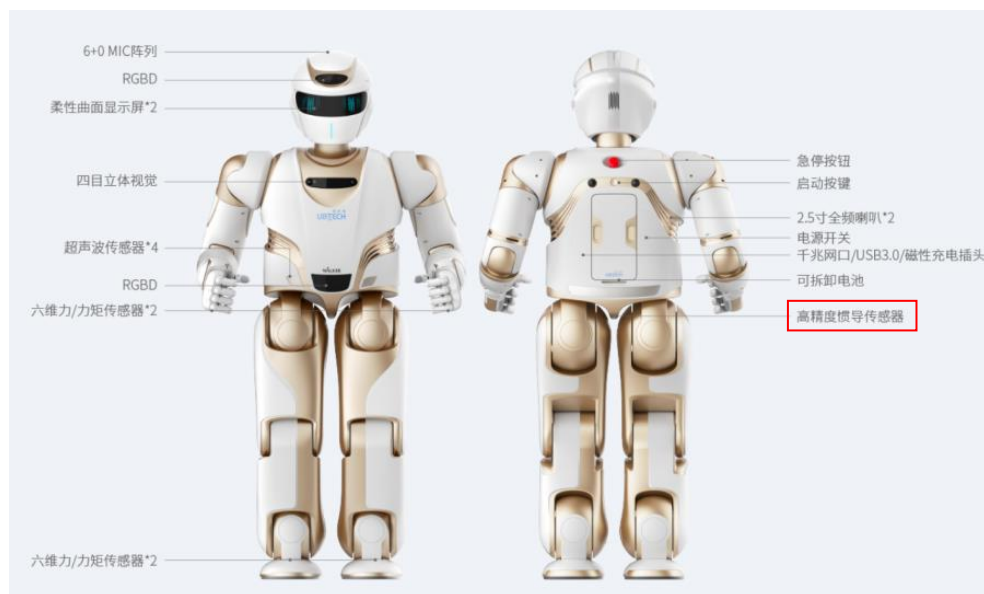
惯性导航兼有自主性、多参数等优势，但存在误差累积与初始对准复杂等局限。惯性导航系统主要优点有：1）完全依靠运动载体自主地完成导航任务，不依赖于任何外部输入信息，也不向外输出信息，具备极高的抗干扰性和隐蔽性；2）不受气象条件限制，可全天候、全天时、全地理的工作；3）提供参数多，GPS 卫星导航只能给出位置、方向、速度信息，惯导还能提供姿态和航向信息；4）导航信息更新速率高，短期精度和稳定性好。目前常见的 GPS 更新速率为每秒 1 次，但是惯导可以达到每秒几百次更新甚至更高。主要缺点有：1）导航信息经积分运算产生，定位误差会随时间推移而增大；2）需要初始对准，且对准复杂、对准时间较长；3）不能给出时间信息。

在人形机器人领域，IMU 的作用主要体现在精确的姿态控制和平衡维持、导航和定位、动作执行和路径规划三个方面。在姿态控制和平衡方面，IMU 通过连续监测系统姿态与位置变化，并利用伺服机构动态调整系统姿态，帮助机器人在执行各种动作时，精确地控制机体姿态和平衡。在导航和定位方面，IMU 利用对角速率和线加速度按时间积分以及叠加运算，动态确定自身位置变化，不借助外源信息，独立使用，同时结合卫星定位提供准确的室内和室外定位信息，大大提升人形机器人在复杂环境中导航和定位的能力。在动作执行和路径规划方面，基于 IMU 的测量数据，人形机器人可以更精确地执行各种动作，如行走、转弯、跳跃等，并利用 IMU 数据进行路径规划，避开障碍物，规划出更合理的运动轨迹。

人形机器人市场爆发推动 IMU 需求增长，MEMS 技术驱动小型化与低成本趋势。人形机器人市场高速发展，或带动 IMU 应用空间进一步扩大。人形机器人中 IMU 的用量将达到 2-4 个，分别配置在头部、双足和胯部等关键部位，用来达到控制身体姿态、头部稳定补

