

机器人产业深度（十三）：无触不成手，
触觉传感或迎万亿蓝海

触觉传感器

首次覆盖

增持

——触觉传感器行业首次覆盖 评级



肖群稀(分析师)

李启文(分析师)



021-38676666

021-38676666

登记编号 S0880522120001

S0880524060001

本报告导读：

无触不成手，触觉传感器为通用机器人硬件侧的关键瓶颈，未来具备从手部向全身渗透潜力，成长空间巨大。

投资要点：

- **投资建议：**执行通用任务的机器人要求心灵手巧，灵巧手为人形机器人落地的硬件侧核心，无触不成手。触觉传感具备从手指向全身渗透的潜力，当人形机器人年产量至1亿台，触觉传感或迎万亿蓝海。重点推荐触觉传感器行业。推荐标的：汉威科技、柯力传感、福莱新材、日盈电子、安培龙、东华测试。相关标的：华培动力、东方电热、祥源新材、星源材质。
- **触觉传感百家争鸣，多技术路线融合的平台公司更具竞争力。**触觉传感技术路线众多，单一路线均存在性能与成本端瓶颈。当前国内产业落地端电容与磁电霍尔效应占优，未来或为多技术路线融合取长补短。触觉传感绝大部分玩家尚未上市，按主流技术路线大致分为压阻（Interlink、Tekscan、SPI、汉威科技、福莱新材、墨现科技、日盈电子等）、电容（PPS、他山科技、汉威科技等）、磁电霍尔效应（XELA、帕西尼等）、视触觉（Gelsight、千觉、戴盟、纬钛等）四类；按背景大致分为上游材料企业（福莱新材等）、传感器老牌公司（汉威科技等）、探索前沿路线的初创企业（他山科技、帕西尼等）、下游应用企业（申昊科技等）四类。适配机器人的柔性触觉传感器的生产需要材料、制造与算法端复合能力，切入壁垒较高。此外柔性触觉传感器未来或朝阵列化、多模态融合、边缘计算和自供电等方向发展。
- **人形机器人应用方兴未艾，触觉传感或迎万亿蓝海。**根据 VMR 数据，全球触觉传感器市场规模 2024 年为 153.3 亿美元，预计 2031 年将达 355.9 亿美元，CAGR12.8%。主流技术路线为压阻（占 37%）和电容（占 28%）。主要下游为制造业/航空航天&国防等，人形机器人应用方兴未艾。当前，人形机器人尚在灵巧手落地触觉的初期阶段，整体仍处于 L3 及以下水平，类似人类儿童（4-7 岁）水平。灵巧手为触觉落地第一环，伴随任务复杂度提升及应用场景拓展（工商业到家庭），触觉或从手向手臂、足部、躯干和脸部等部位延伸，成长空间巨大。根据我们测算，当人形机器人产量达 1000 万/1 亿台时，对应触觉传感器市场规模（各技术路线融合）分别约 0.24/1.3 万亿元。若仅考虑单一技术路线占据全部市场，当人形机器人产量达到 1 亿台时，各技术路线对应的市场规模分别为：压阻 3010 亿元、电容约 1.25 万亿元、磁电霍尔效应约 2.5 万亿元、视触觉（VBTS）约 3.76 万亿元。
- **催化剂：**人形机器人降本超预期，人形机器人泛化能力超预期，头部厂家加快落地触觉传感，触觉传感渗透超预期。
- **风险提示：**人形机器人降本迭代及落地应用不及预期，市场竞争加剧，触觉传感技术突破不及预期，触觉传感渗透不及预期。

重点公司覆盖列表

代码	公司名称	评级
301413	安培龙	增持
300354	东华测试	增持
605488	福莱新材	谨慎增持
300007	汉威科技	谨慎增持
603286	日盈电子	增持



人工智能产业链联盟

星主： AI产业链盟主

知识星球

微信扫描预览星球详情



目录

1. 投资建议	3
2. 触觉传感是机械手灵巧化的核心，技术路线尚未收敛	5
2.1. 仿生为触觉传感的最优解	5
2.2. 触觉传感技术路线众多，产业落地方案尚未定型	9
3. 触觉传感器需求快速增长，初创企业持续涌现	12
3.1. 触觉传感器供需	12
3.2. 触觉传感器的壁垒与发展趋势	14
4. 具备类人触觉是人形机器人实用化的必要前提	18
4.1. 灵巧手仍处 L3 及以下级别，尚需持续迭代	18
4.2. 机器人本体与灵巧手厂家在手侧尝试落地触觉传感	19
4.3. 人形机器人产量至亿台时，触觉传感市场规模或达 1.2 万亿元	22
5. 重点公司	23
5.1. 压阻路线：Interlink、Tekscan、SPI、汉威科技、福莱应材、墨现科技、日盈电子	23
5.2. 电容路线：PPS、他山科技、汉威科技	31
5.3. 霍尔效应路线：XELA、帕西尼	33
5.4. 视触双模态融合路线：Gelsight、纬钛、戴盟、千觉	37
6. 风险提示	40

1. 投资建议

触觉传感为灵巧手落地关键，灵巧手为人形机器人硬件侧落地核心。无触不成手，触觉主要反馈接触物状态与力感知两个维度的信息。人类约 98.7% 的工作需要手的灵活性和手指精细操作的加持，无灵巧手则无实际应用价值的人形机器人。仿生为机器人触觉的最优解，模仿人类皮肤设计三明治结构，柔性衬底层（PDMS 等弹性材料）、活性传感层（石墨烯、碳纳米管等材料）、电极层。

触觉传感百家争鸣，市场格局未定，具备多技术路线融合能力的平台公司更具竞争力。触觉传感技术路线众多（压阻、电容、压电、磁电霍尔效应、光学、摩擦电和视触觉等），各路线在实际落地中均存在性能与成本端瓶颈。当前国内产业落地端电容与磁电霍尔效应占优，未来或呈现多技术路线融合取长补短。触觉传感绝大部分玩家尚未上市，按主流技术路线大致分为压阻（Interlink、Tekscan、SPI、汉威科技、福莱新材、日盈电子、墨现科技等）、电容（PPS、他山科技、汉威科技等）、磁电霍尔效应（XELA、帕西尼等）、视触觉（Gelsight、千觉、纬钛、戴盟等）四类；按背景大致分为上游材料企业（福莱新材等）、传感器老牌公司（汉威科技等）、探索前沿路线的初创企业（他山科技、帕西尼、千觉、纬钛、戴盟等）、下游应用企业（申昊科技等）四类。适配机器人的柔性触觉传感器的生产需要材料、制造与算法端复合能力，切入壁垒较高。此外柔性触觉传感器未来或朝阵列化、多模态融合、边缘计算和自供电等方向发展。

人形机器人产量至 1 亿台时，触觉传感或迎万亿蓝海。根据 VMR 预测，全球触觉传感器市场规模 2024 年为 153.3 亿美元，预计 2031 年将达 355.9 亿美元，CAGR12.8%。主流技术路线为压阻和电容，各占 37% 和 28%。主要下游为制造业/航空航天&国防/汽车，占比分别为 42%/27%/17%。人形机器人应用方兴未艾。现阶段，各家机器人本体企业及灵巧手企业均处于在灵巧手端落地触觉的初期阶段，整体仍处于 L3 及以下水平，类似人类儿童（4-7 岁）水平，开始发展精细动作技能、具备抓取柔性物体能力、可执行短流程任务。灵巧手为触觉落地第一环，而后伴随处理任务复杂度提升及应用场景拓展（工商业到家庭），触觉将逐步从手向手臂、足部、躯干和脸部等部位延伸，有望成为人形机器人零部件中极抗通缩领域。根据我们测算，当人形机器人产量达到 1000 万/1 亿台时，对应触觉传感器市场规模（考虑各技术路线融合）分别约为 0.24/1.18 万亿元。若仅考虑单一技术路线占据全部市场测算，当人形机器人产量达到 1 亿台时，各技术路线对应的市场规模分别为：压阻 3010 亿元、电容约 1.25 万亿元、磁电霍尔效应约 2.5 万亿元、视触觉（VBTS）约 3.76 万亿元。

投资建议：对通用任务机器人的追求使得手部操作能力成为重点提升项。可执行多任务的手部操作能力依赖心灵手巧的机器人，其中灵巧手为人形机器人落地的硬件侧核心，而无触不成手。触觉传感百家争鸣，未来具备多技术路线融合能力的平台公司更具竞争力。触觉传感具备从手指向手掌、手臂、足部、躯干和脸部延伸的潜力，为人形机器人未来放量过程中极抗通缩的领域。当人形机器人年产量至 1 亿台时，触觉传感将迎来万亿蓝海。触觉传感领域投资机会值得重点关注，包括传统传感器厂家延伸布局至触觉传感、当前触觉传感器厂商收购其他技术路线向平台型迈进、触觉传感器材料厂商等。推荐标的：汉威科技、柯力传感、福莱新材、日盈电子、安培龙、东华测试。相关标的：华培动力、东方电热、祥源新材、星源材质。

表1: 重点公司盈利预测表

公司名称	代码	市值(亿元)	收盘价(元)	EPS (元)			PE			评级
				2025E	2026E	2027E	2025E	2026E	2027E	
汉威科技	300007.SZ	123	37.6	0.37	0.46	0.55	163.5	101.6	81.7	谨慎增持
柯力传感	603662.SH	172.1	61.1	1.14	1.54	2.02	66.4	53.6	39.7	增持
福莱新材	605488.SH	83.3	29.5	0.43	0.51	0.68	41.6	68.6	57.8	谨慎增持
日盈电子	603286.SH	32.9	28	0.11	0.19	0.28	280.0	254.6	147.4	增持
安培龙	301413.SZ	69.7	70.8	1.22	1.54	1.95	84.3	58.0	46.0	增持
东华测试	300354.SZ	51	36.9	1.25	1.63	2.13	41.9	29.5	22.6	增持
华培动力	603121.SH	78.3	23.1	0.33	0.44	0.52	121.6	70.0	52.5	-
东方电热	300217.SZ	76.7	5.2	0.2	0.24	0.27	23.6	26.0	21.7	-
星源材质	300568.SZ	160.9	12	0.32	0.45	0.61	44.4	37.5	26.7	-
祥源新材	300980.SZ	31.1	22.5	0.52	0.9	1.33	125.0	43.3	25.0	-

数据来源: Wind, 国泰海通证券研究

注: 上表数据截至 2025/7/7, 其中汉威科技、柯力传感、福莱新材、日盈电子、安培龙和东华测试 EPS 来自国泰海通证券预测, 其余公司 EPS 均来自 Wind 一致预期。

2. 触觉传感是机械手灵巧化的核心，技术路线尚未收敛

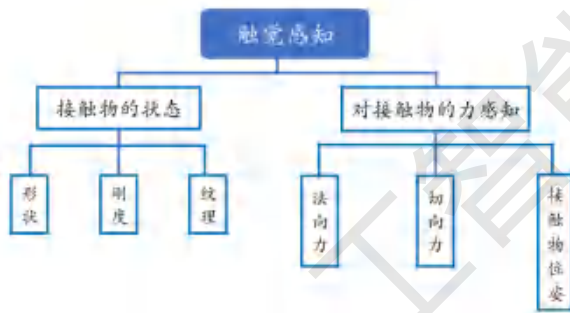
2.1. 仿生为触觉传感的最优解

无触觉则无灵巧手，无灵巧手则无实际应用价值的人形机器人。

1) 触觉的本质在于提供反馈，手无反馈则无法处理各类日常任务，进而不足以称之为灵巧手。触觉为仅次于视觉和听觉的重要感知手段，广义触觉包括力觉、冷热觉、痛觉等与接触有关的感觉，狭义触觉则仅考虑力觉。当前对于灵巧手触觉的探讨仍聚焦狭义触觉，本文也照此展开。聚焦力觉的触觉感知与反馈两个层面的信息：①**接触物的状态**，包括形状、刚度、纹理等信息；②**对接触物的力感知**，核心包括法向力（垂直于人手皮肤）、切向力（平行于人手皮肤）及其动态变化、接触物的位姿。法向力用于感知物体硬度及抓握时的力度判断等。切向力用于感知滑动趋势及物体表面纹理等。无触觉反馈，则手的运动和力将难以控制。以拿水杯为例，无触觉反馈则可能因无法感知水杯重量而导致水杯从手中滑落。故手无触觉不足以称为健全的手，无法完成日常任务。

