



电子

优于大市（维持）

证券分析师

陈海进

资格编号：S0120521120001

邮箱：chenhj3@tebon.com.cn

陈蓉芳

资格编号：S0120522060001

邮箱：chenrf@tebon.com.cn

研究助理

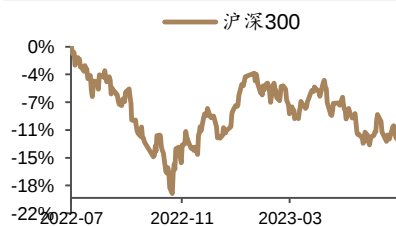
徐巡

邮箱：xuxun@tebon.com.cn

谢文嘉

邮箱：xiewj3@tebon.com.cn

市场表现



相关研究

- 1.《敏芯股份(688286.SH)：定增加速业务布局，瞄准车用/工业领域+微差压传感器》，2023.7.7
- 2.《雅克科技(002409.SZ)：半导体材料平台效应凸显，前驱体步入国产化快车道》，2023.7.7
- 3.《电子周观点：设备国产化+7月MR再迎催化》，2023.7.2
- 4.《海外科技跟踪：美光科技(Micron) FY23Q3 盈利水平超预期，存储行业增速或将触底反弹》，2023.6.30
- 5.《国芯科技(688262.SH)：自主可控IP为基石，云边端多元布局》，2023.6.26

人形机器人：行业奇点将至，产业链乘势而起

投资要点：

- **“具身智能”为 AI 下一浪潮，人形机器人加速突破。**人工智能(AI)最终也将回归于“人”：“具身智能”为 AI 下一浪潮，赋能人形机器人从想象走入现实。“具身智能”赋能机器人等载体，使其具备自主感知、自主决策、自主执行、自主学习的能力。有别于现阶段机器人只能机械执行有限操作，机器人与环境交互感知的能力正是“具身智能”的精髓所在。目前，**特斯拉 Optimus、波士顿动力 Atlas、小米 CyberOne** 等科技巨头布局人形机器人，AI 具身智能持续迭代赋能，人形机器人行业有望迎来加速发展。据高工机器人产业研究所预计，2026 年全球人形机器人在服务机器人中的渗透率有望达到 3.5%，市场规模超 20 亿美元，到 2030 年，全球市场规模有望突破 200 亿美元。
- **人形机器人拆分：拟人化功能复现，创多细分领域需求。****(1) 3D 视觉：**3D 视觉为具身智能之眼，精准、灵活的 3D 视觉是机器人运动与交互的前提。视觉感知是人形机器人最重要的外部感知能力之一，对人形机器人的运动行走以及决策反应起着关键性的作用。机器人低速移动、处理复杂多样的工作以及人交互的工作需求对视觉传感器的变焦能力、分辨率提出考验。目前 3D 成像方案主要有立体视觉、结构光、激光三角测量以及 ToF (Time of flight)。目前特斯拉使用的方案为使用多个摄像头的立体视觉方案；波士顿动力 Atlas 则使用了 ToF 方案。**(2) 线束与连接器：**线束与连接器为人形机器人的神经与血管，随机器人的运动而动，对线束提出抗扭转应力、高速率、连接器小型化等要求。特斯拉 Optimus 的运动规划和动力系统借鉴了电动汽车设计，新能源汽车连接器和工业机器人连接方案可给予人形机器人线束启发。新能源汽车自动驾驶方案外接多个摄像头及激光雷达等传感器，对线束提出了高速传输的需求；而工业机器人装配复杂、敏感传感器数量多、柔性化作业的特点则对线束连接器提出了小型化、高速率、模块化、高集成的需求。**(3) 传感器：**传感器主要负责内外部环境信息的监控交互，按信息来源可分为内部传感器与外部传感器。内部传感器主要负责收集自身运动、位置信息(如关节的线位移、角位移等几何量，速度、角速度、加速度等)，从而实现更精确可靠的智能控制。而相比其他机械设备，机器人与外部环境的交互性更强，因此其需要利用外部传感器实时监测周围环境参数，辅助完成目标识别、决策判断等过程。**(4) 电机驱动：**机器人关节处需多个电机驱动，电机驱动芯片配套需求提升。电机驱动系统是将电能转化为动能的物理系统，主要由负载、控制装置及电机等部分构成，电机驱动芯片是电机驱动系统的大脑。在人形机器人中，电机需求广泛分布。以特斯拉 Optimus 为例，其主体部分使用 28 个电机执行器，用以完成抬手，屈膝等动作。根据特斯拉 2022 AI DAY，Optimus 上的执行器共有 6 种类型，不同类型的扭矩、输出力和质量性能参数各异。同时，其手部有 12 个电机执行器(每只手 6 个)，用于完成细小物体的抓取。
- **投资建议：**3D 视觉建议关注奥比中光、凌云光、奥普光电；线束连接器建议关注瑞可达、维峰电子；传感器建议关注柯力传感、苏州固得、敏芯股份、纳芯微、芯动联科；电机驱动建议关注峰昭科技、晶丰明源、安路科技
- **风险提示：**行业发展不及预期风险；下游需求不及预期风险；竞争加剧风险

内容目录

1. “具身智能”为 AI 下一浪潮，人形机器人加速突破.....	5
1.1. 具身智能为 AI 下一浪潮，赋能人形机器人从 0 到 1.....	5
1.2. 科技巨头入局人形机器人，蓝海行业加速成长.....	5
1.2.1. 特斯拉 Optimus：站在造车积淀上造机器人，单价 2 万美元打造未来爆款.....	5
1.2.2. 波士顿动力 Atlas：机器人中的“跑酷达人”，身价过高限制应用场景.....	6
1.2.3. 小米 CyberOne：小米科技生态新符号，打造注重情绪的机器人.....	7
2. 人形机器人拆分：拟人化功能复现，衍生多细分领域机遇.....	7
2.1. 3D 视觉：具身智能之眼.....	7
2.1.1. 奥比中光.....	8
2.1.2. 凌云光.....	9
2.1.3. 奥普光电.....	9
2.2. 线束连接器：机器人的血管与神经.....	10
2.2.1. 瑞可达.....	11
2.2.2. 维峰电子.....	11
2.3. 传感器：内外部环境多维监控.....	11
2.3.1. 柯力传感.....	12
2.3.2. 苏州固锟.....	12
2.3.3. 敏芯股份.....	13
2.3.1. 纳芯微.....	14
2.3.2. 芯动联科.....	14
2.4. 电机驱动：驱动完成“关节”运动.....	15
2.4.1. 峰岹科技.....	16
2.4.1. 晶丰明源.....	17
2.4.1. 安路科技.....	17
3. 盈利预测与估值一览.....	18
4. 风险提示.....	18

图表目录

图 1: 具身智能赋予机器人与世界交互感知的能力	5
图 2: 英伟达的多模态具身智能 NVIDIA VIMA 根据视觉文本提示执行任务	5
图 3: 特斯拉 Optimus 部分特征	6
图 4: 特斯拉灵巧手能够灵活“比心”	6
图 5: 特斯拉 Optimus 可通过 AI 学习人体行动	6
图 6: Optimus 的目标是胜任更复杂的任务	6
图 7: Atlas 机器人协同后空翻	7
图 8: 具有感知输出的 Atlas 渲染	7
图 9: CyberOne 具体参数	7
图 10: CyberOne 的应用重点在于与人互动	7
图 11: 特斯拉 Optimus 的视觉感知模拟效果	8
图 12: Atlas 3D 相机形成的环境点云	8
图 13: 奥比中光 3D 视觉传感器及底层核心芯片量产时间轴	9
图 14: 凌云光机器视觉产品营业收入	9
图 15: 凌云光 LCubor 3D 高精度面阵结构点云重建光相机	9
图 16: 长光辰芯 1.52 亿分辨率 CMOS 图像传感器 GMAX32152	10
图 17: 禹衡光学 29 位绝对式高精度光栅编码器 JZN-1	10
图 18: 机器人线束随机器人运动而运动	11
图 19: 工业机器人线缆需要具有抗扭转应力的能力	11
图 20: 机器人内外部传感器的基本种类	12
图 21: 应变式力矩传感器示意图	12
图 22: 柯力传感营收及其增速	12
图 23: IMU 拆解示意图	13
图 24: IMU 在机器人上的应用示意图	13
图 25: 惯性传感器下游各应用场景	13
图 26: 2021 年公司 MEMS 惯性业务各应用领域营收占比	13
图 27: 传感器信号调理 ASIC 芯片（以公司典型产品为例）	14
图 28: 纳芯微信号感知芯片构成变化	14
图 29: 公司 MEMS 陀螺仪典型应用场景	15
图 30: 公司 MEMS 加速度计典型应用场景	15
图 31: 2022 年公司主营业务收入构成示意图	15
图 32: 特斯拉 Optimus 六种不同类型电机执行器	16