偿以及身体稳定的效果，而不只是目前初期的简单移动。由于人形机器人对惯性导航传感器小型化、集成化、大批量生产的需求，低成本高性能的 MEMS 惯性传感器逐步成为发展趋势。目前特斯拉的 Optimus、波士顿动力的 Atlas、优必选的 WalkerX、宇树的 H1、小米的 CyberOne 以及智元的远征 A1 等代表性人形机器人产品都内置了 IMU 来实现精确的肢体动作控制，小米的机器狗 CyberDog 也配置了 IMU，有望打开更广泛的“机器人”应用前景。

图 29：优必选 Walker X 产品参数示意图



资料来源：优必选官网、天风证券研究所

5.2. 华测导航：领先惯性导航技术，用精准时空信息构建智能世界

华测导航成立于 2003 年，聚焦高精度导航定位相关的核心技术及其产品与解决方案的研发、制造、集成和产业化应用，是国内高精度卫星导航定位产业的领先企业之一。公司构建了高精度定位芯片技术平台、全球星地一体增强网络服务平台两大核心技术护城河，具备高精度 GNSS 算法、三维点云与航测、GNSS 信号处理与芯片化、自动驾驶感知与决策控制等完整算法技术能力，产品主要应用在资源与公共事业、建筑与基建、地理空间信息、机器人与自动驾驶四大板块。

图 30：华测导航产品应用领域



资料来源：华测导航官网、天风证券研究所

推出高精度惯性导航产品，适配多场景定位与姿态测量需求。在惯性导航领域，公司的 CI-1250 型激光陀螺惯性导航系统内置高精度三轴一体激光陀螺、三轴高精度石英挠性加速度计，内置自寻北功能（航向精度 0.05°）、航姿算法（姿态精度 0.01°），可实现纯惯性自主导航精度 0.8 海里/小时，可外置 GNSS 接收机进一步提高航向姿态精度，适用于轨道检测、水下测量，高精度地图，海上导航等。CI-710 高性能 6 自由度 MEMS IMU 可提供三轴角速率、三轴加速度、横滚/俯仰姿态以及温度信息数据，具备高精度（零偏不稳定性 0.5°/h）、高量程（±2000°/s 可选）、高采用频率（最高 1000Hz 输出）、抗冲击（2000g，

0.5ms 半正弦) 多种特性, 可用于 SLAM 测绘、地图采集、智能控制, 动中通等。

图 31: 华测导航惯性导航产品



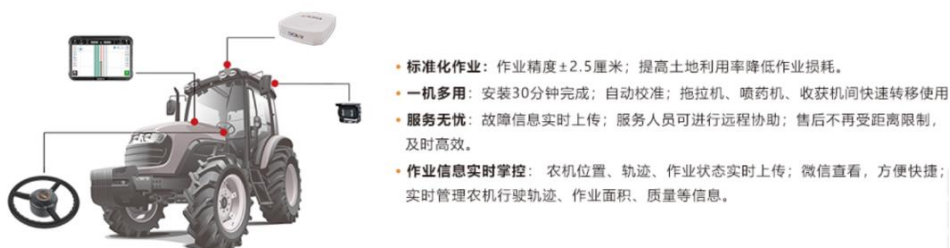
CI-1250 激光陀螺惯性导航系统

CI-710 IMU

资料来源: 华测导航官网、天风证券研究所

依托高精度导航技术, 赋能设备无人化自动化。公司从 2014 年起开始研发基于北斗的农机无人驾驶系统, 融合北斗高精度定位技术、惯性导航、自动控制等相关技术, 实现了农用机械精确按照预设路线自动驾驶, 作业精度高达 ± 2.5 厘米。目前, 该系统广泛应用于新疆、黑龙江、内蒙古等地的农场, 提高作业效率 30%。2019 年, 公司成立人工智能设备研发团队, 成功研制符合市场需求的无人测量船, 并相继提供了以无人船为载体搭载测深仪、剖面仪、水质仪为一体的集成解决方案。目前, 华测无人测量船连续三年市场占有率第一, 产品遍布东南亚十几个国家。