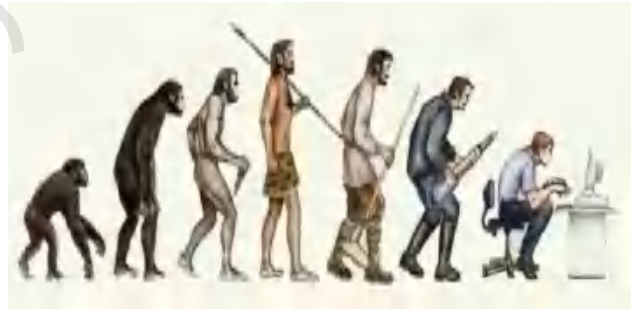
2) 人类无手不足以称为智人，人形机器人无灵巧手不足以走入千家万户。人类自猿猴进化至今，最大的进步之一在于解放双手，解放双手之后学会使用工具，进而逐步演化成为智人。根据美国劳工部对 1000 多个职业的统计与分析，工作中最重要的三个身体要求排序为类人感知、双手灵巧和移动性，其中 98.6% 的工作需要人类手的灵活性和手指的精细操作。此外，根据美国疾病控制与预防中心的统计，11.1% 的人口患有行动障碍，许多轮椅、踏板车、手杖和助行器使用者仍然积极参与劳动力市场，为经济带来巨大利益，工人的价值主要不由双腿决定。当前，人形机器人发展除大脑外的另一个核心点为灵巧手，没有灵巧手则人形机器人无法完成洗衣、做饭、端茶倒水等人类日常工作，则无法走进千家万户。

图1：触觉表征物的状态与力感知两大维度信息



数据来源：国泰海通证券研究

图2：解放双手成就智人



数据来源：人教版七年级生物课本

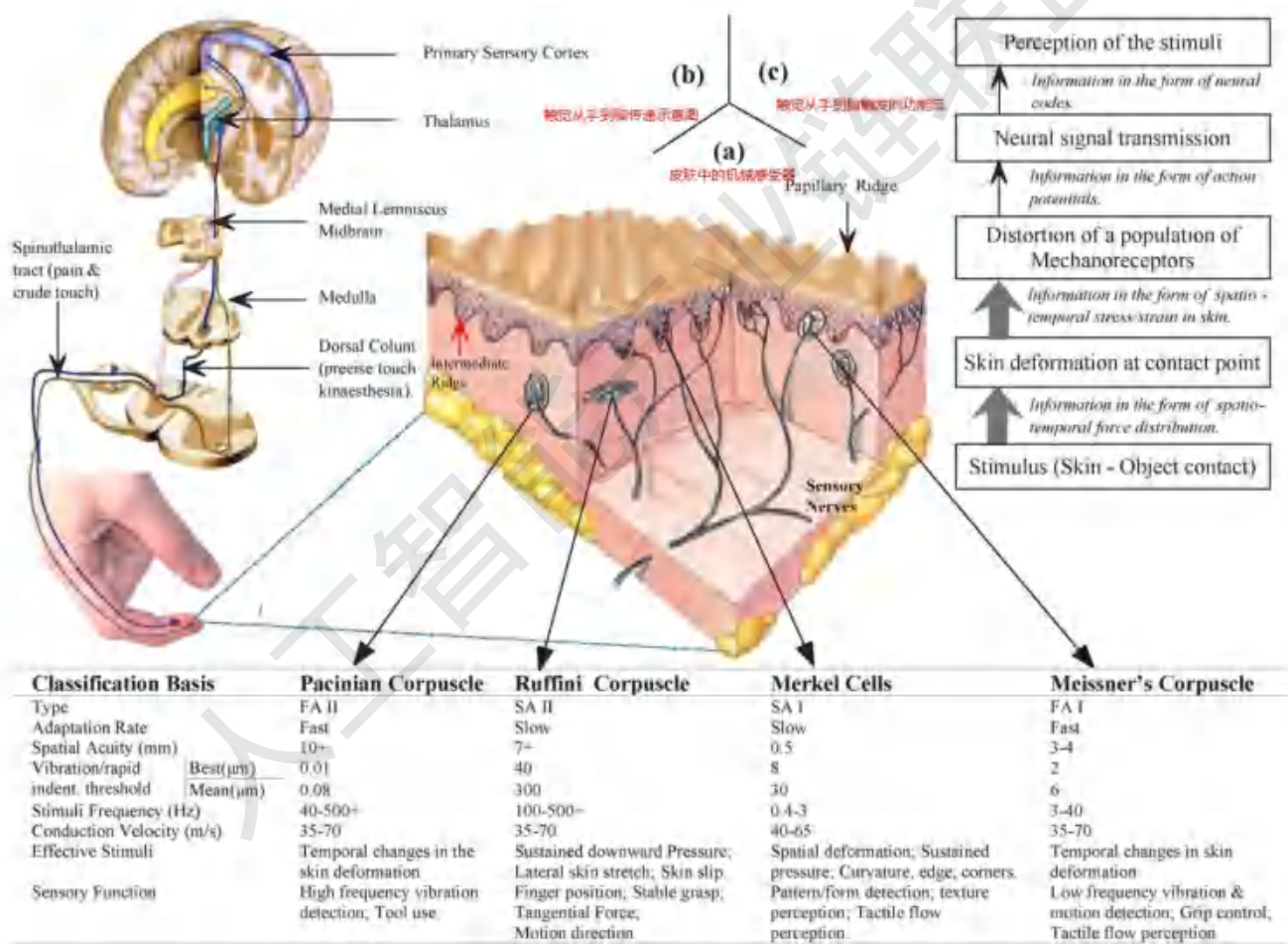
人类皮肤：多维感知的自然杰作。人手历经时间检验，堪称自然杰作。人形机器人的触觉模仿人手皮肤为当前最行之有效的途径。人体皮肤是一个由可变形的肌肉和脂肪系统支撑的复杂结构，呈现多层、非线性、非均质和粘弹性的特点。人体皮肤将外部接触力转化为自身形变，通过内部的各种触觉感受器精确感知形变，通过神经末梢进行信息传递，由周围神经系统或中枢神经系统处理后给出反馈。

1) **皮肤的感知构成：**《Tactile sensing - from humans to humanoids》一文提到，人类皮肤每平方厘米约 226 个机械感受器，据此估算，成年人指尖约有 241 个机械感受器，手掌有 58 个。人手的机械感受器包括帕西尼小体（Pacinian Corpuscle，又称环层小体）、鲁菲尼小体（Ruffini Corpuscle）、默克尔细胞（Merkel Cells）、迈斯纳小体（Meissner's Corpuscle）四类。表皮分布默克尔细胞、迈斯纳小体和触觉神经末梢，真皮层分布帕西尼小体和鲁菲尼小体。①**帕西尼小体：**位于皮肤深层，空间分辨率（分辨接触物体最

小细节与间隔的能力)为 10mm+, 感受高频振动方面有独特优势, 有利于判断滑动与表面纹理。②**鲁菲尼小体**: 长梭形位于真皮内, 快速响应 100-500Hz 的高频动态范围下持续的压力、横向皮肤拉伸和皮肤滑动等外界刺激, 实现切向力感知的重要功能, 空间分辨率 7mm+。③**默克尔细胞**: 表皮基底细胞之间的突起物体, 慢响应 0.4-3Hz 低频的空间变形, 如持续的压力、曲面、边缘甚至尖角等外界刺激, 空间分辨率最高可达 0.5mm。④**迈斯纳小体**: 位于表层皮肤中, 快速响应 3-40Hz 中低频的外界刺激, 空间分辨率 3-4mm, 可感知皮肤变形时间、低频振动、抓握控制等。鲁菲尼小体和默克尔细胞作为慢速适应 (SA) 机械感受器可通过在长时间刺激期间持续响应来感知静态力。

3) **触觉感知的工作流**: 感知层 (皮肤接受刺激, 机械传感器发生形变产生电信号) > 传输层 (信号通过神经传输) > 控制层 (大脑感知刺激)。当皮肤与物体接触时会因刺激发生形变, 大量机械感受器会将形变通过蛋白质介导转变为电信号, 然后通过神经轴突沿着神经系统将电信号传递给大脑。感受器电信号的波动方向、幅度、持续时间等会带给大脑不同的刺激, 大脑的高级联合皮层通过分析, 会形成对被接触物体状态及力的感知。

图3: 人类触觉解析

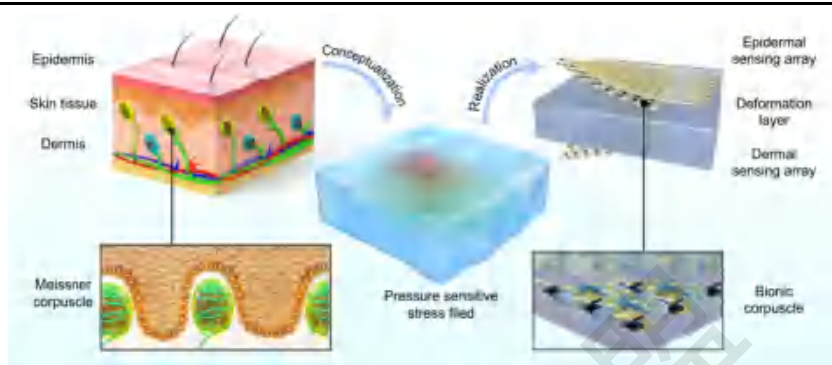


数据来源: 《Tactile sensing - from humans to humanoids》 (TRANSACTIONS ON ROBOTICS, DAHIYA.R.S. etc.)

电子皮肤: 仿生为当前最优解。1) 电子皮肤构成: 电子皮肤为机器人实现触觉感知的载体, 核心组成为触觉传感器, 设计启发来源于人类皮肤。人类皮肤分为三层: 表皮层、软组织和真皮层。表皮层和真皮层都密布机械传感器, 软组织则用于接受和感受形变。参考人类皮肤构造, 电子皮肤目前呈现三层, 表皮传感器阵列和真皮传感器阵列用于感知压力的变化, 在两个传感器阵列中间采用柔软材料作为变形层, 充当应力场的载体, 实现电子皮肤的柔性化。**2) 电子皮肤参数**: 四大参数, 空间、时间分辨率、工作范围、滞

后性等。①**空间分辨率**：分辨最小细节与间隔能力，人类皮肤约 1mm，具体看指尖约 1mm、手掌约 5mm、腹部约 30mm。电子皮肤设计则参考人类，以指尖为例空间分辨率也要求在 1-2mm。②**时间分辨率**：人的触觉可检测到 700Hz 的振动（1.4ms），电子皮肤在时间响应方面的模拟可做到较好水平。③**工作范围**：人类皮肤大于 10kPa，转换成指尖的承重面积大约为 0.1-0.2g（转换公式为 $m=P*S/g$ ）。电子皮肤的承重能力要优于人类皮肤。

图4：受人类皮肤启发制造电子皮肤



数据来源：《Multi-parameter e-skin based on biomimetic mechanoreceptors and stress field sensing》（npj Flexible Electronics, Chao Shang etc）

表2：参照人体皮肤设计电子皮肤参数

参数	人类皮肤	电子皮肤的要求
空间分辨率	1mm	1-2mm
时间分辨率	1-40ms	1-10ms
工作范围	>10 kPa	1-1000g
滞后性	高	低

数据来源：《The Evolution of Electronic Skin (E-Skin): A Brief History, Design Considerations, and Recent Progress》（ADVANCED MATERIALS, Mallory L. etc.），国泰海通证券研究

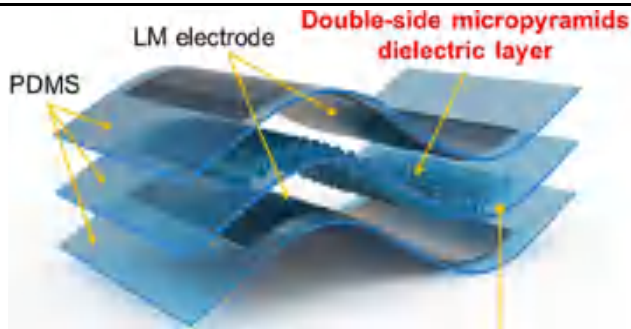
柔性触觉传感器：电子皮肤的核心组成，呈“三明治”构型。柔性触觉传感器主要由衬底层、活性传感层和电极材料堆叠而成。①**衬底材料**：普通传感器一般采用作为硅或氧化硅作为衬底材料，柔性传感器为实现拉伸性一般采用各类聚合物材料作为柔性基底，如 PDMS（聚二甲基硅氧烷，目前产业首选）、PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）、PI（聚酰亚胺）、PU（聚氨酯）、PVA（聚乙烯醇）等。②**活性传感层**：要求具备优异的机械性能+电子特性来保障传感器的高灵敏度及可拉伸性，一般选用石墨烯、碳纳米管、导电高分子材料（聚吡咯 PPy、聚苯胺 PANI 等）、离子导体、金属纳米材料等作为柔性传感器的活性层。③**电极材料**：影响传感器灵敏度与稳定性，一般选用具有优异导电性能和机械性能的石墨烯、碳纳米管等碳材料以及柔性复合材料。