图 33: BLDC 电机与其它电机性能参数对比.....	16
图 34: 峰昭科技主要产品情况.....	16
图 35: 2022 年公司各产品线研发费用占比.....	17
图 36: 2022 年公司各产品线营业收入占比示意图	17
图 37: 安路科技工业控制领域营业收入及增速	17
图 38: 安路科技基于 FPGA 的工业伺服系统.....	17
图 39: 核心公司盈利预测与估值一览表（采用 2023/8/30 收盘价）	18
表 1: 3D 成像技术对比.....	8
表 2: 公司可用于机器人的连接器研发项目	11

1. “具身智能”为 AI 下一浪潮，人形机器人加速突破

1.1. 具身智能为 AI 下一浪潮，赋能人形机器人从 0 到 1

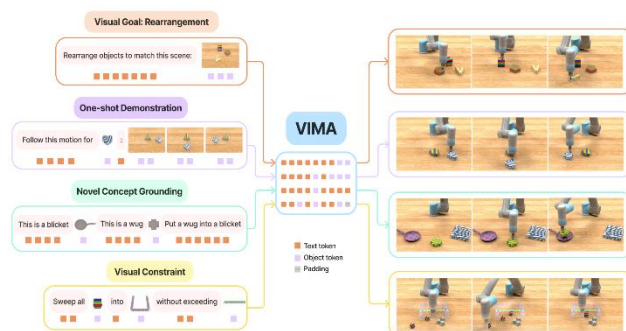
人工智能（AI）最终也将回归于“人”：“具身智能”为 AI 下一浪潮，赋能人形机器人从想象走入现实。黄仁勋在 ITF World 2023 的演讲中，提出 AI 下一轮发展趋势为“具身智能”，能够理解、推理并与物理世界交互。“具身智能”赋能于机器人等载体，使其具备自主感知、自主决策、自主执行、自主学习的能力。有别于现阶段机器人只能机械执行有限操作，机器人与环境交互感知的能力正是“具身智能”的精髓所在。如果说 ChatGPT 为代表的大模型开启了通用 AI 新时代，那么多模态、具身、主动交互式的人形机器人则是这一时代的必由之路，人形机器人有望成为 AI 终端的最终形态。

图 1：具身智能赋予机器人与世界交互感知的能力



资料来源：机器之心微信公众号，德邦研究所

图 2：英伟达的多模态具身智能 NVIDIA VIMA 根据视觉文本提示执行任务



资料来源：ICML 2023 会议论文 VIMA: General Robot Manipulation with Multimodal Prompts（作者 Yunfan Jiang 等），德邦研究所

1.2. 科技巨头入局人形机器人，蓝海行业加速成长

科技巨头入局，AI+人形机器人初露头角，蓝海空间无限可能。特斯拉 Optimus、波士顿动力 Atlas、小米 CyberOne 等科技巨头布局人形机器人，AI 具身智能持续迭代赋能，人形机器人行业有望迎来加速发展。据高工机器人产业研究所预计，2026 年全球人形机器人在服务机器人中的渗透率有望达到 3.5%，市场规模超 20 亿美元，到 2030 年，全球市场规模有望突破 200 亿美元。

1.2.1. 特斯拉 Optimus：站在造车积淀上造机器人，单价 2 万美元打造未来爆款

“车人同源”，沿袭特斯拉汽车最强大脑和动力核心。马斯克曾表示，“当有一天我们解决了汽车的自动驾驶问题（即现实世界的 AI 问题）后，就可以将 AI 技术推广到人形机器人身上。这将比汽车具有更广阔的应用前景。”特斯拉机器人沿袭了电动汽车的设计经验，并具备一双拥有 11 个自由度的“灵巧手”。特斯拉对于机器人的定位，已从“替代人工进行重复或危险工作”，向“为千家万户提供更复杂的服务工作”转变。

超算大脑：Optimus 的大脑使用了 Dojo D1 超级计算芯片，视觉感知系统主要基于特斯拉 FSD 的计算机模组和方案，面部配备 8 个汽车同款 Autopilot 摄像头，最远监测距离可达 250 米。

灵巧手脚：Optimus 的“手”拥有 6 个执行器，11 个自由度，支持自适应抓取，手心采用防滑材料，可抓起 20 磅重量，特别适用于精密小零件的抓取；手腕由两根执行器控制，能让手腕转动，做水平的动作；腿部也是采用了两根执行器，脚掌可以上下翻及调整掌面。这使得 Optimus 的手脚具有了模仿人类的灵活度。

安全心脏：Optimus 静坐时能耗 100w，慢走时能耗 500w。借鉴汽车电池系统，Optimus 躯干处搭载了 2.3kWh、52V，并高度集成了充电管理、传感器、冷

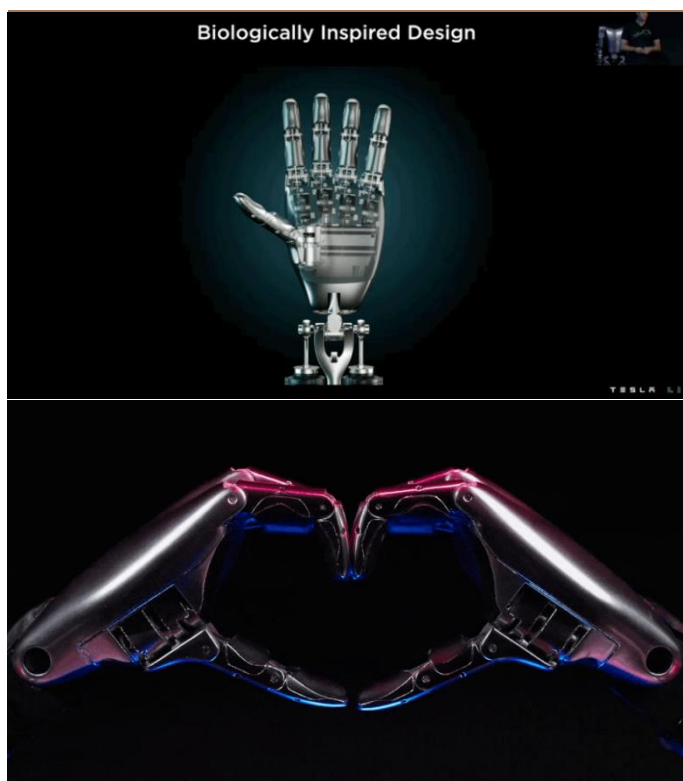
却系统的电池系统，具备保护自身和周围人安全的能力。

图 3：特斯拉 Optimus 部分特征



资料来源：特斯拉微信公众号，德邦研究所

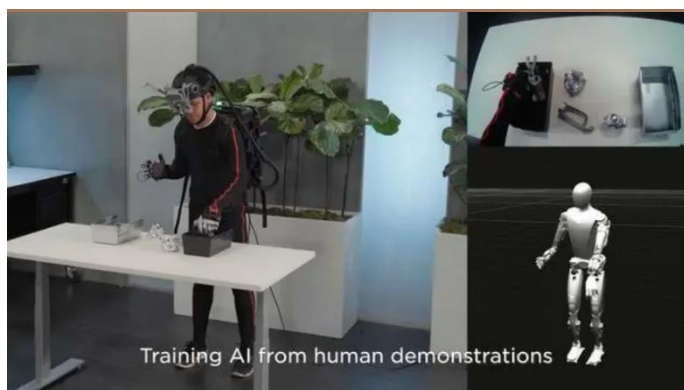
图 4：特斯拉灵巧手能够灵活“比心”



资料来源：中国机器人网，Tesla AI Day 2022，德邦研究所

两年间进展迅速，Optimus 目标承担更复杂的任务。2021 年 Optimus 作为概念首次被提出，两年后的 2023 年 5 月 16 日，在特斯拉举行的股东大会的展示短片中，Optimus 的行走运动已经较为流畅，更具备了一系列全新技能：Optimus 可以进行电机转矩控制，可将力道控制至不打碎鸡蛋。此外，Optimus 还可进行集体行走，端到端操控，环境探索与记忆等功能，并能通过 AI 算法精准识别人类抓取物品动作并复制到机器人身上。