图 32: 领航员 NX510 北斗农机自动驾驶系统



资料来源: 上海市青浦区民营经济协会公众号、天风证券研究所

图 33: 华测导航无人船产品

	华微3号无人船 华微3号是华测自主研发的一款适合城市中小型河流、内陆江、河、湖泊测流或测速的轻便型无人船。总长1米，自重只有7Kg的船体使得运输更加方便，可轻易放入汽车后备箱，单人即可作业，大大节省了人力。
	华微3号Pro无人测量船 华微3号是华测自主研发的一款适合城市中小型河流、内陆江、河、湖泊测流或测速的轻便型无人船。总长1米，自重只有7Kg的船体使得运输更加方便，可轻易放入汽车后备箱，单人即可作业，大大节省了人力。
	华微4号无人船 华测导航华微4号无人船是华测导航基于北斗高精度全球定位系统及无人船自动控制技术，针对水文走航式ADCP断面水流测验用户使用习惯，适用于市面90%的走航式ADCP。
	华微6号无人船 华微6号无人船是一款大空间、多搭载、超轻便的全方位无人船平台，标准搭载North多波束测深系统，集成搭载Lidar三维激光扫描仪以完成水上水下一体化三维点云数据采集。

资料来源：上海市青浦区民营经济协会公众号、天风证券研究所

布局自动驾驶全场景，产品与生态合作推动技术落地。目前，公司能够为自动驾驶乘用车、无人矿卡、无人集卡、无人接驳、物流机器人、清扫机器人等提供高精度组合导航模组、组合导航板卡、定位测向接收机、便携式组合导航终端、抗震型测量天线等产品，满足自动驾驶、车辆智能监控管理、智能物流等应用对高精度导航定位的需求。公司已在低速机器人、矿车、港口、物流自动驾驶等领域与易控、三一、徐工等公司达成合作，其中，公司 CGI-230 组合惯导系统已顺利交付牧原集团，用于 12 个养殖场内的无人消毒车与转运车上。同时，公司在乘用车自动驾驶业务上取得良好突破，被指定为多家车企的自动驾驶位置单元业务定点供应商，如成为百度萝卜快跑第六代无人车 P-Box 产品的独家供应商，提供关键的导航技术支持。随着人工智能、物联网、大数据等技术逐渐落地，高精度定位技术随着应用推广愈发成熟、产品化成本越来越低，高精度位置信息的需求将逐步起量，未来公司产品有望应用于更多行业和场景。

6. 操作系统：机器世界的神经网络

6.1. 工业操作系统：实时嵌入式架构赋能具身智能，国产联盟生态破局技术垄断

基于实时、嵌入式及通用架构，为具身智能核心环节提供标准化支撑。作为智能设备的“大脑”，操作系统是覆盖在硬件上的第一层软件，用于管理、调度计算机硬件与软件资源。工业操作系统是以自动化技术为起点，从下至上生长的工业互联网平台、大数据平台、人工智能平台的通用数据底座和统一技术生态环境。在具身智能领域的操作系统能为具身感知、具身规划和具身执行等核心环节提供有力支持，促进零配件及通信协议层面形成统一的事实标准，加速行业的融合与发展。

成立“工业操作系统联盟”，推动关键技术国产替代。工业操作系统作为核心关键技术，长期被国外产品占据主导地位。2024 年 1 月，工业和信息化部等七部门发布关于推动未来产业创新发展的实施意见，指出要发展下一代操作系统，构筑安全可靠的数字底座。2024 国家工业软件大会上，国家流程制造智能调控技术创新中心、国家智能设计与数控技术创新中心、工业控制技术全国重点实验室联合东土科技等 26 家研究院所和企业，共同发起成立“工业智能操作系统联盟”。联盟的成立将凝聚产业链上下游企业等核心力量，加速关键技术突破，提升我国工业领域的核心竞争力。

6.2. 东土科技：打造自主可控工业操作系统，探索工业科技新边界

以自主可控核心技术实现工业控制与信息化的深度融合，构建广泛生态应用。东土科技长期致力于工业互联网底层根技术的研究，专注于构建工业智能神经网络平台技术，产品主要分为工业操作系统及相关软件服务、智能控制器及解决方案、工业网络通信三类。其中核心产品鸿道（Intewell）工业操作系统是国内领先的软件定义控制平台。该系统具有三大技术特点：1) 内核及关键代码 100%自主可控，具备微秒级强实时响应能力，兼具高安全和高可靠性；2) 采用精简的微内核，一颗芯片能够支持多个微内核操作系统，既能承载不同业务应用，又能实现高实时的并发处理；3) 具备虚拟化能力，通过虚拟化技术打破实时与非实时环境之间的技术壁垒，在单台设备上支持智能化、信息化的 IT 业务与工业现场层 OT 业务的深度融合。鸿道工业操作系统能实现控制、计算和数据采集的融合统一，可广泛应用于工业母机、半导体设备、机器人、能源电力、轨道交通等关键领域，并已与恩智浦、英特尔、高通等国际芯片巨头达成战略合作，覆盖全球主流芯片架构（X86、ARM、RiscV 等），构建了 300 余家软硬件伙伴生态，支撑国家安全与重点产业升级。