图5: Interlink 的压阻式触觉传感器系列产品



数据来源: Interlink 官网

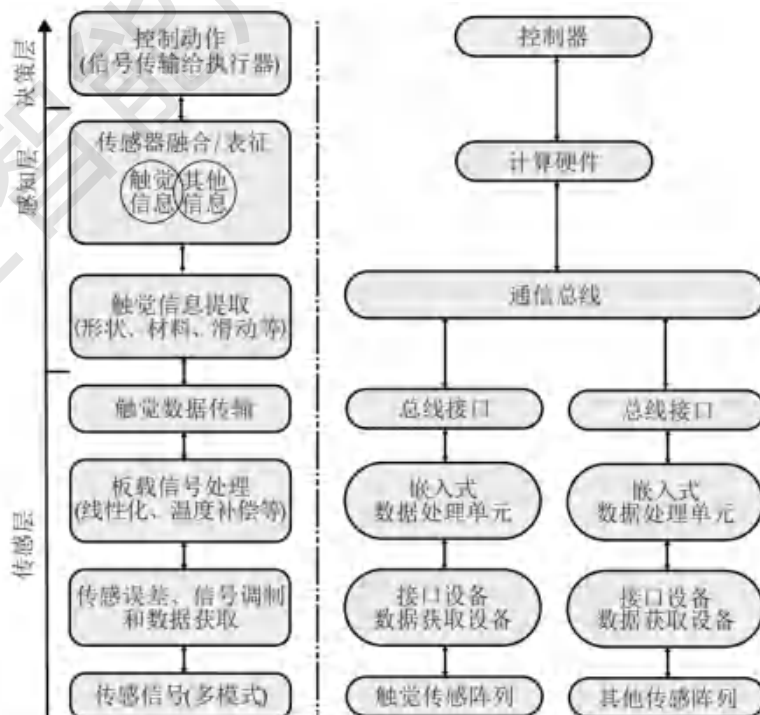
图6: 柔性触觉传感器构型呈现“三明治”结构



数据来源: 《Femtosecond Laser-Induced Supermetaphobicity for Design and Fabrication of Flexible Tactile Electronic Skin Sensor》(ACS Applied Materials & Interfaces, Chengjun Zhang etc.)

机器人触觉传感模仿人类触感,呈现传感层、感知层和决策层三层结构。触觉传感器的工作原理可以简化为:感知压力 > 信号转换 > 数据传输 > 反应和调整 > 学习和适应。当触觉传感器感知到压力变化时,它将这些变化转换为电信号,并发送至机器人控制系统,控制系统会分析信号并快速做出决策。此外,更高阶系统中触觉传感器除响应即时接触外,还能学习不同的触摸模式和压力,从而让机器人更好地适应环境和任务要求。具体来看,上述功能的实现分成三层结构:1) 传感层:使用触觉传感器将各种形式的触觉信号转换成电信号,信号降噪、调制后输出至感知层进行处理。2) 感知层:对传感层的输入信号进行信息提取、融合,获得交互对象的属性信息,并将信息输出至决策层进行控制决策。3) 决策层:负责对输入的属性信息进行判断、决策,输出控制信号使机器人执行相应操作。

图7: 触觉传感的三个层次及实现所需的硬件



数据来源: 《柔性触觉传感技术及其在医疗康复机器人的应用》(控制与决策, 程龙等)

2.2. 触觉传感技术路线众多，产业落地方案尚未定型

触觉传感器技术路线众多，国内产业落地来看电容与电阻目前占优，未来或多技术路线融合取长补短。当前，主流触觉传感器包括压阻、电容、压电、磁学、光学和摩擦电等技术路线。压阻与电容式触觉传感器因结构简单加应用成熟，目前为产业落地的主流技术路线，但存在低分辨率、温度敏感、功耗大和响应时间慢等明显缺点，未来或被其他技术路线补充。压电式触觉传感器优点明显，但无法检测静态信号。磁学式传感器动态响应好，但成本较电阻、压电等高出不少。摩擦电传感器最大的优点在于无需供电，未来传感器用量提升要求降低功耗或利好摩擦电路线。光学式传感器具备高分辨率、高灵敏度、无电磁干扰等诸多技术优点，但成本过高。

表3: 触觉传感器技术路线众多，产业方案尚未最终确定

参数	压阻	电容	压电	磁学	光学	摩擦电
工作原理	压力变化带动阻值变化	压力变化带动电容变化	力变化带动电介质材料产生电荷引起电压变化	力变化带动磁场变化进而导致电阻或电压变化	压力变化带动光强度或波长变化	力变化带动摩擦产生电荷引起电压变化
分辨率	低(0.2Pa)	中(0.04Pa)	中(13mPa)	中(0.03Pa)	极高(0.93mN)	低
灵敏度	中等	高	高	高	极高	高
响应时间	快(<10ms)	慢(25ms)	快(<5ms)	中等(15ms)	中等(依赖算法)	慢
测量范围	0~59kPa	0~500kPa	0~2.5Mpa	0~120kPa	0~5000N	0~1000kPa
单位成本	低(几-几十元)	中(几-几百元)	低(几-几十元)	高(数百元)	高(数百-数千元)	中(几十到几百元)
优点	成熟应用、低成本	高灵敏度	高灵敏度、响应快	动态响应好	高分辨率、灵敏度，无电磁干扰	无需供电
缺点	温度敏感，功耗大	响应时间慢，不能测切向力	无法检测静态信号	易收到磁扰动、高成本、计算复杂	成本极高，功耗大，依赖算法	分辨率低

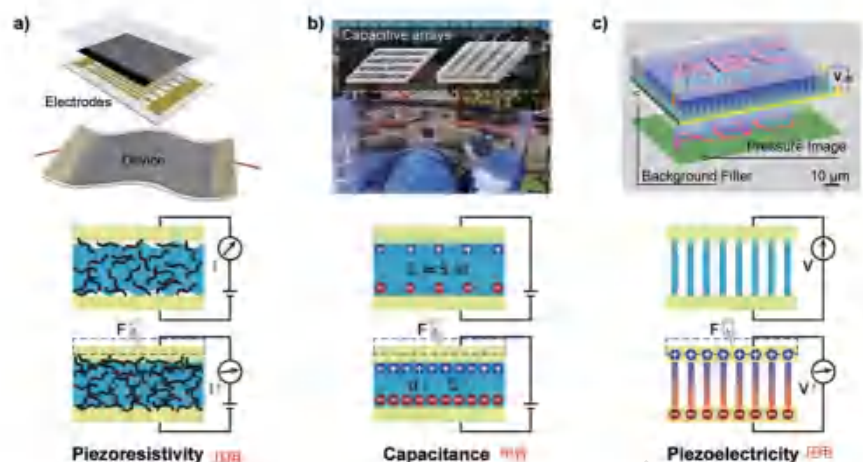
数据来源：《柔性触觉传感技术及其在医疗康复机器人的应用》（控制与决策，程龙等），帕西尼官网，国泰海通证券研究

压阻：结构简单应用成熟，产业当下首选。压阻传感器利用压力变化导致两个组件之间接触面积变化进而导致电阻变化。成本低、具有较宽的应用范围，但对温度敏感、功耗大同时相对脆弱。

电容：结构简单灵敏度高，产业当下主流应用路线。电容传感器利用压力变化带动两个极板之间面积、距离或电介质变化进而导致电容变化。灵敏度高、可检测静态力、功耗低，但响应时间相对较慢。

压电：仅能检测动态信号，未来或与其他技术路线融合发展。压电传感器利用压力变化导致电偶极矩出现从而产生电荷带动电压变化。高灵敏度、响应快，但缺点明显，无法检测静态信号。

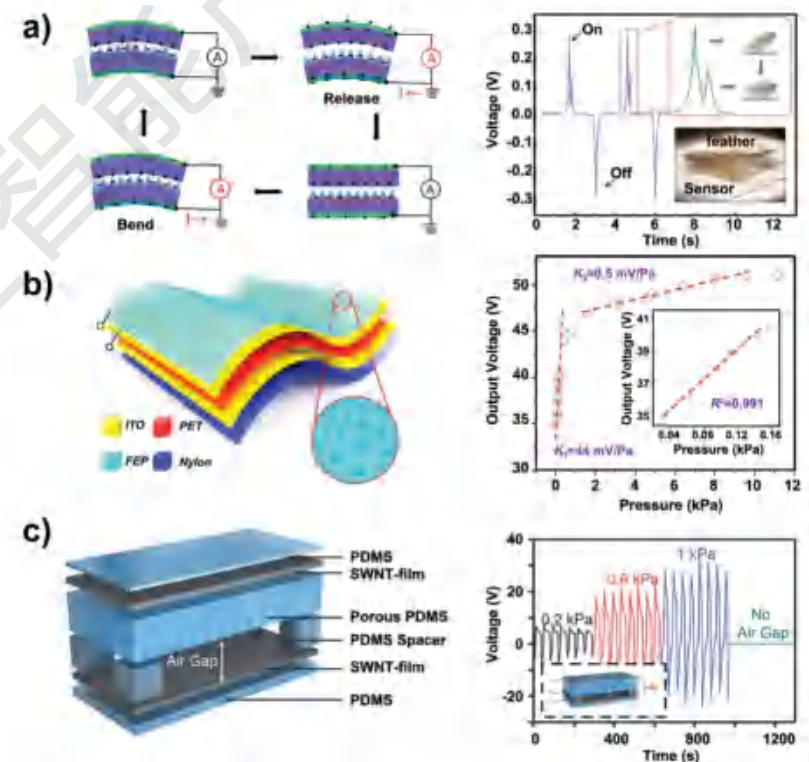
图8: 压阻、电容、压电传感器原理及示意图



数据来源:《Recent Progress in Electronic Skin》(ADVANCED MATERIALS, Xiandi Wang etc.)

摩擦电传感器: 自供电传感器, 适配低功耗需求。不同于压阻、电容、压电和光学等技术路线, 摩擦电传感器无需消耗电力即可实现机械能到电信号的转换。具体工作机制为: 两块堆叠的聚合物薄膜在摩擦产生的机械刺激下发生摩擦, 其接触面之间发生电荷转移, 由于静电感应在薄膜外表面的上下电极之间产生电位差, 通过静电计连接两电极即可检测到电信号。此外, 下图 c) 部分展示了一个研究团队将摩擦电与电容式压力传感和电阻式横向应变传感相结合, 实现了多种机械刺激分化, 通过多孔 PDMS 薄膜和 SWCNT 薄膜之间构建气隙, 实现了高灵敏度的压力检测。

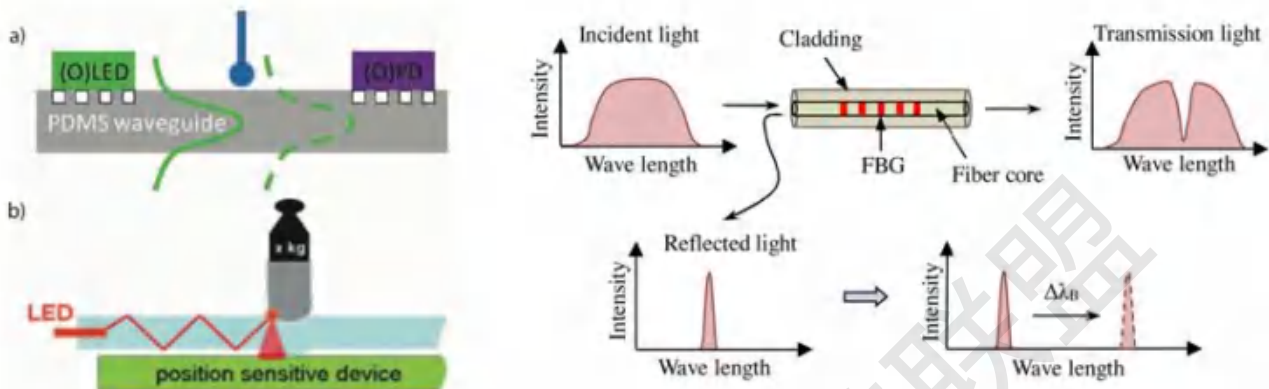
图9: 摩擦电传感器工作原理及示意图



数据来源:《Recent Progress in Electronic Skin》(ADVANCED MATERIALS, Xiandi Wang etc.)