图 5：特斯拉 Optimus 可通过 AI 学习人体行动



资料来源：2023 Tesla 股东大会，德邦研究所

图 6：Optimus 的目标是胜任更复杂的任务



资料来源：2023 Tesla 股东大会，德邦研究所

2 万美元打造爆款，展望机器人蓝海市场。Optimus 在 2022 Tesla AI Day 上，马斯克曾预计 Optimus 将在 3 至 5 年内开始量产，单价将低于 2 万美元，市场需求预计达到数百万台。在更长远的展望中，马斯克预测未来也许每个人都会配备一台机器人，人形机器人市场需求将达到 100 亿至 200 亿台。

1.2.2. 波士顿动力 Atlas：机器人中的“跑酷达人”，身价过高限制应用场景

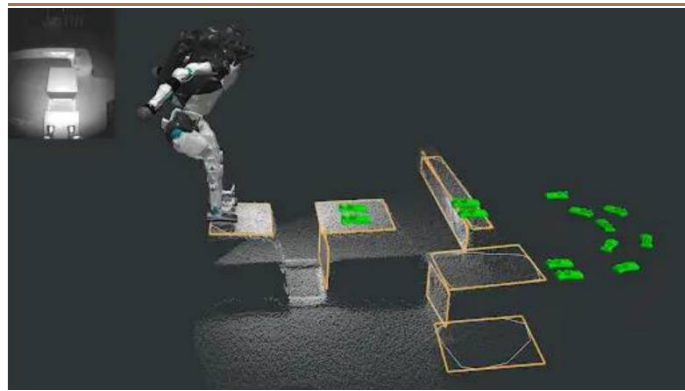
波士顿动力 Atlas 以其卓越的运动性能而闻名，高造价限制商用场景。Atlas 机器人包含 28 个液压驱动器来提供动力，速度能达到 1.5m/s，并且使用 3D 打印技术来制造身体，使得其重量大幅减轻。同时 Atlas 搭配 TOF 深度相机来扫描周围环境，同时通过 MPC 模型来预测其运动，从而做出最佳选择。然而，Atlas 造价达 200 万美元，其居高不下的成本大大限制了 Atlas 的商用化进程。

图 7: Atlas 机器人协同后空翻



资料来源: DeepTech 深科技公众号, 波士顿动力, 德邦研究所

图 8: 具有感知输出的 Atlas 渲染



资料来源: 中国机器人网, 波士顿动力, 德邦研究所

1.2.3. 小米 CyberOne: 小米科技生态新符号，打造注重情绪的机器人

Cyberone: 注重人的情绪感知，造价 60-70 万元。从智能手机到可穿戴设备、智能家居、智能电动汽车以及仿生机器人，小米正围绕人的生活和工作在构建不断延展的科技生态。小米 CyberOne 拥有空间感知、认知能力，其搭载自研 Mi-Sense 深度视觉模组，结合 AI 交互算法，使其不仅拥有完整的三维空间感知能力，更能够实现人物身份识别、手势识别、表情识别，做到了不仅看得到也能看得懂。同时 CyberOne 支持 21 个自由度，速度达到 3.6km/h，并能实现各自由度 0.5 毫秒级别的实时响应，模拟人的各项动作。其搭载的自研 MiAI 环境语意识别引擎和 MiAI 语音情绪识别引擎，能够实现 85 种环境音识别和 6 大类 45 种人类情绪识别。CyberOne 造价在 60-70 万元，尚无法实现量产。

图 9: CyberOne 具体参数



资料来源: 机器人技术与应用公众号, 小米, 德邦研究所

图 10: CyberOne 的应用重点在于与人互动



资料来源: 科技狐微信公众号, 德邦研究所

2. 人形机器人拆分：拟人化功能复现，衍生多细分领域机遇

2.1. 3D 视觉：具身智能之眼

3D 视觉为具身智能之眼，精准、灵活的 3D 视觉是机器人运动与交互的前提。视觉感知是人形机器人最重要的外部感知能力之一，对人形机器人的运动行走以及决策反应起着关键性的作用。机器人低速移动、处理复杂多样的工作以及人交互的工作需求对视觉传感器的变焦能力、分辨率提出考验。由于机器人处于移动状态，视觉传感器必须具备较强的变焦能力，同时，机器人还需要具备识别人脸

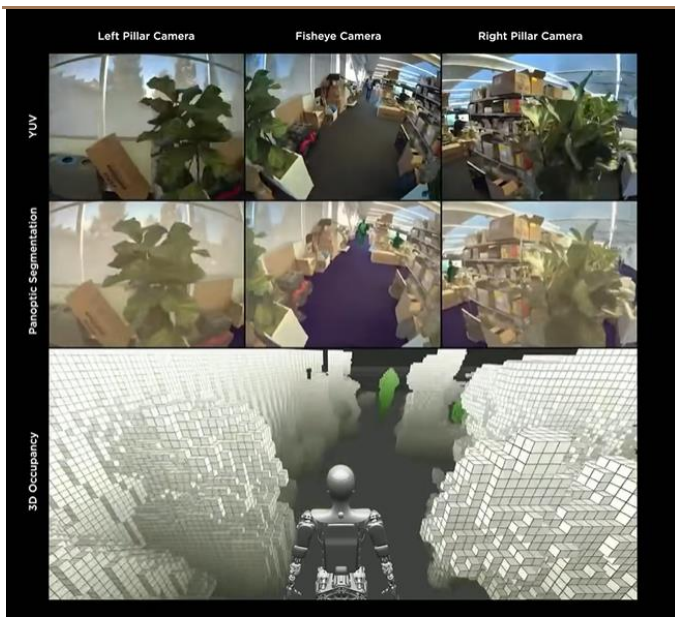
甚至表情的能力，对分辨率提出了更高的要求。目前 3D 成像方案主要有立体视觉、结构光、激光三角测量以及 ToF (Time of flight)。特斯拉目前使用的方案为使用多个摄像头的立体视觉方案；波士顿动力 Atlas 则使用了 ToF 方案。

(1) 特斯拉 Optimus: 全面沿袭自动驾驶方案设计，使用了 8 颗自动驾驶摄像头。

(2) 波士顿动力 Atlas: 使用了 ToF 方案，ToF 相机以每秒 15 帧的速度生成环境点云。使用多平面分割算法从点云中提取平面，并输入到映射系统中进行建模，机器人则根据建模结果进行运动规划。

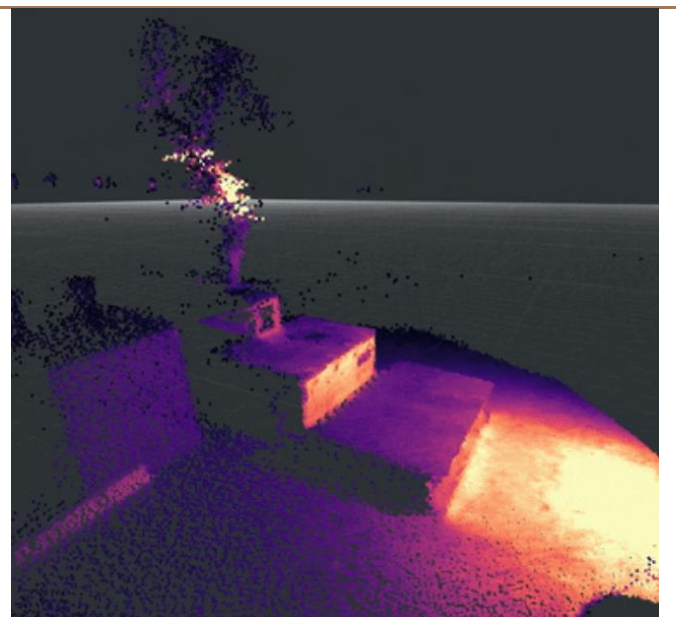
(3) 小米 CyberOne: 搭载 Mi-Sense 深度视觉模组，由小米和欧菲光协同开发完成。欧菲光自研的机器视觉深度相机模块由 iToF 模组、RGB 模组、可选 IMU 模块组成，产品测量范围内精度达 1%。