图 34：东土科技操作系统工业机器人应用案例



资料来源：东土科技 2024 年年报、天风证券研究所

鸿道 3.0 版本强化 AI 与云边协同能力，加速国产化替代与行业规模化落地。鸿道（Intewell）作为国内首个适配多国际芯片巨头的工业操作系统，已完成 3.0 版本升级，强化 AI 芯片支持与云边协同能力，提升海量异构数据处理效率，并平衡实时响应与资源分配。公司面向半导体、机器人、数控机床、能源电力、航空航天、轨道交通、汽车电子等领域持续推进国产操作系统的规模化应用，目前已与 40 多家相关行业头部企业达成合作意向，与其中 20 家企业签订了规模化应用协议。在机器人行业，公司的方案不仅成功实现国产替代，还显著提高了控制系统的确定性、高实时性、高可靠性，并通过显智控一体化的优势获得头部客户的高度认可，与机器人头部企业签订适配和采购许可合同。

7. 军工信息化：AI 无人化技术驱动国防升级

7.1. 无人化作战：AI 技术赋能陆海空全域协同

国防装备智能化升级，无人化装备重塑陆海空三维协同作战格局。AI 人工智能技术在新一轮科技革命和产业变革中发挥着重要作用，正加快推动国防装备向机械化信息化智能化融合发展，无人化装备是人工智能与装备紧密结合所形成的新型装备，正成为国防装备体系重要组成部分，具有广阔市场前景。目前全球超过 70 个国家的军队已装备了军用机器人，种类超过 150 种，预计到 2040 年，世界军事强国的武器装备可能会有一半是机器人，未来战场空间力量将凸显陆海空三维无人化、人机一体化发展趋势。在陆地战场，机器人不

仅能执行攻防作战任务，还能执行弹药补充、医疗补给、食物配送、警戒巡逻、侦察监视等任务。在海洋战场，无人水面艇、无人水下航行器、水下仿生航行器、水空跨介质航行器等设备可以与有人舰队协同作战。在空中战场，无人机可用于侦查与反侦察，实现察打一体、自主攻击、人机协同打击。

7.2. 海格通信：全频通信与北斗导航领军，无人系统打造国防新标杆

海格通信创立于 2000 年，是中国军工整体 IPO 第一股。公司业务主要覆盖“无线通信、北斗导航、航空航天、数智生态”四大领域，是全频段覆盖的无线通信与全产业链布局的北斗导航装备研制领军企业。在智能化、无人化趋势下，公司顺应产业培育、成长与成熟的发展路径，从产业链构建与占位的角度前瞻性战略布局无人系统与无人形机器人等领域，在行业内具有先发与核心技术优势，主要产品包括空中无人平台（无人机）、地面无人平台（无人车、机器人）、仿生平台、交互终端以及核心部件等。

持续加大无人系统领域投入，开拓新业务增长板块。2018 年，公司成立无人系统技术创新中心，统筹开展无人系统平台、无人系统集成应用、无人信息领域核心技术和产品的研发。2021 年，公司投资 20.8 亿元建设海格天腾信息产业基地，依托公司在无人系统领域的超前布局和先发优势，以无人系统智能化、信息化以及反无人系统为业务核心，打造集研发、智造、测试、仿真训练为一体的覆盖陆域、空域、水域等多领域的无人信息产业基地以及具备航空飞行培训能力的专业培训基地。2022 年，公司投资设立海格天腾技术有限公司，立足特殊机构智能化无人系统装备市场，整合公司无人业务资源，实行无人业务领域企业化、专业化运作。