光学传感器：无电磁干扰、高分辨率与灵敏度，缺点在于成本过高。压阻、电容、压电、磁式、摩擦电等传感器均基于电磁效应，会产生电磁干扰，光学则可避免。光学传感器由光源、传输介质（光纤等）和检测器等组成。光源持续发光，压力会导致光纤等传输介质变形从而导致光路变化，最终接受信号与入射信号会存在偏差，通过偏差可以拟合不同的力。除无电磁干扰的优点外，光学传感器的分辨率和灵敏度都非常优秀，只是初始成本及使用中的维护成本过高。

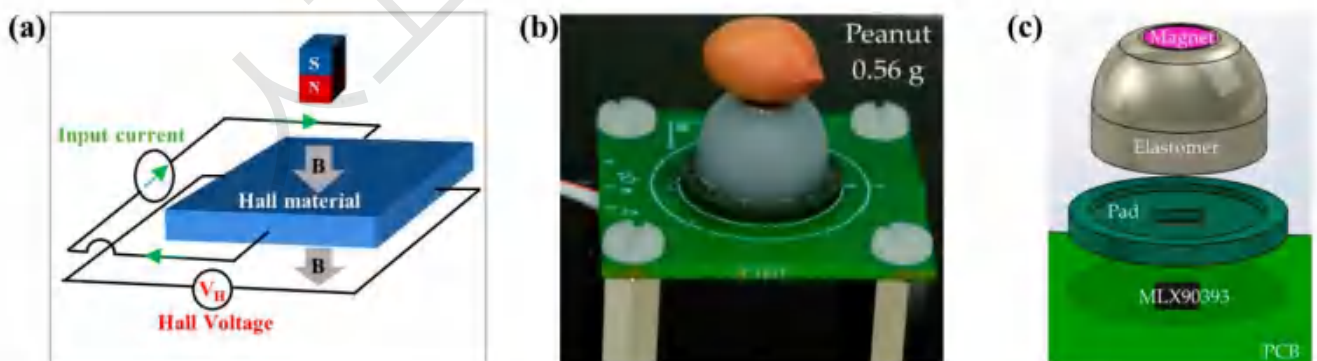
图10：光学传感器通过比较入射光与出射光信号的不同来识别不同的力变化



数据来源：《The Evolution of Electronic Skin (E-Skin): A Brief History, Design Considerations, and Recent Progress》（ADVANCED MATERIALS, Mallory L. etc.），《Fiber Optic Sensors in Tactile Sensing: A Review》（IEEE, Chengang Lyu etc.）

磁学传感器：细分技术路线较多，触觉感测以霍尔效应路线为主。磁传感器包括霍尔传感器，各类磁阻传感器（AMR、GMR、TMR、GMI等），磁通门传感器，原子磁强计和超导量子干涉装置等，其中霍尔传感器经常应用于触觉感测。霍尔传感器基于霍尔效应，霍尔效应是指磁场作用于金属导体或半导体中的载流子时产生横向电位差的物理现象，如下图（a）所示。一般将永磁体和霍尔传感器插入柔性材料中，当柔性材料受力变形时，永磁体的位置将发生变化带动周围磁场的强度和方向也会改变，通过霍尔传感器检测这种变化，可以成功获取触觉力的幅度和方向。霍尔传感器制造简单且有较宽的检测范围，但灵敏度相对不高。

图11：霍尔传感器原理及实物示意图

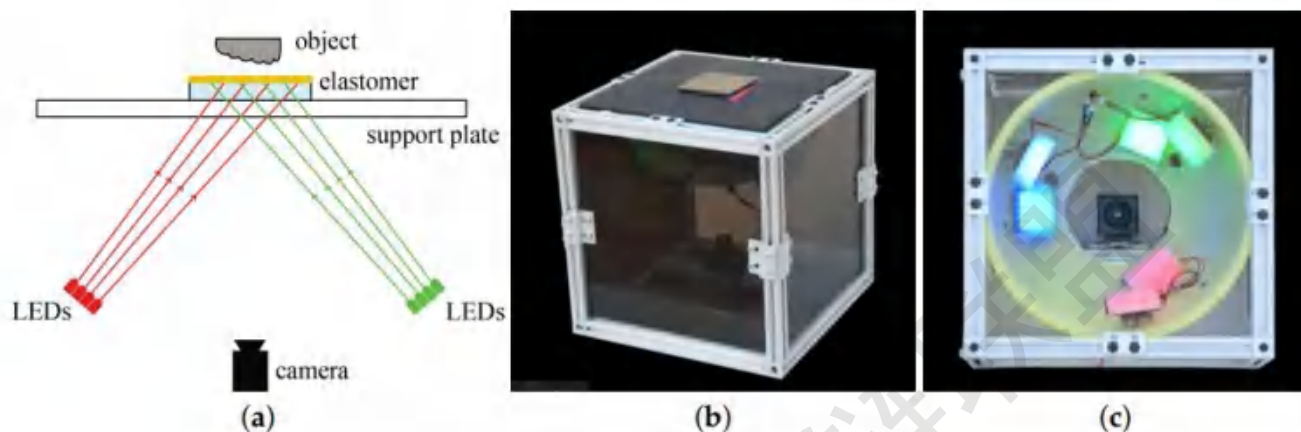


数据来源：《Recent Progress of Biomimetic Tactile Sensing Technology Based on Magnetic Sensors》（Biosensors, Jiandong Man etc.）

视触觉传感器（VBTS）：技术指标与人类指尖触觉最为接近，强依赖算法。VBTS（Vision-Based Tactile Sensor）最早于2004年由东京大学研究团队提出，2009年经MIT CSAIL的Edward Adelson教授团队持续迭代发扬光大。Edward Adelson教授团队此后成立Gelsight公司将VBTS产业化，并于2024

年联合 Meta 推出其最新产品 Digit 360。Digit 360 空间分辨率微米级（人手指尖 1mm），力感知最低 1mN（男性指尖约 0.5mN、女性指尖约 0.2mN），响应速度比人类快 30 倍，综合看 Digit 360 完美媲美人类指尖，仅从技术指标角度看，为当前指尖触觉的最优方案之一。VBTS 的典型组成包括可变形弹性体、LED 灯、高分辨率相机，弹性体直接测量接触物体的变形，LED 灯照亮这些变形，高分辨率相机以较高频率拍照记录这些变形信息，通过算法进行分析和拟合判断接触状态及力的信息。VBTS 的缺陷在于强依赖算法以及 LED 灯（这会导致发热）。

图12：典型的 VBTS 由弹性体、LED 灯和高分辨率相机组成



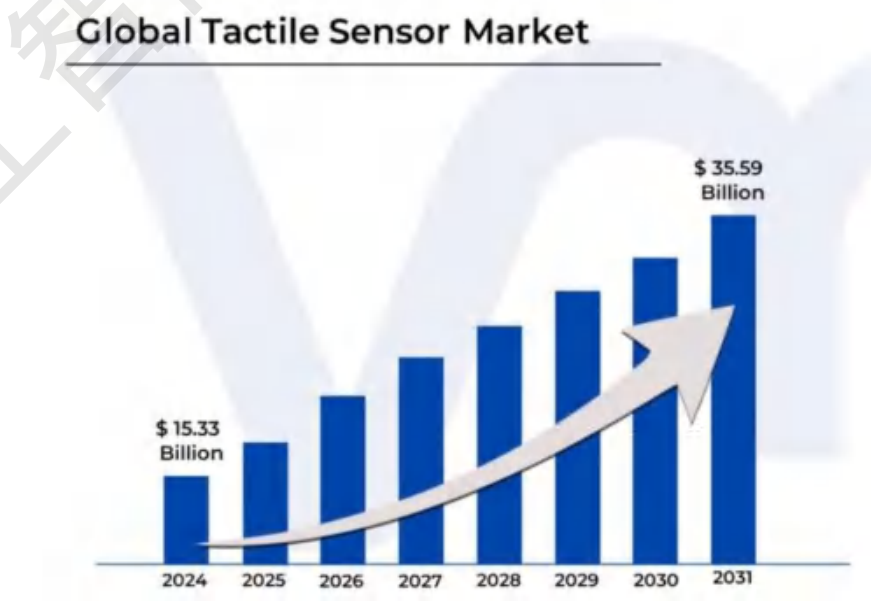
数据来源：《GelSight: High-Resolution Robot Tactile Sensors for Estimating Geometry and Force》（Sensors, Wenzhen Yuan etc.）

3. 触觉传感器需求快速增长，初创企业持续涌现

3.1. 触觉传感器供需

全球触觉传感器市场规模 2024 年为 153.3 亿美元，预计 2031 年将达 355.9 亿美元，2024-2031 年 CAGR 为 12.79%。

图13：2031 年全球触觉传感器市场规模将达 355.9 亿美元



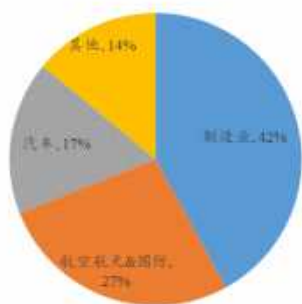
数据来源：Verified Market Research

触觉传感器当前以压阻和电容路线为主，下游集中于高端制造业，人形机器人应用方兴未艾。因压阻和电容式触觉传感器产业成熟，制作成本偏低，

其应用最为广泛，分别占比 37%和 28%。触觉传感器目前下游应用以高端制造为主，制造业/航空航天&国防/汽车行业应用占比分别为 42%/27%/17%。制造业领域，触觉传感器主要应用于机器人的抓取、装配等操作。航空航天领域，触觉传感器可用于飞行器的对接、着陆等操作，帮助飞行器精确感知与其他物体的接触状态。汽车领域主要用于内饰的触摸控制按键、座椅的压力感知等。此外，触觉传感器还广泛应用医疗（假肢、医疗康复设备等）、智能家居、人形机器人等领域。人形机器人要完成交互动作，触觉传感器必不可少，目前各人形机器人和灵巧手本体厂商均在积极引用触觉传感器。伴随人形机器人行业的快速增长，未来相关触觉传感器需求也有望水涨船高。

图14：触觉传感器下游集中与工业领域

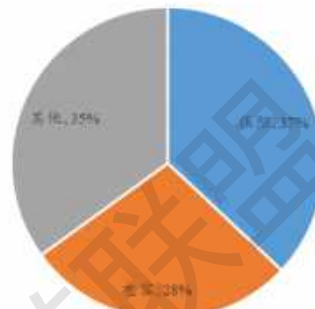
2023年触觉传感器下游应用分布



数据来源：华经产业研究院，国泰海通证券研究

图15：压阻和电容仍为触觉传感器应用主流

2023年触觉传感器各类别占比



数据来源：华经产业研究院，国泰海通证券研究

触觉传感百家争鸣，市场格局未定，具备多技术路线融合能力的平台公司更具竞争力。触觉传感在 3C、汽车、航空航天、医疗等领域已有广泛应用，人形机器人的出现为其开辟了一个全新的巨大市场。当前触觉传感器企业主要分为四类：**①上游材料企业：**适配人形机器人的触觉传感要求柔性化和高灵敏度，对衬底材料以及敏感层材料提出高要求，故部分主攻材料厂家延伸至触觉传感器领域，如福莱新材、汉威科技子公司苏州能斯达和韧和科技。**②传感器老牌公司：**类似汉威科技、柯力传感、Tekscan、Interlink 等传感器老牌公司均在积极布局适配人形机器人的触觉传感器。未来或能看到布局汽车、工业等领域的压力传感器企业陆续切入触觉传感器领域。**③积极探索前沿路线的初创企业：**触觉传感技术路线众多且适配人形机器人的触觉传感属于前沿技术，故诸多具备不同技术路线学术背景的研发人员陆续创立公司助推触觉传感在人形机器人上落地。此类公司包括 XELA（背靠日本早稻田）、GelSight（背靠 MIT）、帕西尼（创始人日本早稻田毕业）、他山科技、纬钛（创始人 MIT 毕业）、墨现科技（创始人为原大疆传感器工程师）等。**④下游应用企业：**部分机器人本体制造企业向上游延伸，如申昊科技等。