图 11: 特斯拉 Optimus 的视觉感知模拟效果



资料来源: 特斯拉 AI DAY 2022, 德邦研究所

图 12: Atlas 3D 相机形成的环境点云



资料来源: 中国机器人网公众号, 波士顿动力, 德邦研究所

表 1: 3D 成像技术对比

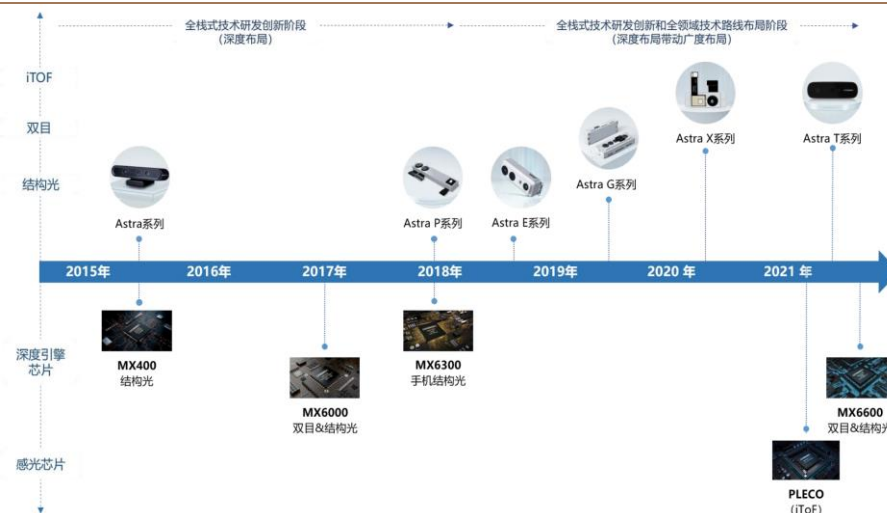
	立体视觉	结构光	激光三角测量	ToF
原理示意图				
距离	中到远 (取决于两个相机间的距离) & 2 米到 5 米受限	短到中 & 可到 2 米	短 & 受限距离	远 & 可扩展 30-50cm, 20-50cm
分辨率	中	中	多选	高
位深精度	中	中到高 (短范围)	非常高	中
软件复杂性	高	中	高	低
实时效果	低	低	低	高
暗光条件下	差	好	好	好
户外光	好	差	差	差到好
紧凑度	中	中	中	非常紧凑
选材成本	低	高	高	中
总运营成本 (包括校准)	高	中到高	高	中

资料来源: MEMS 公众号, 德邦研究所

2.1.1.1. 奥比中光

在机器人视觉领域，公司产品经验丰富、核心技术完备。公司已针对服务机器人和工业机器人等不同种类机器人推出了 3D 视觉感知方案，并推出 Astra G/T 等应用于 AIoT 服务机器人领域的 3D 视觉传感器产品系列，与普渡科技、云迹科技、擎朗智能等服务机器人客户达成合作。公司技术路线覆盖单目结构光、双目视觉、ToF、LiDAR，技术能力覆盖机器人视觉芯片、智能视觉算法、模组及方案以及规模化量产等能力，在全球率先完成具身智能机器人视觉的核心技术布局，不断提高机器人视觉感知领域的竞争力。

图 13：奥比中光 3D 视觉传感器及底层核心芯片量产时间轴

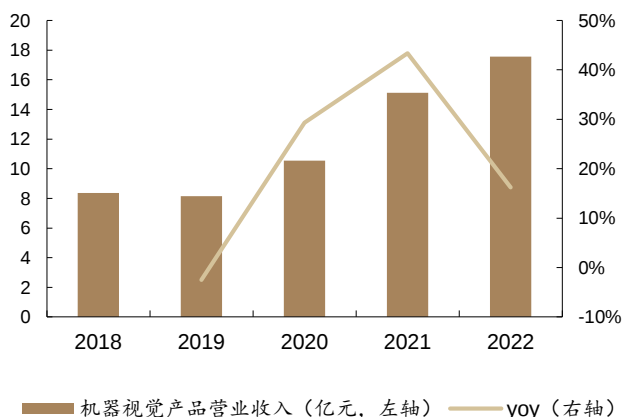


资料来源：奥比中光招股说明书，德邦研究所

2.1.2. 凌云光

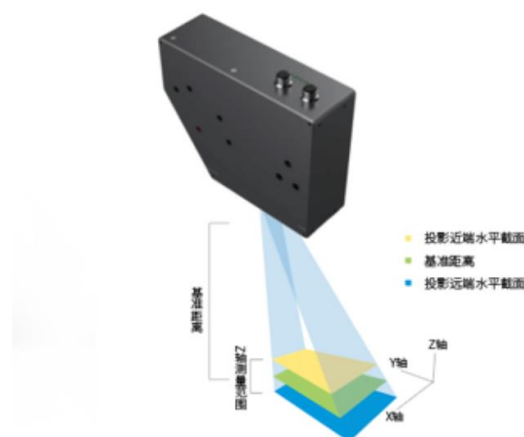
机器视觉领域技术积累深厚，自研视觉算法库与可配置视觉系统共同赋能机器人视觉感知。凌云光深耕机器视觉行业近 20 年，是少数拥有底层视觉算法完全自主开发能力的公司，其立体视觉领域可配置视觉系统基于自研算法库 VisionWare 及其衍生系列软件，可实现点云数据处理与建模，这一技术可应用于数字形象构建和移动机器人自主导航等情景。而在机器人领域，波士顿动力的 Atlas 机器人运用了点云视觉感知技术，能够帮助其有效感知环境、生成与规划行动路径。凌云光已具备成熟的点云处理底层算法库和立体视觉领域可配置视觉系统，未来在移动机器人领域应用前景广阔。

图 14：凌云光机器视觉产品营业收入



资料来源：Wind，德邦研究所

图 15：凌云光 LCubor 3D 高精度面阵结构点云重建光相机



资料来源：凌云光官网，德邦研究所

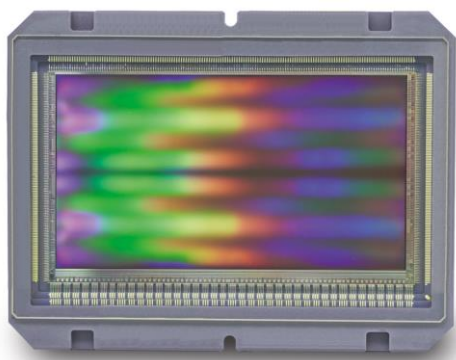
2.1.3. 奥普光电

国防用光电测控仪器专业生产厂商，参股公司长光辰芯和禹衡光学分别覆盖 CIS 与光栅编码器领域。奥普光电多年深耕光机电一体化产品，光电测控领域优势强大，主要产品包括光电测控仪器、光学材料和医疗器械。长光辰芯专注高性能 CMOS 图像传感器的设计研发，具备业界领先的 CIS 核心技术与产品。禹衡光学是国内光栅传感器领域的领先企业，主导产品光栅编码器是伺服系统和自动化领域的关键部件。

奥普光电参股公司长光辰芯技术积累深厚、行业地位领先、客户资源优质，深度参与 CIS 国产替代。长光辰芯的 CIS 产品广泛应用于 3D 激光扫描测量、轮廓分析和机器视觉领域，2022 年在工业 CIS 应用市场中市占率排名全球第四，国内排名第一，积累了特励达、Vieworks、海康机器人、华睿科技等国内外知名优质客户。同时，长光辰芯凭借技术优势不断突破 CIS 关键技术难关，深度参与 CIS 领域的国产替代，不仅研制了全球迄今为止分辨率最高的 1.5 亿 APS 像素 CIS 芯片，2021 年发布的 8K 超高清图像传感芯片产品更是打破了我国超高清成像芯片及系统对国外进口的长期依赖。

奥普光电子公司禹衡光学深耕光栅编码器，在机器人领域应用前景广阔。禹衡光学的主导产品光栅编码器广泛应用于自动化领域，同时还是机器人伺服电机中的关键零部件。目前，禹衡光学在工业机器人伺服领域市占率达到 40%，智能协作机器人编码器领域市占率为 10%，在机器人赛道优势极大。此外，伺服关节是人形机器人的核心组成部分，每一类伺服关节都需要通过编码器来感知环境、精确测量运动轨迹、控制关节运动。禹衡光学光栅编码器在人形机器人领域存在广阔的应用前景。