在低空经济领域，公司推出面向低空活动的“天腾”低空飞行管理服务平台，自主研发了系列化智能网联设备，针对不同应用场景打造 N 型无人平台，打造低空智能网联网络，形成“芯片、模组、终端、飞行器、平台、网络、多场景应用”的全维度低空产业布局。**在无人制造领域**，公司打造了国内首个集“研发、智造、测试、仿真训练”为一体的无人信息产业基地，拥有行业级旋翼无人机、固定翼无人机、“九天”重型无人机等产品，致力于推动壮大航空先进制造业产业集群，为航空航天领域规模化持续注入新动能。其中，由海格通信旗下成员企业西安驰达承制的“九天”重型无人机被誉为“无人航空母机”，最大起飞重量达 16 吨，最大载重 6 吨，有力填补国内军民两用重型无人机市场空白。“九天”体现了西安驰达先进的全链条无人机整机制造能力，进一步增强海格通信在航空航天、无人业务领域的核心技术能力。

图 35：“天腾”低空飞行管理服务平台



资料来源：海格恒通公众号、天风证券研究所

图 36：“九天”重型无人机



资料来源：海格恒通公众号、天风证券研究所

基于通信、导航、智能化专业积累，积极拓展 AI、人形机器人领域。在 AI 技术军事化领域，公司无人通信系统从地面平台成功拓展至水面、水下及空中平台，实现在无人集群通信领域突破；无人系统与平台在用户组织的比武中屡获新绩，不断拓宽市场型谱；成功取

得无人机系统型号研制资格，成为公司首个无人机系统型号研制项目；完成机构用户市场首个型号首批无人车研制生产和交付，持续提升整车型号研制和核心产品研制能力；结合深度学习、强化学习和传统计算机视觉技术，实现目标检测识别、路径规划等功能，显著提升无人车、无人机的智能作战能力；利用强化学习等 AI 技术开发的智能穿戴系统具备态势地图、目标识别跟踪、生命体征检测和辅助决策等功能，有效提升单兵作战能力。在人形机器人领域，公司积极发力、布局，聚焦产业链上游核心关键技术和关键部件研发，有序推进相关工作持续。

8. 其他具身智能领域

8.1. 协创数据：全栈智能+异构算力，加速布局 AI 硬件和具身智能

以技术创新和算力服务为引擎，持续推动智能物联产业升级。协创数据成立于 2005 年 11 月，基于以 AI 需求为导向的发展策略，持续推进智慧存储、智能物联、云服务、算力服务器、服务器再制造五大业务条线，目前已逐步建成“智能终端+算力基建+云端服务”的三位一体产业模式。公司股东背景雄厚，实际控制人耿康铭曾长期任职于富士康（现工业富联），深度参与消费电子制造体系的搭建，具备丰富的供应链管理与大规模生产经验。第二大股东 PCL 的间接控股股东正崧精密工业股份有限公司为中国台湾上市公司，具备深厚的产业背景，能为公司业务发展提供资源和支持。

构建物联网云平台，赋能多场景应用。协创数据持续建设自主物联网云系统及云平台，将业务由智能终端生产进一步拓展至边缘计算和云服务的技术服务，成功覆盖智能家居与智能穿戴、智能安防终端、VSaaS 视频云服务、智能云物联一体机、咖啡机、自主物联网云系统等丰富应用场景，实现强软硬件一体化的综合服务能力。

图 37：协创数据 AIoT 物联网平台接入设备



资料来源：协创数据 2024 年年报，天风证券研究所

布局全球算力，构筑服务壁垒。公司基于智能物联技术积累，通过控股子公司麦塔倍斯与奥佳软件战略布局，构建覆盖中国及东南亚、美洲的全球算力节点，提供云视频、云游戏、大模型训练等领域的算力支撑，并以异构算力、高速网络运维及算力服务器运维能力打造高效稳定的基础设施。

图 38：协创数据全球算力据点



资料来源：协创数据官网，天风证券研究所

全栈智能体云平台，一站式 AI 开发与部署。协创数据的云端服务生态通过 Fcloud 智能体训练平台实现“云-边-端”全栈服务闭环，能够提供从底层算力到上层 AI 模型服务、智能体开发平台的垂直化云服务，全面覆盖从训练、推理、数据管理、模型部署到 AI 应用开发（智能体）的全生命周期。该平台支持 DeepSeek 等 50 种开源大模型的训练、部署与调用，能够帮助企业快速构建智能应用，可满足生物制药、集成电路设计、具身机器人、视频应用等多行业的高并发和高性能推理业务需求。