根据 QY Research 统计，全球触觉压力传感器 Top5 厂家分别为 Tekscan、PPS、SPI、Gelsight、JDI，合计市占率约 59%。但当前机器人触觉传感的方案尚未定型，新技术方案持续涌现，参与企业需持续投入研发配合下游客户迭代，我们判断传统传感器公司因有基本盘或在机器人触觉传感领域走的更长。此外，部分具备前沿创新技术的初创公司凭借技术的领先性有望获得更多试用验证机会。从目前触觉市场参与者来看，上市公司偏少，绝大部分为一级公司。考虑到人形机器人产业的爆发尚需较长时间以及未来触觉传感或呈现多路线共存状态，我们判断未来上市公司收购具备硬实力的初创公司的案例或增多。未来，具备多技术路线融合能力（触觉传感平台型）的公司可为下游客户提供一揽子解决方案，将更具竞争力。

表4: 触觉传感百家争鸣

国别	公司名称	触觉传感技术路线	主营产品	主要下游	备注
美国	Interlink	压阻/压电/电容	触觉、气体、湿度传感器等	汽车、3C、工业、医疗	FSR 产品单价 2.99-7.99 美元不等, 生产制造在中国深圳
美国	Tekscan	压阻	触觉、位置传感器	汽车、医疗、工业	触觉传感器零售单价从 9.83-27.82 美元不等, 已成功应用于 Nao 人形机器人足底用于保持平衡
美国	Gelsight	VBTS	触觉传感器	航天、机器人等	因视触方案对算法强依赖, 故与 Meta AI 深度合作
美国	SPI	压阻	触觉、温度传感器	航天、电子、汽车、医疗等	
美国	PPS	电容	触觉传感器	机器人、医疗、测绘、3C	曾成功应用于 Barrett Hands 和 Twendy-One 的灵巧手, 2024 年推出专为灵巧手设计的 Robotact 传感器
美国	Novasentis	压电	触觉传感器	3C 电子	尚未涉足机器人领域
美国	Syntouch	-	触觉传感器	机器人、医疗等	-
日本	Touchence	-	触觉传感器	机器人、汽车、3C 电子	使用刚性基板用 MEMS 封装
日本	XELA Robotics	霍尔效应	触觉传感器	机器人、工业、农业、仓储等	人形机器人厂商 Sanctuary AI、Agile Robots 为公司客户
德国	Tacterion	压阻&电容融合	触觉传感器	汽车、电动工具、3C	-
中国	汉威科技	压阻/压电/电容	气体、触觉等传感器, 仪表	安防、汽车、医疗、3C、机器人	技术路线覆盖较全, 未来可充分结合各路线优势
中国	帕西尼	视触(霍尔效应)融合	轮式机器人、灵巧手、触觉传感器	机器人、3C、物流、仓储	首创视触融合方案, 获“2024 人形机器人供应链优质企业”称号
中国	他山科技	电容	触觉传感器	机器人、汽车等	与因时机器人、灵巧智能、灵心巧手等合作
中国	墨现科技	压阻	触觉传感器	机器人、3C 等	触觉传感器已成功应用于普渡 D9 的灵巧手 DH11 上
中国	福莱新材	压阻	功能性涂布材料	广告、标签、电子	依托材料优势切入柔性触觉传感器
中国	日盈电子	压阻	汽零及传感器	汽车、两轮车	2025 年 3 月开发出柔性压阻触觉传感器
中国	申昊科技	-	监测设备、巡检机器人	电力、轨交	电子皮肤传感器正处于小批试用
中国	千觉	VBTS	触觉传感器	机器人	配套智元
中国	纬钛	VBTS	触觉传感器	机器人	-
中国	戴盟	VBTS	机器人、灵巧手、触觉传感器	机器人	-
中国	钛深科技	离电	触觉传感器	电池、3C	-
中国	力感科技	压阻	压力传感器	3C、睡眠健康	现有技术(触发力 20g, 响应频率 100Hz, 迟滞 10%)还需升级才能用于触觉传感
中国	纽迪瑞	压阻	压力传感器	3C、医疗、机器人	-
中国	柯力传感	-	力、力矩传感器	仪器仪表	2025 年 6 月参股触觉传感器初创公司猿声科技

数据来源: 各公司官网, 国泰海通证券研究(注: 蓝色标注为上市公司, 其余均为一级。表中仅为代表性公司, 不完全统计)

3.2. 触觉传感器的壁垒与发展趋势

柔性触觉传感器: 要求高灵敏度(检测细微压力变化)、宽动态响应范围(可实现多大范围的探测)、线性(面对不同的力的时候是否保持相同特性)、低延时(压力来到和离开时传感器的反应速度)等特性。上述特性的实现需具备材料、制造、算法等复合能力, 壁垒高。

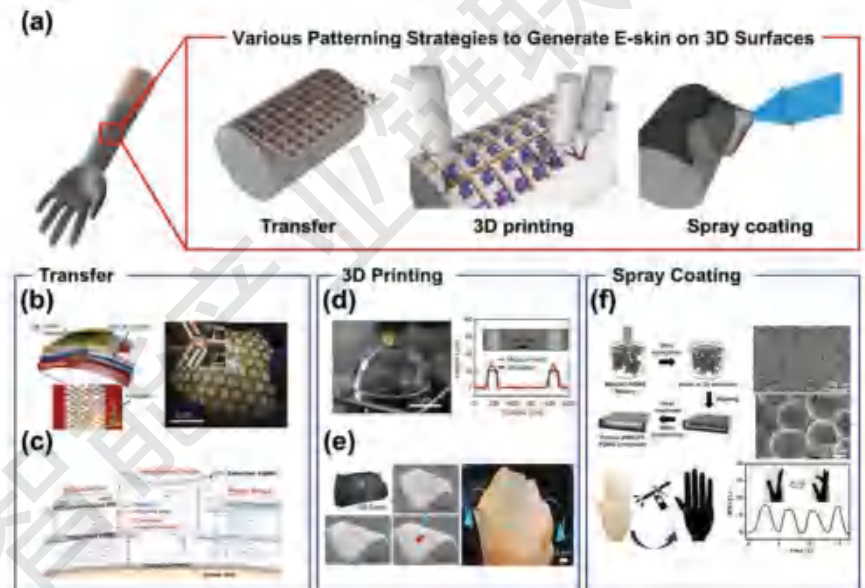
1) 材料: 触觉压力传感器衬底、活性传感层、电极均涉及到材料的选择及结构设计。此外随着传感器向柔性化发展, 相关设计要求与壁垒进一步抬升。柔性触觉传感器一般采用微结构(如金字塔形、圆顶状、多孔和互锁结构)弹性体(如 PDMS、PET、PI、PU 等)与各种导电材料(金银铜, 主要做电极和导线)结合而成, 上述材料选择和方案设计需要根据不同应用场景和性能指标持续试错得到最优方案。

2) 制造：面临传感器性能一致性、大面积制作时的均匀性、柔性化问题。

①**一致性**：为实现高分辨率，一般会在单一模组上实现传感器的阵列化，如在指尖大小面积集成 100 个甚至更多的传感单元。传感单元阵列化后对传感单元一致性要求提升，如果各传感单元指尖的差异度太大，则需要对每个传感器进行单独校准，而这在大阵列传感器中显得很困难。②**大面积制作时的均匀性**：人体表皮面积约 1.5-2 平方米，未来推广电子皮肤需要大面积图案化的触觉传感器+晶体管等电子元件，这会面临均匀性如何控制的问题。③**柔性化**：传统传感器一般使用刚性基板通过 MEMS 封装实现高密度集成，而柔性触觉传感器的封装则要求在柔性电路板上完成。

当前制造柔性触觉传感器的主流工艺包括转移、3D 打印、传统的涂层技术等。①**转印**：通过光刻等工艺生成 2D 平面的电子皮肤之后再转移贴合到 3D 曲面。②**3D 打印**：可生成蛇形结构的可拉伸电极、触觉传感器和无线天线，优势在于可在一个步骤中实现对多个层（即带有通孔）和多个组件进行图案化。3D 打印未来应用于机器人领域比较有前景的一项技术。③**传统的涂层技术**：在 3D 表面上涂覆传感材料，不涉及图案化，一次只能操作一种类型的传感器材料。

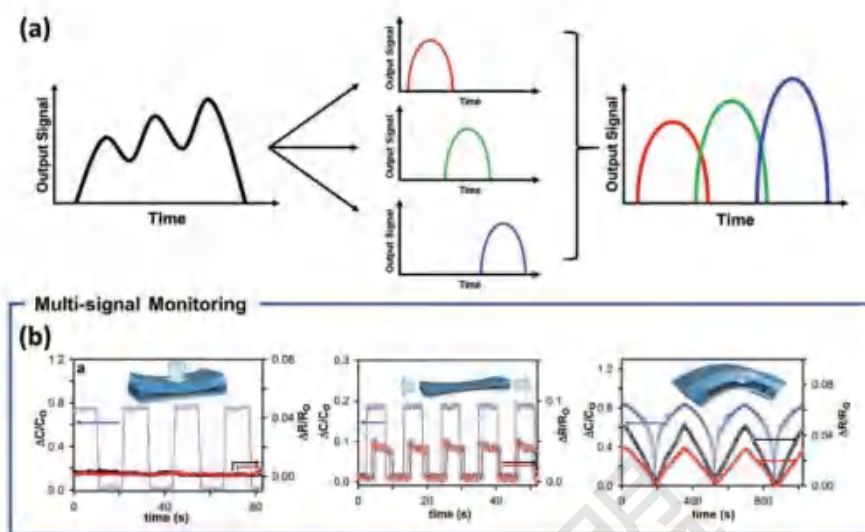
图16：柔性触觉传感器三大主流制造工艺



数据来源：《Electronic Skin: Recent Progress and Future Prospects for Skin - Attachable Devices for Health Monitoring, Robotics, and Prosthetics》（ADVANCED MATERIALS, Jun Chang Yang etc.）

3) **算法**：信号拟合与多模态信号的解耦是算法难点。压阻、电容、压电、磁电等技术路线均是将触觉信号转变为电信号，这其中存在电信号与触觉信号建模对应的问题，需要依赖算法。VBTS 触觉传感器则更加依赖图像处理算法，产业先驱 Gelsight 在算法端也是通过与 Meta AI 进行深度合作。此外，未来触觉传感器将感知诸如压力、应变、温度等多维度信息，如何完成不同模态信号的解耦也是重要突破点。当前信号解耦依赖分析每个信号及其组合信号的模式来区分触觉输入，这则需要借助算法分析。当然上述情况也可以通过制造对单一刺激敏感的传感器，如为区分压力和热刺激，可以制作对温度完全不敏感的压力传感器，但相对来说硬件成本会提升。

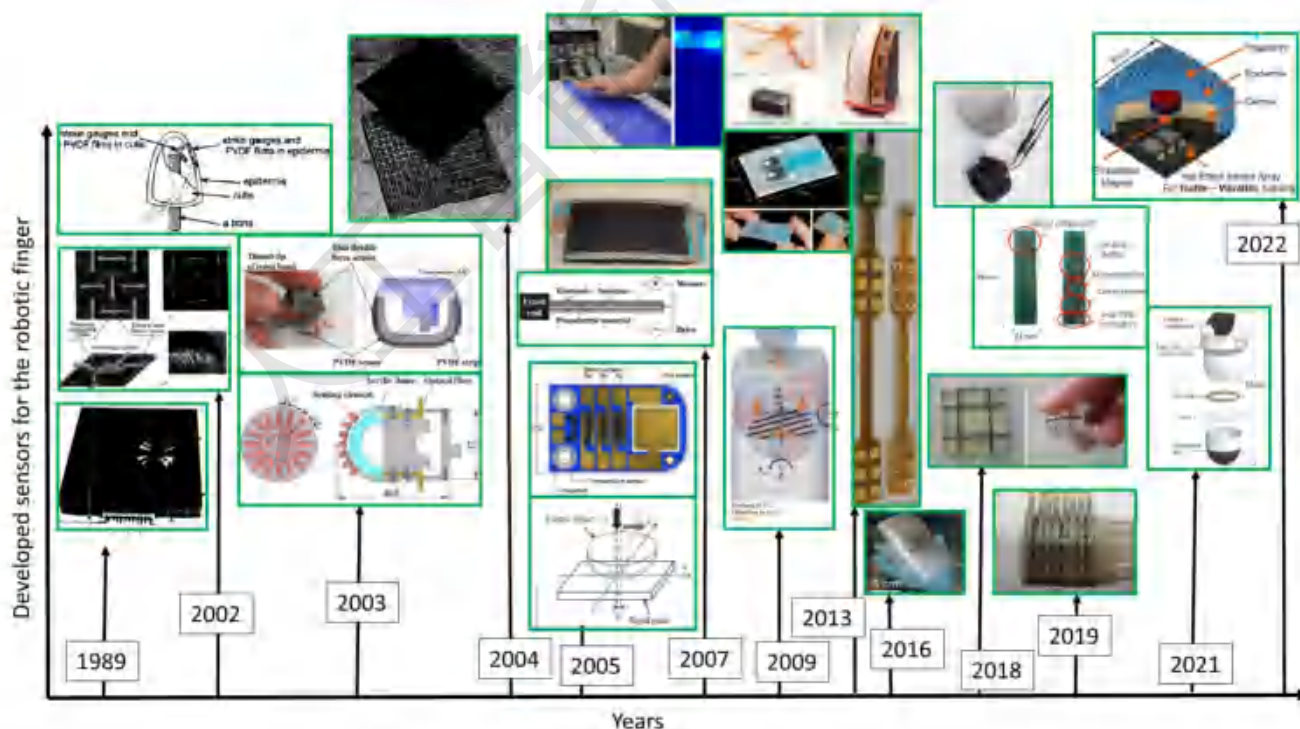
图17: 多模态触觉（压力、应变和弯曲等）信号完成解耦



数据来源: 《Electronic Skin: Recent Progress and Future Prospects for Skin - Attachable Devices for Health Monitoring, Robotics, and Prosthetics》 (ADVANCED MATERIALS, Jun Chang Yang etc.)