图 16：长光辰芯 1.52 亿分辨率 CMOS 图像传感器 GMAX32152



资料来源：长光辰芯官网，德邦研究所

图 17：禹衡光学 29 位绝对式高精度光栅编码器 JZN-1

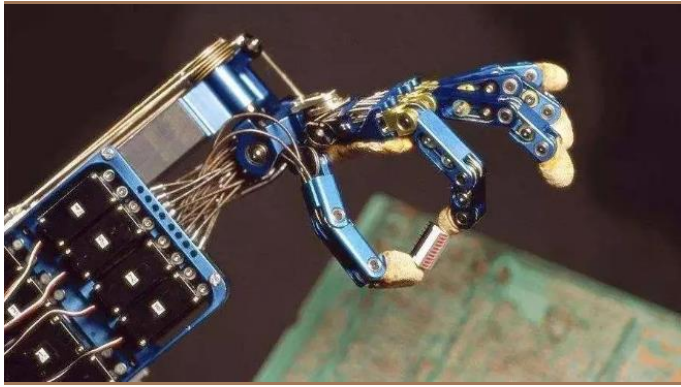


资料来源：禹衡光学官网，德邦研究所

2.2. 线束连接器：机器人的血管与神经

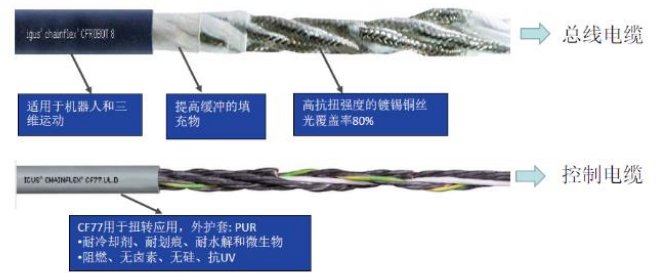
线束与连接器为人形机器人的神经与血管，随机器人的运动而动，对线束提出抗扭转应力、高速率、连接器小型化等要求。特斯拉 Optimus 借鉴了电动汽车设计，新能源汽车连接器和工业机器人连接方案有望给予人形机器人技术启发。新能源汽车自动驾驶方案外接多个摄像头及激光雷达等传感器，对线束提出了高速传输的需求；而工业机器人装配复杂、敏感传感器数量多、柔性化作业的特点则对线束连接器提出了小型化、高速率、模块化、高集成的需求。人形机器人的运动规划也离不开摄像头等外接传感器，且人形机器人空间较汽车更小，柔性化作业程度高，预计也将对线束及连接器提出高速率、小型化、抗应力等要求。

图 18：机器人线束随机器人运动而运动



资料来源：中国信息科技微信公众号，德邦研究所

图 19：工业机器人线缆需要具有抗扭转应力的能力



资料来源：igus 易格斯微信公众号，德邦研究所

2.2.1. 瑞可达

瑞可达：汽车连接器小巨人，T 公司合作伙伴。瑞可达具备光、电、微波、高速数据、流体连接器产品研发和生产能力，主要下游领域覆盖新能源汽车、储能、通讯、工业。公司 2016 年与美国 T 公司建立合作关系，在新能源汽车和储能领域都与美国 T 公司保持着良好的合作。新能源汽车是公司最主要的下游领域，至 2022 年 2 月，公司已经为美国 T 公司旗下主要电动轿车、电动 SUV、电动卡车及充电设施产品系列提供近 100 余款产品，并有数十款产品在持续开发中。在工业领域，公司在机器人领域有特种连接器和线束产品的布局，涉及工业机器人、医疗设备等细分领域。特斯拉 Optimus 人形机器人承袭造车路线，新能源汽车产业链供应商亦有望优先进入机器人供应链。

2.2.2. 维峰电子

维峰电子：专精工业控制精密板端连接器，产品可用于人形机器人。公司的精密连接器产品可广泛用于工业控制与自动化设备、新能源汽车“三电”系统等应用场景。公司的工业控制板对板连接器可应用于伺服电机，汇川技术为公司的主要客户。此外，公司的 I/O 系列、WD 系列、WF 系列产品可用于人形机器人、工业机器人等自动化、智能制造设备的机械臂和控制柜上。在工业机器人领域，公司已经有产品应用于库卡机器人相关项目。在研发储备方面，公司亦有多款产品可应用于库卡相关项目。

表 2：公司可用于机器人的连接器研发项目

产品	特点与优势	进程
PDR-PH-RD27 6.0&6.35mm 研发广泛应用于工业自动化，机器人运动控制，变频器，电力自动化，机床设备，交通控制等领域的连接器		已量产
PDR-BT-RD29 WD 系列线对板连接器	应用在机器人控制、运动控制、变频器、电力自动化、机床设备、不间断电源、能源管理，以及照明控制，电梯与扶梯控制、旋转门控制、地铁屏蔽门、铁路、地铁空调控制，其他交通控制	已量产
PDR-BB-RD 31mm 0.8mm 高 主要应用于工业自动化、机器人、工业网络板对板连接	需求	部分规格已量产
PDR-PH-RD 320.5mm 板对板 广泛应用于工业自动化控制、自动化机器人、通信网络、高速连接器	医疗设备、家电、消费电子、电力系统等行业	部分规格已量产

资料来源：维峰电子 2022 年年报，德邦研究所

2.3. 传感器：内外部环境多维监控

机器人根据所完成任务的不同，配置的传感器类型和规格也不尽相同，根据信息来源一般可分为内部传感器和外部传感器。内部传感器，主要用来采集机器人内部的信息，如关节运动的位置、速度、加速度等；外部传感器，主要用来测量机器人周边环境参数，通常跟机器人的目标识别、作业安全等因素有关。

图 20：机器人内外部传感器的基本种类

	传感器名称		基本种类
内部传感器	位置传感器		电位器、旋转变压器、码盘
	速度传感器		测速发电机、码盘
	加速度传感器		应变片式、伺服式、压电式、电动式
	倾斜角传感器		液体式、垂直振子式
	力（力矩）传感器		应变式、压电式
外部传感器	视觉传感器	测量传感器	光学式（点状、线状、圆形、螺旋形、光束）
		识别传感器	光学式、声波式
	触觉传感器	触觉传感器	单点式、分布式
		压觉传感器	单点式、高密度集成、分布式
		滑觉传感器	点接触式、线接触式、面接触式
	接近度传感器	接近度传感器	空气式、磁场式、电场式、光学式、声波式
		距离传感器	光学式（反射光量、定时、相位信息）
			声波式（反射音量、传输时间信息）

资料来源：《机器人传感器及其信息融合技术》，公众号“化学工业出版社机械分社”，德邦研究所

2.3.1. 柯力传感

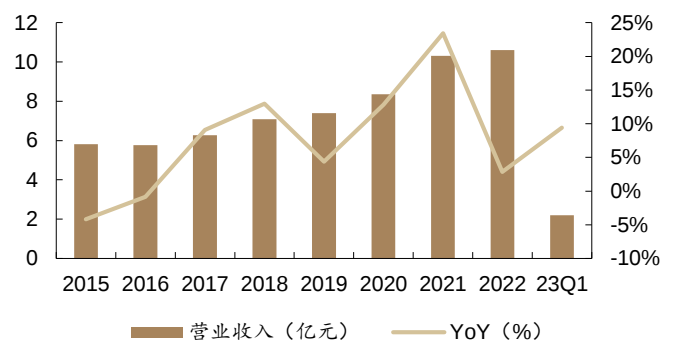
公司作为国内传感器领域的龙头企业，长期专注于各类应变式传感器的研制工作，并依托其在传感器领域的优势，提供仪器仪表的系统集成以及干粉砂浆等第三方服务。公司的核心产品为应变式（力矩）传感器，“应变式”是对其工作原理的描述：将工程构件受力后的形变转化为可测量的电阻变化。应变式力（力矩）传感器是机器人中的关键部件，在机器人关节模组等重要环节具有广泛应用。其可以对机器人手臂上的力进行监控，根据数据分析，对机器人后续行为做出指导，能够将扭力的物理变化转换成精确的电信号，具有精度高，频响快，可靠性好等优点。按照测量维度，力传感器可以分为一至六维力传感器。六维力传感器维度最高，其反馈的信息也最为全面，但由于其难度最大，其最早应用于航空航天市场，后逐步应用于工业机器人以及对传感性能要求更高的协作机器人领域。