加速布局 AI 硬件和具身智能。2025 年 1 月 23 日，协创具身智能机器人有限公司完成登记备案，瞄准具身智能机器人赛道；2025 年 1 月 24 日，协创宝德智能计算系统有限公司正式成立，重点布局 AI 服务器制造。两家公司均由协创数据法人及总经理潘文俊担任法人，体现了公司在 AI 技术与智能计算领域的深度布局，为其后续的技术创新奠定了基础。

9. 总结

机器人产业前景广阔，上游零部件企业价值凸显。机器人技术正迎来跨越式发展，工业、服务、特种及人形机器人加速渗透至生产与生活的全场景。B 端应用方面，工业机器人推动智能制造升级，服务机器人赋能医疗、物流、安防等垂直领域，特种机器人助力极端环境作业。C 端市场聚焦家庭服务、健康监测、教育陪伴等需求，人形机器人以通用性打开情感交互与复杂任务执行的新空间。在**技术创新**（AI 大模型、核心零部件、具身智能算法等技术突破）、**政策支持**（各项政策支持、各级政府提供资金支持与项目扶持）、**市场需求扩张**（人口老龄化和用工成本上升，养老陪护、医疗辅助等应用需求激增）、**资本推动**（资本市场热度高、科技巨头等多方产业投资增加）等因素的催化下，2025 年有望成为机器人商业化放量的关键节点，行业从技术验证迈向规模化落地。

上游核心零部件企业是产业链的核心驱动力。人形机器人核心零部件如电机、减速器、电子皮肤、通信模组、智能控制器、惯性导航单元等的性能与成本直接决定机器人产品的竞争力和普及速度。当前，特斯拉 Optimus、优必选 Walker 等标杆产品的迭代已验证上游零部件的战略价值。未来，随着机器人场景多元化与需求快速增长，上游企业将优先受益于订单增长与技术溢价，建议重点关注具备技术壁垒、量产能力及客户粘性的零部件供应商，把握“机器人+”时代的红利。

投资建议：长期看好机器人产业链上游的高成长性，但需动态跟踪技术突破、成本曲线与竞争格局变化，建议积极关注具备全栈技术能力与产业链协同优势的龙头企业，如汉威科技（机械团队联合覆盖）、广和通、美格智能、拓邦股份（电子团队联合覆盖）、移远通信等。

10. 风险提示

机器人技术迭代不及预期。机器人涉及 AI 算法、精密机械、材料科学等多学科交叉，若核心零部件未能突破技术瓶颈或技术路线不统一，可能导致产品性能不足或商业化延迟。

机器人成本居高不下。当前人形机器人单机成本仍较高（如 Optimus Gen2 量产成本约 2 万美元），若上游零部件降本速度慢于预期，将制约终端产品价格下探与市场渗透率提升。

机器人商业化落地进度滞后。机器人应用场景需与行业需求深度适配，若 B 端客户接受度低，如工业场景对可靠性的严苛要求，或 C 端消费习惯未形成，可能延缓规模化应用进程。例如，服务机器人虽在医疗、物流领域加速渗透，但家庭场景的普及仍需用户教育和价格下探。

下游景气程度走低。工业、医疗、家庭服务、仓储物流等行业下游重点领域，若宏观经济形势恶化，导致企业和消费者的支出收缩，可能导致这些行业的投资和采购需求减少，影响相关机器人产品的销量。

行业竞争加剧。随市场快速发展，机器人产业链上游核心零部件领域现有厂商的竞争可能加剧，或有新厂商进入造成现有厂商份额缩减。激烈竞争可能引发产品价格下降，零部件厂商盈利能力下降。

政策与标准不确定性。机器人涉及数据安全、伦理规范等问题，若各国监管政策趋严或技术标准不统一，可能增加企业合规成本，影响市场拓展节奏。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、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的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

天风证券研究

北京	海口	上海	深圳
北京市西城区德胜国际中心 B 座 11 层	海南省海口市美兰区国兴大道 3 号互联网金融大厦 A 栋 23 层 2301 房	上海市虹口区北外滩国际客运中心 6 号楼 4 层	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼
邮编：100088	邮编：570102	邮编：200086	邮编：518000
邮箱：research@tfzq.com	电话：(0898)-65365390	电话：(8621)-65055515	电话：(86755)-23915663
	邮箱：research@tfzq.com	传真：(8621)-61069806	传真：(86755)-82571995
		邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com