触觉传感器发展趋势: 阵列化、柔性化、视触融合、边缘计算、自供电。指尖传感器发展历史可追溯到 1989 年, 经过近 40 年发展, 可获得信息维度增加, 从单纯压力到表面纹理、硬度、形状和大小等。此外逐渐从刚性传感器转变化柔性传感器。制造技术上也开始引入 3D 打印等前沿技术。然而即使到当前, 触觉传感器的进化仍未停止, 持续向拟人化方向努力。

图18: 指尖触觉传感发展历史—感知信息增加、柔性化、制造技术变革

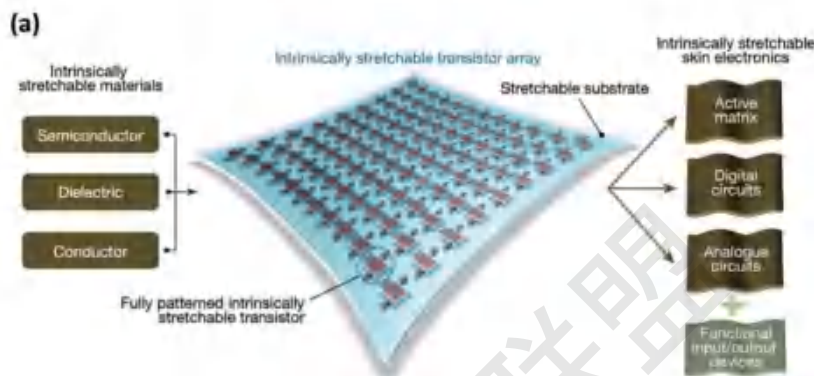


数据来源: 《Robotic Fingers: Advancements, Challenges, and Future Directions—A Comprehensive Review》 (IEEE, BHIVRAJ SUTHAR etc.)

1) 阵列化: 模仿人类皮肤, 尽可能提升空间分辨率。《Electronic Skin: Recent Progress and Future Prospects for Skin - Attachable Devices for Health

Monitoring, Robotics, and Prosthetics》一文提到人类皮肤每平方厘米约有 226 个机械感受器，凭借如此高密度的机械感受器，人类才能敏锐感知外部刺激。当前触觉传感器的发展也参考人类皮肤，为获得高空间分辨率在有限面积上集成尽可能多的传感器，主要通过将触觉传感器与薄膜晶体管(TFT)集成（或其他方式）以形成有源矩阵，该矩阵可以低串扰地映射 2D 压力分布，同时保持高空间和时间分辨率。从产业实践来看，苏州能斯达可实现每平方厘米集成 100 个传感点。

图19：触觉传感器模组通过阵列化提升空间分辨率



数据来源：《Electronic Skin: Recent Progress and Future Prospects for Skin - Attachable Devices for Health Monitoring, Robotics, and Prosthetics》（ADVANCED MATERIALS, Jun Chang Yang etc.）

2) 柔性化：适应不规则表面并承受各种机械应力。具备拉伸性是人类皮肤的一个重大特点，人体最富弹性的皮肤位于手腕部位，拉伸率达 20.4%。当前人形机器人对触觉传感器的应用仅聚焦在指尖、指腹部位，未来向手腕、手臂、躯干等部位延伸，上述应用中均要求传感器柔性化，基材采用弹性材料而非纯金属等刚性材料。

图20：柔性薄膜压力传感器可贴合于不规则的手背



数据来源：中电网

3) 视触融合：多模融合是提升灵敏度的重要手段。视触融合（VBTS）是其中的一种重要类型，具体讨论参考 2.2 节。此外不考虑视觉，仅考虑物理触觉如压阻、电容、磁电等路线，上述路线各有优缺点，未来也可能融合发展。除触觉以外，未来温度、湿度等维度信息也有望实现融合。

4) 边缘计算：本地完成简单信息处理降低延时，类似人类的非条件反射。人类的触觉数据不会直接发送到大脑（中枢神经系统）而是在各个层面（周

围神经系统)进行,以适应神经系统有限的吞吐量。参考人类,为了减少传输到中央处理单元的信息量,大型触觉阵列或模块在传感位置进行一定程度的预处理(数据选择、本地计算等)非常重要。要完成边缘计算,则要求传感器模组内嵌小型算力模块。

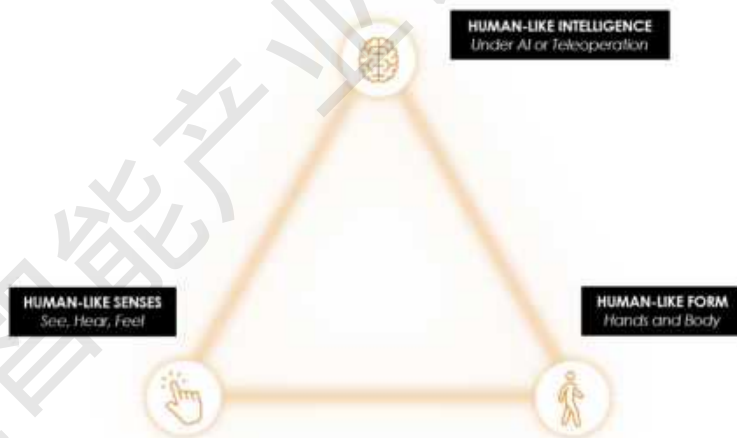
4) 自供电: 减少电能消耗, 延长续航时间。电子皮肤采用分布式阵列, 由大量的触觉传感器及放大电路, 对电能消耗较大。《机器人触觉传感器发展概述》一文就提到人形机器人 iCub 上的触觉传感器由 1000 个电容敏感单元构成, 消耗电能为 8W。电子触觉皮肤的面积越大, 阵列也越大, 则其消耗的电能也会更高。因此, 电子触觉皮肤的发展对电能的高需求带来了新挑战。前述 2.2 节提到的摩擦电触觉传感器未来或成为触觉传感器大规模应用后节能降耗的一个解决方案。

4. 具备类人触觉是人形机器人实用化的必要前提

4.1. 灵巧手仍处 L3 及以下级别, 尚需持续迭代

类人感知、类人智能和类人形态为人形机器人应用不可或缺之三角。1) 类人感知: 人类感知包括视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉和本体感觉, 人形机器人落地大部分只需要视觉、听觉、本体感觉和触觉四种类人感知。触觉是仅次于视觉和听觉的一环。2) 类人智能: 具备类似人脑中枢神经系统及周围神经系统的处理单元。3) 类人形态: 具备人的躯干与手等基本形态, 适配为人而打造的现实物理世界。

图21: 人形机器人三角—类人感知、类人智能、类人形态



数据来源: Sanctuary AI 官网

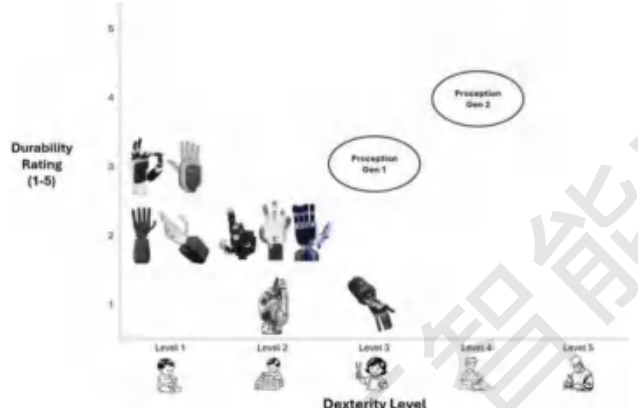
机器人手灵巧度划分为 L1-L5 等级, 当前灵巧手仍处于 L3 及以下水平。机器人手部灵巧度模仿人类可划分 L1-L5 等级。①L1: 类似婴儿 (0-12 个月), 仅具备基本的抓握和释放能力。②L2: 类似幼儿 (1-3 岁), 具备初步的灵活性和自主性, 但仍在受限环境中工作 (实验室或工厂)。③L3: 类似儿童 (4-7 岁), 开始发展精细的动作技能, 具备了抓取柔性物体能力, 可执行短流程任务 (如分拣水果)。④L4: 类似青少年 (8-17 岁), 完善灵巧的动作技能, 可完成长流程任务 (如烹饪) 以及在明确指令下适应不同环境。⑤L5: 类似成年人 (18 岁+), 手部灵巧度达到巅峰, 无需明确指令即可完成长流程任务, 同时可在家庭等人类环境中安全工作。目前主流的灵巧手硬件层面基本都在耐久性、力量大小、灵巧度等几个指标上寻求平衡, 绝大部分灵巧度均处于 L2 及以下水平, 部分灵巧手达到 L3 水平。

图22：机器人手部灵巧度模仿人类可划分为 L1-L5 等级



数据来源：Proception AI 白皮书

图23：主流灵巧手耐久性与灵巧度均在 L3 以下



数据来源：Proception AI 白皮书

图24：主流灵巧手力量都在 L3 水平



数据来源：Proception AI 白皮书

4.2. 机器人本体与灵巧手厂家在手侧尝试落地触觉传感

本体企业：触觉传感处于初期尝试阶段，丰田 Punyo 触觉覆盖最为全面，包括夹爪、手臂、胸部，未来触觉传感或以电子皮肤形态覆盖全身大部位区域。主流人形机器人本体企业在尝试落地触觉传感方案，各家落地的触传感器的技术路线及数量差距较大，大都处于先解决触觉传感可以用的阶段，尚未过渡到好用阶段。大部分厂家（除丰田 Punyo 外）的触觉传感落地仍集中于灵巧手上。从当前落地情况来看，大部分本体厂商的机器人可完成基础的握、捏、拧、拉、推、按、抓、提等多种人手执行的动作。伴随技术迭代及人形机器人应用场景的拓展，触觉传感在灵巧手上的应用数量有望提升，此外也将向手臂、足部、躯干和脑部等区域延伸。

图25：人形机器人本体企业均初步尝试落地触觉



数据来源：各公司官网、公众号，国泰海通证券研究

表5：人形机器人本体厂家触觉传感应用当前主要集中于指尖，丰田 Punyo 在夹爪、手臂和胸部均有应用

公司	机器人	触觉传感器位置	单手传感器模组数量	可实现功能
特斯拉	Optimus-Gen2	指尖	5	工具使用、鸡蛋抓取、叠衣服等
Figure AI	Figure 02	指尖	5	软物体的拾取等
1X Technologies	Neo Gamma	指尖、指节	14	扫地、擦窗户、递酒瓶、洗衣服等
Sanctuary AI	Phoenix-Gen8	指尖、指节	5	检测法向&剪切力，可检小药片、剪电线、上架货物、给盒子贴标签等
丰田	Punyo	夹爪、手臂、胸部	-	视触觉传感器，可抱东西
智元	远征 A1	指尖	5	视觉传感器（千觉），支持精细操作，感知物体形状和材质等
小鹏	PX5	指尖	5	操作电动螺丝刀，拿箱子、笔、杯子、抽纸、软球等
普渡	D9	指尖、指节	10	流畅完成握、捏、拧、拉、推、按、抓、提等多种人手执行的动作
优必选	Walker S1	指尖	6	阵列触觉压力传感器，可搬运物体、操作工具等
宇树科技	G1	指尖、指节、掌心(3个)	9	9个阵列压力传感器（合计33个单元），可抓取物体
开普勒	K2	指尖	5	单指尖配备96个传感单元，可搬运、抓取物体
魔法原子	MagicBot	指尖	5	压力传感器，可实现搬运、抓取物体。