图 21：应变式力矩传感器示意图



资料来源：“工业机器人”公众号，德邦研究所

图 22：柯力传感营收及其增速



资料来源：Wind，柯力传感公司公告，德邦研究所

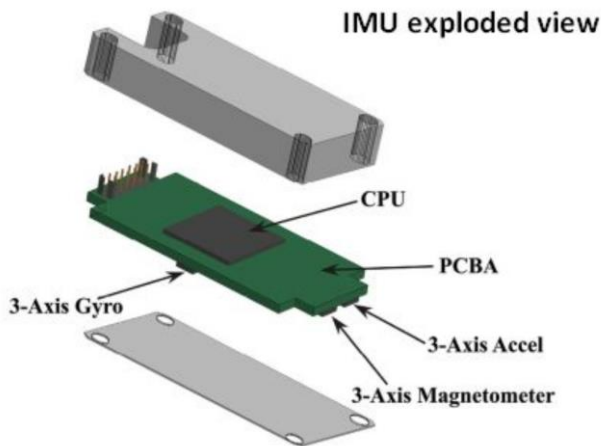
2.3.2. 苏州固锝

IMU（inertial measurement unit），即惯性测量单元，其内部主要由三个单轴的加速度计和三个单轴的陀螺仪组成，前者用以检测物体在载体坐标系中独立三轴的加速度信号，而后者检测载体相对于导航坐标系的角速度信号。

公司专注于半导体芯片、功率半导体器件和集成电路封装测试，目前已经拥有从产品设计到最终产品研发、制造的整套解决方案，产品广泛应用在航空航天、汽车、IT、工业家电以及大型设备的电源装置等领域。随着我国半导体行业规模的迅速扩张，MEMS 传感器行业也将迎来广阔发展空间。公司紧跟市场步伐，积

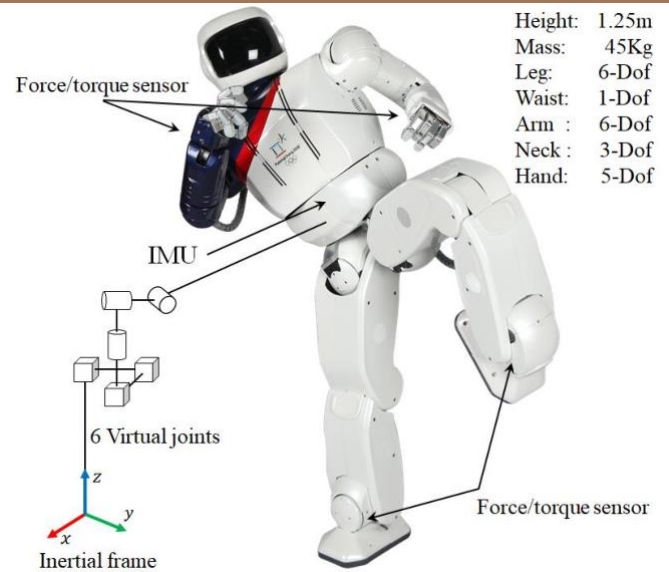
极布局 MEMS 传感器领域，形成了以 MEMS 加速度计为核心的产品组合，并参股子公司明皜传感（21.63%），其负责 MEMS 惯性传感器及 IMU 的研发设计，有望成为机器人传感器稀缺性标的。

图 23：IMU 拆解示意图



资料来源：Microcontrollertips，德邦研究所

图 24：IMU 在机器人上的应用示意图



资料来源：《Implementing Full-body Torque Control in Humanoid Robot with High Gear Ratio Using Pulse Width Modulation Voltage》-K. Lee, Okkee Sim, Hyobin Jeong, Jaesung Oh, Hyoin Bae, Seungwoo Hong, Jun-Ho Oh, 德邦研究所

2.3.3. 敏芯股份

机器人市场正逐渐成为 MEMS 传感器的主要应用市场。在工业机器人领域，方位测量、力度与扭矩测量、线路轨迹规划、图像检测和轮廓识别等常见应用场景，都离不开 MEMS 传感器的加持。

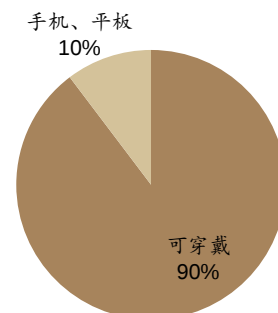
惯性（加速度）传感器应用广泛，公司业务主要集中于消费电子领域。惯性传感器主要用于检测和测量加速度、倾斜、冲击、振动、旋转和多自由度(DoF)运动，因此下游主要覆盖各类人与物体的运动场景。公司惯性业务主要集中在消费电子领域，因此对成本、功耗、尺寸等要求较高。根据公司 21 年年报，公司早在 2015 年就推出了使用 TSV 通孔制造工艺的单芯片集成三轴加速度计，至 21 年仍是全球最小尺寸，且公司将持续进行芯片设计迭代，推出更小尺寸的加速度传感器。公司惯性传感器在 2020 年进行了晶圆端供应链的调整，已完成在新工厂的工艺导入，正进一步改进工艺并提升良率。2023 年，公司将持续进行陀螺等惯性传感器的研究开发工作，并对车用惯性导航模组 IMU 进行研究开发工作。

图 25：惯性传感器下游各应用场景

应用	具体应用	重点关注性能指标
消费	手机屏幕旋转、图像缩放	成本/功耗/尺寸/集成度
汽车	触发安全气囊等	稳定性/量程/集成度/带宽
工业	检测和监控设备运行状态	信噪比/稳定性/量程/带宽
战术	武器、工业无人机导航等	信噪比/误差/稳定性
导航	航空航天、自动驾驶等	信噪比/误差/稳定性

资料来源：传感器专家网公众号，德邦研究所

图 26：2021 年公司 MEMS 惯性业务各应用领域营收占比



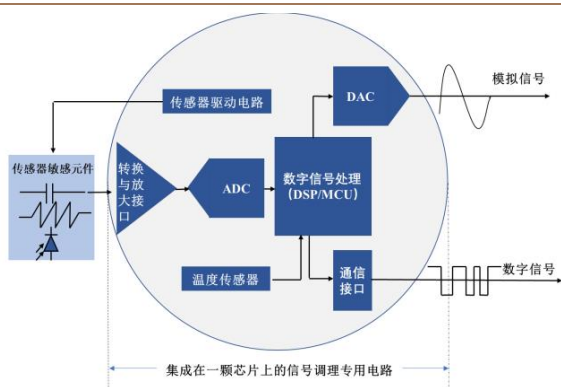
资料来源：敏芯股份公司公告，德邦研究所

2.3.1. 纳芯微

公司在传感器领域，主要聚焦信号调理 ASIC 芯片，其是指基于 CMOS 工艺制程的，用于对传感器敏感元件的输出信号进行采样和处理的高集成度专用芯片。传感器敏感元件是可以测量某种类型的物理量，如压力、声音、温度、湿度、磁场、光强等，并把这些物理量转化为电信号的一种器件。但由于传感器敏感元件一般输出相当微弱的模拟信号，如微弱的电压、电流或电阻的变化等，不能直接用于一般的电子设备或系统，因此需要信号调理 ASIC 芯片对该输出信号进行放大和模数转换等。另外，传感器敏感元件的输出信号往往存在非线性与温度系数过大等问题，也需要传感器信号调理 ASIC 芯片进行校准。区别于传统的分立器件方案，纳芯微的传感器信号调理 ASIC 芯片将自主设计的各个电路模块集成到一颗芯片中，能够实现传感器信号的采样、放大等多种功能。

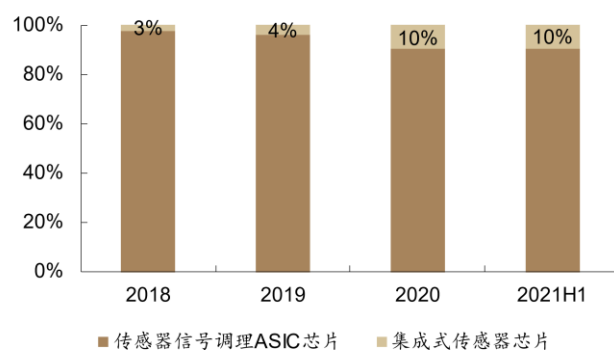
纳芯微逐渐扩大在 MEMS 传感器市场的覆盖规模。从纳芯微信号感知芯片构成来看，集成式传感器占比逐渐提高，从 2018 年的 3% 增长到 2021H1 的 10%，公司集成式传感器的种类也在逐渐丰富，目前包括集成式压力传感器、集成式温度传感器及磁传感器。