数据来源：各公司官网、公众号，国泰海通证券研究

注：上述公司机器人本体单手触觉传感器模组数量除优必选、宇树科技、魔法原子官网明确列示，其他均根据公开信息推测所得，或有误差，仅供参考

灵巧手企业：触觉传感集中于指尖，落地范围仍有待扩大。主流灵巧手企业均在尝试让灵巧手具备基础的触觉反馈功能，各家采用的技术路线不尽相同，单手配备的触觉传感器模组数量差距也较大。目前，各家在指尖均配备了触觉传感器，而指节、掌心则尚未落地。以5指灵巧手为例，若在手心面按满配置配备触觉传感器模组需约17-20个，其中四指各3个（指尖+2个指节）、大拇指2个（指尖+指节）、掌心3-6个。远期，触觉传感器或以电子皮肤形态同时覆盖掌背。

图26：灵巧手企业大多落地触觉传感（指尖或指腹或掌心）



数据来源：各公司官网、公众号，国泰海通证券研究

表6：主流灵巧手厂家在指尖、指节或掌心落地触觉传感，单手触觉传感器模组配备在4-12个之间

公司	灵巧手	触觉传感器类型	传感器位置	手指数量	单手传感器模组数量
Wonki	Allergo Hand	视触觉（VBTS）	指尖	4	4
Shadow Robot	DEX-EE	视触觉+压力传感	指尖、指节	3	12
因时机器人	FTP	-	指尖、指腹、手掌	5	12
兆威机电	灵巧手	-	指尖	5	5
帕西尼	DexH13	霍尔效应+摄像头	指尖、指节、掌心	4	11+1（摄像头）
灵心巧手	DexHand 021	-	指尖、指节、掌心	5	-
灵巧智能	Linker Hand	-	指尖	5	5
雷赛智能	DH116	-	指尖	5	6

傲意科技 ROHand - 指尖 5 -

数据来源：各公司官网、公众号，国泰海通证券研究

注：上述公司机器人本体单手触觉传感器模组数量除 Wonik、因时机器人、帕西尼、雷赛智能官网明确列示，其他均根据公开信息推测所得，或有误差，仅供参考

4.3. 人形机器人产量至亿台时，触觉传感市场规模或达 1.2 万亿元

触觉传感器具备从手指陆续向身体其他部位渗透的潜力，或为人形机器人零部件中极抗通缩的子领域，人形机器人年产 1 亿台触觉传感器市场或达 1.2 万亿元。

下表按照以下逻辑测算人形机器人触觉传感器市场空间：人形机器人产量*对应部位应用传感器模组数量*对应产量下不同触觉传感器模组单价，之后再不同身体部位应用的触觉传感器市场规模进行加总测算。核心假设逻辑如下：

- ① **人形机器人市场**：分 To B 和 To C，预计先在 To B 市场推广替代人类劳动力，待持续迭代完善后进入家用市场。我们预估人形机器人市场达到 1 亿台，家用市场有望达到 1000 万台用量。全球约 82 亿人口（联合国 2024 年全球人口展望），按四口之家一个人形机器人测算，人形机器人家用市场潜在容量为 20.5 亿台。
- ② **不同部位触觉传感器模组数量**：以仿生为基础来测算，以手指端（双手五指灵巧手）配 28 个触觉传感器模组为基数，按照人类其他不同身体部位的面积或机械感受器数量来测算人形机器人需要的触觉传感器模组数量。
- ③ **人形机器人触觉传感器的渗透路径**：100 万台后手侧、足部成为标配。进入家庭之后考虑到人形机器人与人体接触变多，出于安全考虑，触觉传感器向躯干（胸部、背部、腹部和腿）和脸部扩散。
- ④ **不同技术路线**：触觉传感路线较多，但不同路线均存在瓶颈，尚无法完美适配。如果仅考虑单一技术路线占据全部市场，当人形机器人数量达到 1 亿台时（家用 1000 万台），各技术路线对应的市场规模分别为：压阻 3010 亿元、电容约 1.25 万亿元、磁电霍尔效应约 2.5 万亿元、视触觉（VBTS）约 3.76 万亿元。若考虑融合路线，手臂、足部、躯干等重单点感应的部位使用低成本电阻方案，对触觉要求最高的指尖采用高成本 VBTS，指节、手掌、手腕、面部采用电容或霍尔效应（假设份额 55 开）。上述假设下，当人形机器人产量到达 1 亿台时（家用 1000 万台），按多技术路线融合测算的触觉传感器市场规模有望达 1.2 万亿元。

表7：人形机器人年产量至亿台时，触觉传感器市场规模有望达 1.2 万亿元（按多技术路线融合测算）

人形机器人产量（万台）	100	1000	10000	备注
--To B	100	1000	9000	面向工业+商业
--To C			1000	面向家庭，假设 1 亿台时家用场景占 1/10
不同部位触觉传感模组需求量（个）				
--手指	28	28	28	四指各 3 个，大拇指 2 个，单手 14 个
--手掌	6	6	6	宇树 G1 夹爪掌心 3 个，五指手掌预计 6 个
--手腕	3	3	3	人类手腕机械感受器数量约为手指的 1/10
--手臂	28	28	28	手臂皮肤面积约手指的 15 倍，但机械感受器密度低于手指，保守预估手臂所需模组数量与手指相当
--足部	6	6	6	人类足部机械感受器数量约为手指的 20%
--躯干(胸部+背部+腹部+腿)			112	人类手指机械感受器约 1.3 万个，胸部+背部+腹部+腿约 5.2 万个，约为手指的 4 倍
--脸部			14	人脸面积约为手指的 3 倍，但机械感受器密度更低，保守预估人脸所需模组数量约为手指的 1/2
小计	71	71	71	197
触觉传感模组价格（元/个）				

--压阻	144	72	36	Tekscan 适配指尖的压阻传感器单价 20 美元，预估模组（含 MCU 等）单价 240 元，100 万台批产单价假设为 144 元，每上一个数量级价格再降 50%
--电容	600	300	150	淘宝单模组单价约 1800 元，假设百万个采购单价为 600 元，每上一个数量级价格再降 50%
--霍尔效应	1200	600	300	帕西尼 PX-6AX GEN2 单价 3671 元，假设百万个采购单价为 1200 元，每上一个数量级价格再降 50%
--视触觉（VBTS）	1800	900	450	Gelsight 的 digit 传感器单价 350 美元，模组单价预计为 6000 元，假设百万个采购单价为 1800 元
触觉传感器市场规模（亿元）（按单一路线占据全部市场测算规模）				
--压阻	102	511	3010	
--电容	426	2130	12540	
--霍尔效应	852	4260	25080	
--视触觉（VBTS）	1278	6390	37620	
触觉传感器市场规模(亿元)	472	2360	11799	按多技术路线融合使用
-按身体部位拆分				
--指尖	180	900	4500	采用 VBTS
--指节+手掌+手腕	243	1215	6075	电容&霍尔效应各 50%
--脸部	0	0	0	315 电容&霍尔效应各 50%
--手臂+足部	49	245	1224	采用压阻
--躯干	0	0	0	504 采用压阻
-按技术路线拆分				
--压阻	49	245	1627	
--电容	122	608	3195	
--霍尔效应	122	608	3195	
--视触觉（VBTS）	180	900	4500	

数据来源：特斯拉、Figure AI、宇树科技、Tekscan、帕西尼、Gelsight 等官网，淘宝，《Neuro - inspired electronic skin for robots》（Science Robotics, FENGYUAN LIU etc.），国泰海通证券研究
风险提示：上述测算受①人形机器人在工商业和家庭落地进展、②触觉传感器在人形机器人应用部位落地情况及各部位使用数量、③触觉传感器模组伴随人形机器人量产降价节奏、④人形机器人触觉传感器技术路线选择等多变量影响。未来产业实际落地情况或与本测算存在较大偏差。本测算仅提供一个人形机器人触觉传感器未来市场规模展望的参考，请投资者注意甄别。

5. 重点公司

压力传感相关公司众多，意向切入人形机器人触觉传感的公司也不少。本章仅介绍当前在人形机器人触觉传感领域布局靠前或技术路线新颖的重点公司，并按照压阻、电容、霍尔效应、视触双模态融合等小节分类探讨。下述分类仅基于当前（2025 年 6 月）各家公开宣布的技术路线，不排除后续各家延伸布局其他技术路线。

压阻：因技术成熟，落地成本低，重点布局压阻的公司最多，代表性公司包括 Interlink、Tekscan、SPI、汉威科技（子公司苏州能斯达与韧和科技）、墨现科技、福莱新材、日盈电子等

电容：技术成熟，落地成本较压阻路线高，代表性公司包括 PPS、他山科技、汉威科技。

霍尔效应：动态效应好，成本较高，代表性公司包括 XELA、帕西尼。

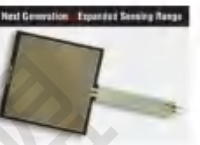
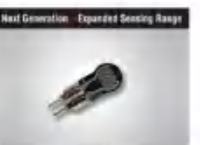
视触双模态融合：强依赖算法，各项技术指标先进，成本高，代表性公司包括 Gelsight、千觉机器人、戴盟机器人、纬钛机器人、帕西尼。本文视触双模态融合的概念包括①VBTS（Vision-Based Tactile Sensor），即以 Gelsight 为代表，通过在指尖安装一个弹性材料，内部传感器单元观察弹性材料接触形变来判断压力等信息。②视觉通过摄像头，触觉通过传统技术路线，以帕西尼为代表，在手掌心内置一个摄像头，在手指安装基于霍尔效应的触觉传感器，之后将视觉与触觉信息融合分析判断接触力及状态等信息。

5.1. 压阻路线：Interlink、Tekscan、SPI、汉威科技、福莱新材、

墨现科技、日盈电子

Interlink: 专注压力传感 40 年，全球压阻传感器领导者。公司成立于 1985 年，聚焦电阻相关的力解决方案（FSR，Force Sensing Resistor），电阻力传感器全球领导者，陆续开发了压电（2012 年推出）、电容等方案。此外公司还涉足气体传感器、薄膜键盘等业务。公司 X 和 UX 系列的 FSR 产品单价从 3.99-7.99 美元不等，可实现 0.5-150N 压力的检测，检测次数可达数百次。公司总部位于美国南加州，业务遍布全球，FSR 的生产主要在中国深圳（具备制造端成本优势）。公司下游主要覆盖汽车、工业、消费电子、医疗等领域，客户群体优质，其中不乏布局人形机器人领域的客户如特斯拉、Meta 等。

图27: Interlink 的 FSR（X&UX 系列）产品零售单价从 3.99-7.99 美元不等

				
FSR UX 400 \$3.99	FSR UX 400 Short \$3.99	FSR UX 402 From \$3.99	FSR UX 402 Short \$3.99	FSR UX 406 \$4.99
				
FSR UX 406 Short \$4.99	FSR UX 408 (100mm length) \$4.99	FSR UX 408 (200mm length) \$4.99	FSR UX 408 (300mm length) \$4.99	FSR UX 408 (400mm length) \$7.99
				
FSR UX 408 (500mm length) \$7.99	FSR UX 408 (50mm length) \$3.99	FSR UX 408 (600mm length) \$7.99	FSR X 400 From \$3.49	FSR X 400 Short \$3.49

数据来源: Interlink 官网

图28: Interlink 业务布局全球化

	南加州 - 公司总部、创新中心 硅谷东部 - 气体和环境传感器的设计、开发和制造
	苏格兰爱丁堡 - 薄膜键盘和印刷电子产品制造
	中国深圳 - 大批量传感器和印刷电子产品制造
	新加坡 - 嵌入式电子开发实验室
	日本横滨 - 销售