图 27：传感器信号调理 ASIC 芯片（以公司典型产品为例）



资料来源：纳芯微招股说明书，德邦研究所

图 28：纳芯微信号感知芯片构成变化



资料来源：纳芯微招股说明书，德邦研究所

2.3.2. 芯动联科

MEMS 惯性传感器是机器人运动的关键器件。机器人运动主要靠三轴倾角传感器，MEMS 陀螺仪和加速度计是其中重要的倾角检测器件。陀螺仪用于感知物体运动的角速率，加速度计用于感知物体运动的线加速度，二者辅以时间维度进行运算后可得出物体相对于初始位置的偏离，进而获得物体的运动状态，包括当前位置、方向和速度。两类惯性传感器因为有着体积小、重量轻、成本低、可靠性高和易于实现数字化和智能化等优势，逐渐取代传统姿态测量器件陀螺应用于微型机器人，并有望延伸至人形机器人领域。

MEMS 惯性传感器在机器人领域应用广泛。公司的 MEMS 陀螺仪采用静电驱动、电容检测的开环闭环兼容的工作模式。MEMS 芯片采用多质量块差分解耦结构，具有优良的正交误差抑制能力、抗振动特性以及温度特性，有利于保持陀螺仪运行中的稳定性和测量精准性，同时公司 MEMS 传感器的数模混合 ASIC 芯片，具备自校准、自诊断、自标定、自适应等智能算法；公司 MEMS 加速度计的产品构造与陀螺仪基本相同，利用敏感结构和分散式多单元结构的设计将线加速度的变化转换为电容的变化量，最终通过专用集成电路读出电容值的变化，得到物体运动的加速度值，公司核心产品广泛应用在高端工业、无人系统和高可靠等应用领域。

图 29：公司 MEMS 陀螺仪典型应用场景

用途	行业典型应用场景
惯性导航	飞行体、车、船、测绘
平台稳定	吊舱、车、船、飞机、动中通、雷达
姿态感知	航姿仪、微纳卫星、石油勘探、寻北仪、动中通
状态监测	5G 基站、高速铁路、 机器人

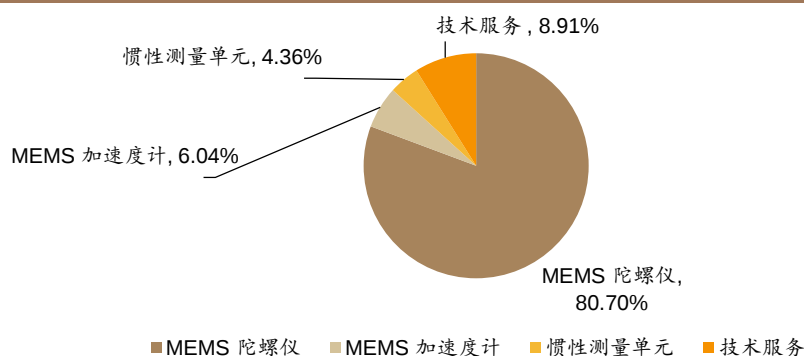
资料来源：芯动联科招股说明书，德邦研究所

图 30：公司 MEMS 加速度计典型应用场景

用途	行业典型应用场景
惯性导航	飞行体、车、船、 机器人 等平台导航
平台稳定	飞行体、车、船、 机器人 等平台稳定
姿态感知	飞行体、车、船、 机器人 、卫星等姿态感知
状态监测	工业设备、桥梁、高铁轨道、5G 基站等设备的监测

资料来源：芯动联科公司招股说明书，德邦研究所

图 31：2022 年公司主营业务收入构成示意图



资料来源：芯动联科招股说明书，德邦研究所

2.4. 电机驱动：驱动完成“关节”运动

机器人关节处需多个电机进行驱动，电机驱动芯片配套需求提升。电机驱动芯片是一种能够控制和驱动电机的集成电路芯片，它通常被嵌入在电机驱动器中以实现智能控制功能。电机驱动芯片由多个模块组成，包括功率输出模块、驱动控制模块、保护模块等。人形机器人中，电机需求广泛分布。以特斯拉 Optimus 为例，其主体部分有 28 个电机执行器，用以完成抬手，屈膝等动作。根据特斯拉 2022 AI DAY，Optimus 上的执行器共有 6 种类型，不同类型的扭矩、输出力和质量性能参数各异。同时，其手部有 12 个电机执行器（每只手 6 个），用于完成细小物体的抓取。

图 32：特斯拉 Optimus 六种不同类型电机执行器



资料来源：特斯拉 2022 AI DAY，“光锥智能”公众号，德邦研究所

2.4.1. 峰昭科技

BLDC（直流无刷）电机在机器人中广泛应用。在机器人中，执行结构一般分为液压驱动和电机驱动两种类型，且后者应用更为常见。而在电机驱动中，BLDC 电机由于噪音低，效率高等优势，广泛应用于扫地机器人、工业机器人等领域，未来有望延伸应用于人形机器人中。

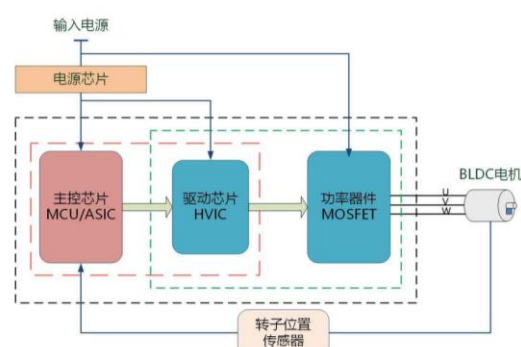
公司专注于高性能 BLDC 电机驱动控制芯片，产品涵盖电机驱动控制的关键芯片。公司产品包括电机主控芯片 MCU/ASIC、电机驱动芯片 HVIC、电机专用功率器件 MOSFET 等。公司 MCU/ASIC、HVIC、MOSFET 芯片，通常按照 1:3:6 比例，共同组成 BLDC 电机驱动控制的核心器件体系，其中 MCU/ASIC 芯片属于控制系统大脑，实现电气信号检测、电机驱动控制算法及控制指令生成等；由于主控芯片难以直接驱动大功率的 MOSFET，需要 HVIC 作为驱动芯片，起到高低压隔离和增大驱动能力的功能。在三大核心器件共同作用下，给 BLDC 电机提供高压、大电流的驱动信号，产生 U、V、W 三相控制电压，使 BLDC 电机按照控制指令工作。

图 33：BLDC 电机与其它电机性能参数对比

关键指标	感应电机	开关磁阻电机	步进电机	直流有刷电机	BLDC电机
效率	中高	中低	低	低	高
噪音	低	高	中	高	低
振动	小	大	中	中	小
转矩密度	中	中	低	中低	高
控制算法要求	可不使用控制器	中	低	低	高
控制器成本	无	中	中	低	高

资料来源：峰昭科技招股说明书，德邦研究所

图 34：峰昭科技主要产品情况

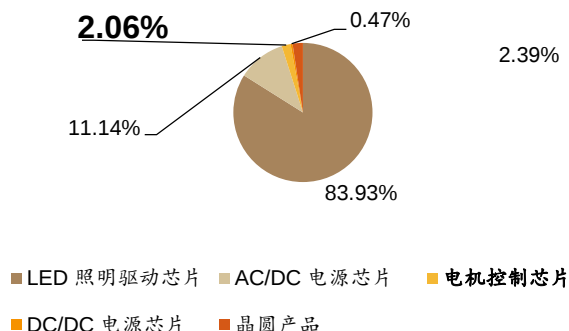


资料来源：峰昭科技招股说明书，德邦研究所

2.4.1. 晶丰明源

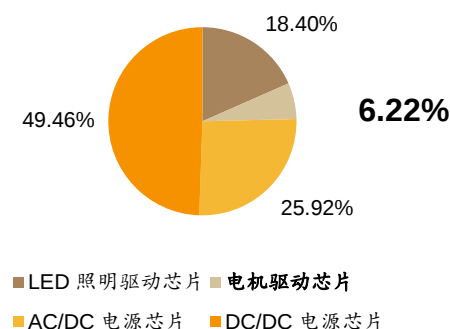
公司为国内少数几家研究电动机控制集成电路的企业。公司现有产品包括 LED 照明驱动芯片、AC/DC 电源芯片、电机控制芯片及 DC/DC 电源芯片等电源管理驱动类芯片。公司的电机控制芯片集成了电机的控制速度、力矩控制、位置控制以及过载保护等功能，利用它可以与主处理器、电机和增量型编码器构成一个完整的运动控制系统，主要应用于家用电器、电动工具、工业伺服等领域。根据公司 2022 年年度报告，目前电机控制芯片占公司整体的营收比例较低，为 2.06%，但公司在研发分配端对电机控制芯片产品线有所倾斜，电机驱动业务的研发费用占比达 6.22%。

图 35：2022 年公司各产品线研发费用占比



资料来源：晶丰明源 2022 年度报告，德邦研究所

图 36：2022 年公司各产品线营业收入占比示意图

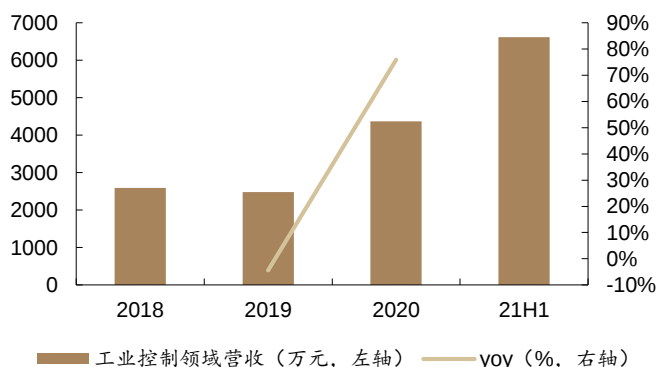


资料来源：晶丰明源 2022 年度报告，德邦研究所

2.4.1. 安路科技

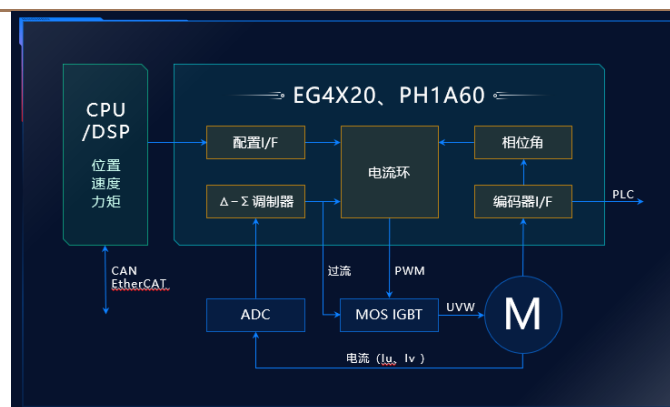
安路科技：公司 22 年底发布的 28nm 凤凰系列中有产品面向工控中的伺服、变频器和 PLC 市场，卡位伺服 FPGA 市场。安路科技是国内领先的 FPGA 芯片供应商，主要产品包括 PHOENIX 高性能产品系列、EAGLE 高效率产品系列和 ELF 低功耗产品系列，广泛应用于工业控制、网络通信、消费电子、数据中心等领域。公司于 2016 年切入工业市场。2017 年，公司推出 ELF2 系列芯片，可广泛应用于伺服驱动、工业控制等多个领域。2020 年，公司取得工控头部客户汇川技术认证，在工业控制 FPGA 市场中取得重大进展，同年公司工业控制领域实现营业收入 0.44 亿元，同比增长 76%。此外，公司近年来也成功进入了利亚德、灵星雨等知名工业控制企业的供应链，在工业控制领域不断提升市场竞争力。目前，公司在伺服驱动领域主要提供两款 FPGA 器件，分别为 EAGLE4 系列中的 EG4X20，以及 PH1A 系列中的 PH1A60（2022 年底推出），其中 PH1A 系列新产品正在客户推广过程中，有望在 23H2 实现规模销售。

图 37：安路科技工业控制领域营业收入及增速



资料来源：安路科技招股说明书，德邦研究所

图 38：安路科技基于 FPGA 的工业伺服系统



资料来源：安路科技微信公众号，德邦研究所

3. 盈利预测与估值一览

上述公司由于自身业务壁垒、产品竞争力、与人性机器人的相关程度不同，其业务体量与未来营收增速均有所不同。其中，根据 Wind 一致预期，奥比中光、芯动联科等标的营收有望在 23-25 年实现翻倍，带动盈利快速增长。后续建议关注自身产品性能强大，在机器人产业链中具备高业绩弹性的优质公司。

图 39：核心公司盈利预测与估值一览表（采用 2023/8/30 收盘价）

所属板块	公司名称	市值 (亿元)	营收 (百万元)			归母净利润 (百万元)			2023E	PE		股价涨跌幅	
			2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E		2024E	2025E	过去一月	过去三月
3D视觉	奥比中光	132	5.1	7.8	11.7	-2.0	-0.6	0.8	-	-	156	-3%	-16%
	凌云光	120	33.2	40.6	47.5	2.6	3.5	4.4	46	35	27	-1%	-25%
	奥普光电	79	10.6	13.8	18.0	2.1	2.9	4.0	38	28	20	-1%	0%
线束 连接器	瑞可达	70	24.6	35.0	47.9	3.5	4.9	6.8	20	14	10	-12%	-17%
	维峰电子	57	6.7	9.2	12.4	1.7	2.4	3.2	33	24	18	-4%	1%
传感器	柯力传感	84	12.7	15.5	18.8	3.4	4.2	5.2	25	20	16	8%	1%
	苏州固锝	97	39.2	52.4	74.8	2.1	3.1	4.6	46	31	21	-4%	-6%
	敏芯股份	28	4.1	5.4	6.8	0.3	0.6	0.9	96	44	31	-4%	-4%
	纳芯微	182	21.3	28.3	36.8	2.4	4.7	6.9	75	39	26	-10%	-34%
	芯动联科	172	3.2	4.6	6.6	1.6	2.3	3.2	106	75	54	9%	-8%
电机驱动	峰昭科技	99	4.1	5.2	6.6	1.7	2.1	2.7	59	46	37	-2%	18%
	晶丰明源	70	15.2	19.9	25.6	0.6	2.0	3.3	116	35	21	-13%	-27%
	安路科技	126	24.0	30.0	36.9	3.2	4.1	5.0	39	31	25	6%	3%

资料来源：Wind，德邦研究所；注：各公司盈利预测采用 Wind 一致预期。

4. 风险提示

行业发展不及预期风险；下游需求不及预期风险；竞争加剧风险

信息披露

分析师与研究助理简介

陈海进，电子行业首席分析师，6 年以上电子行业研究经验，曾任职于民生证券、方正证券、中欧基金等，南开大学国际经济研究所硕士。电子行业全领域覆盖。

陈蓉芳，电子行业分析师，曾任职于民生证券、国金证券，香港中文大学硕士，覆盖汽车电子、车载半导体等领域。

徐巡，电子行业研究助理，上海交通大学经济学硕士，2 年以上电子行业研究经验，曾任职于凯盛研究院，覆盖 IC 设计、半导体设备与制造等领域。

谢文嘉，电子行业研究助理，香港大学硕士，覆盖模拟 IC 设计、数字 IC 设计等领域。

分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资评级说明

1. 投资评级的比较和评级标准： 以报告发布后的 6 个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后 6 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期市场基准指数的涨跌幅；	类 别	评 级	说 明
2. 市场基准指数的比较标准： A 股市场以上证综指或深证成指为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 或纳斯达克综合指数为基准。	股票投资评级	买入	相对强于市场表现 20%以上；
		增持	相对强于市场表现 5%~20%；
		中性	相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
		减持	相对弱于市场表现 5%以下。
行业投资评级		优于大市	预期行业整体回报高于基准指数整体水平 10%以上；
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%与 10%之间；
		弱于大市	预期行业整体回报低于基准指数整体水平 10%以下。

法律声明

本报告仅供德邦证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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。

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。

市场有风险，投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下，德邦证券及其所属关联机构可能会持有报告中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投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经德邦证券研究所书面授权，本研究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。如欲引用或转载本文内容，务必联络德邦证券研究所并获得许可，并需注明出处为德邦证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可，德邦证券股份有限公司的经营范围包括证券投资咨询业务。