数据来源: Interlink 官网

图29: Interlink 客户优质, 不乏布局人形机器人赛道厂家如 Meta、Tesla 等

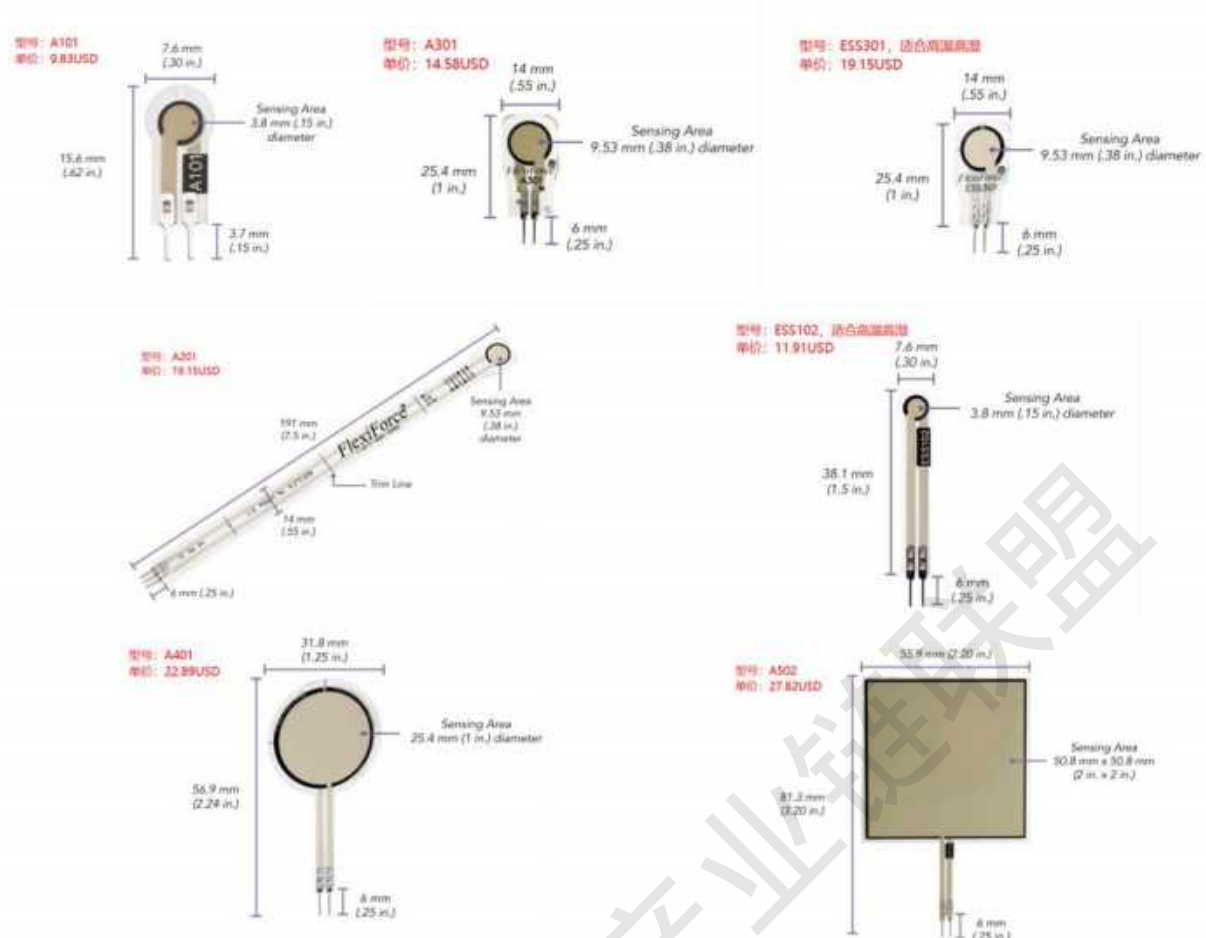


数据来源: Interlink 官网

Tekscan: 压阻式触觉传感路线, 在人形机器人上已有成熟应用案例。

- ① **历史:** 公司核心团队源于 MIT 人工智能实验室, 1981-1986 年陆续完成了产品的开发、验证, 1987 年正式成立, 总部位于美国马萨诸塞州。公司当前员工 110 人+, 重视研发, 研发费用率约 14%。
- ② **产品:** FlexiForce 系列压阻力传感器, 可提供不同传感面积和适用于高温高湿领域的传感器, 单价从 9.83-27.82 美元不等。标准类型传感器工作温度为 -40℃-60℃, 薄 0.1mm, 每平方厘米可放置 248 个标准传感器, 间距细至 0.6mm, 可提供 0-207Mpa 的压力响应范围。高温类型传感器工作温度最高可达 200℃, 厚度、传感器密度、压力范围较标准传感器有所收敛。
- ③ **产品构成:** 每个 FlexiForce 传感器由两个柔性基底 (聚氨酯等材料), 每层涂上导电银, 再在有效传感区域涂抹一层压敏油墨, 最后用粘合剂将两部分层压在一起制成。压阻类传感器因功耗的存在适用于小功率应用场景。
- ④ **在 Nao 人形机器人足部有过成熟应用。** 公司压阻力传感器主要应用下游包括汽车、医疗工业、人形机器人。公司 FlexiForce 传感器曾应用于人形机器人 Nao (身高 58cm, 重约 4.3kg) 的脚底以使其保持平衡。

图30: Tekscan 的 FlexiForce 系列根据传感面积、应用场景的不同零售单价从 9.83-27.82 美元不等



数据来源: Tekscan 官网, 国泰海通证券研究

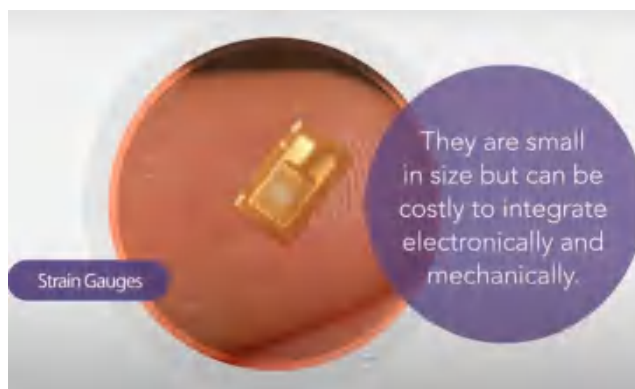
图31: FlexiForce 传感器应用于 Nao 脚底

FlexiForce 传感器嵌入 Nao 机器人的脚底, 以确保适当的平衡。



数据来源: Tekscan 官网

图32: FlexiForce 传感器可做至比人指尖还小



数据来源: Tekscan 官网

SPI: 技术路线为压阻, 下游应用广泛。SPI (Sensor Product Inc) 成立于 1990 年, 触觉表面压力和力传感器细分领域全球领导者。公司产品广泛应用于汽车、通用工业、医疗、电子半导体等领域。与人体相关的产品包括 Tactilus 表面触觉传感系统, 可用于足部压力、皮肤表面压力的检测。公司当前虽未报道进军人形机器人触觉传感领域, 但凭借过往技术, 公司是人形机器人触觉传感领域的重要潜在供应商。

图33: SPI 的 Tactilus 表面触觉传感系统可用于两个接触面之间压力分布于大小的检测



数据来源: SPI 官网

图34: SPI 的 Tactilus 技术路线为压阻式

Tactilus® 技术

Tactilus® 是一种基于矩阵的触觉表面传感器。本质上是一种“电子皮肤”，可记录和解释任何两个接触或配合表面之间的压力分布和大小，并将收集的数据吸收到功能强大且用户友好的基于 Windows® 的工具包中。每个 Tactilus® 传感器都经过精心组装，符合严格的公差，并单独校准和序列化。Tactilus® 采用复杂的数学算法，智能地将信号与噪声分开，并采用先进的电子屏蔽技术，最大限度地提高对环境噪声、温度和湿度的免疫力。我们专有的传感器设计确保了业内最坚固的传感器——这项投资将维持数千次使用。

有关使用 Tactilus® 进行表面压力测绘的更多信息，请参阅我们的应用菜单。

传感器规格	
技术	压阻式
表面压力范围	0 - 10 PSI (0 - 0.7 千克/平方厘米)
传感点	最多 32 个
总感应面积	0.375 英寸
扫描速度	峰值可达 100fps
阻抗范围	0Ω 至 500MΩ
厚度	30 厘米
准确性	± 10%
重复性	< 校准范围的 ± 10%
滞后	< 校准范围的 10%
非线性	± 1.5%
漂移	< 每 24 小时 10% (时间尺度)

数据来源: SPI 官网

汉威科技: 传感器平台型公司，触觉传感器在子公司苏州能斯达，布局压阻/压电/电容路线。

- ① 历史: 气体传感器起家，逐步发展为平台型传感器公司。公司成立于 1998 年，气体传感器起家，陆续延伸至煤矿仪表（2006 年）、触觉传感器（子公司苏州能斯达，2013 年参股、2016 年控股）。截至当前，公司传感器版图已覆盖气体、压力（触觉）、流量、温度、湿度、光电、加速度等门类，迈向平台化布局。此外基于传感器，公司还向下延伸至仪表，当前主要聚焦石化、电力、冶金、燃气等行业。
- ② 触觉传感布局: 以控股子公司苏州能斯达和参股子公司韧和科技开展。公司 2013 年参股苏州能斯达，2016 年实现控股（持股比例 55.34%）。公司 2023 年累计出资 1740 万元参股韧和科技（持股比例 26.68%）。苏州能斯达主营柔性力传感器，包括压阻、压电、电容等技术路线。韧和科技主营弹性压力传感器，技术路线为压阻/电容。面向机器人，除触觉方案外，公司还布局了六维力传感器、惯性测量单元和应变片。公司还参编了国内首个柔性电子行业标准。根据公司互动易回复“柔性传感器产品目前与多家人形机器人本体厂商展开合作，同时已经向部分机器人

厂家进行小批量供货”。

图35：汉威科技在人形机器人领域布局包括触觉传感器、六维力传感器、惯性测量单元和应变片等



数据来源：汉威科技官网

③ 苏州能斯达：触觉传感技术路线涵盖压阻/压电/电容等，拥有年产 1000 万只柔性传感器的印刷与组装线。

历史与背景：苏州能斯达起源于中科院苏州纳米所海归科研团队（2009 年），学术背景强大。依托中科院苏州纳米所，公司在传感器材料、设计等方面有得天独厚的优势。公司 2013 年 8 月正式成立，同年 12 月汉威科技参股。2016 年正式成为汉威科技控股子公司。2017 年，公司柔性触觉传感器实现批产。2018 年，公司陆续在医疗、3C 取得大突破。2019 年，公司年出货量突破 100 万支。2022 年 4 月，获得小米产业基金千万元投资。2024 年 10 月，公司参与起草和制定了柔性电子领域首个标准（西北工业大学牵头）。公司拥有百余项核心专利，一条年产 1000 万只柔性传感器的超净印刷线和组装线，具备了大面积阵列设计、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。

产品：触觉传感涵盖压阻/压电/电容三类。公司已掌握了柔性压阻、柔性压电、柔性温湿度、柔性电容、柔性汗液五大核心技术，拥有柔性压力传感器、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、柔性汗液传感器八大产品系列。公司触觉压阻传感器（DF9-16）零售单价为 12 元，触觉压电传感器（YD-SF2513）零售单价为 25 元，触觉压阻+温度一体化传感器（DT10-50）零售单价为 22 元，触觉压阻+压电复合传感器（YD-SF23-600，含四个压电传感单元）零售单

价为 100 元。公司触觉电容传感器目前应用于医疗健康领域，未来或有望技术迁移至机器人领域。公司当前柔性压力传感器柔韧性强、耐弯折，反复弯曲 100 万次以上依然可正常工作；每平方厘米集成 100 个传感点，哪怕是羽毛轻轻拂过的力度也能精准检测，响应速度在 1ms 以内，可实现法向力、剪切力、温度等多模态检测；支持裁剪，适配个性化终端产品需求。

图36：苏州能斯达柔性传感器产品



数据来源：柔性智能电子公众号

图37：苏州能斯达传感器性能与价格(不完全统计)

柔性薄膜压力传感器		柔性薄膜压电传感器	
DFP-16系列		YD-SF2513	
项目	参数	项目	参数
型号	DFP-16-01	型号	YD-SF2513
尺寸	25mm x 15mm	尺寸	25mm x 15mm
厚度	0.1mm	厚度	0.1mm
重量	0.1g	重量	0.1g
灵敏度	1mV/MPa	灵敏度	1mV/MPa
分辨率	10μV	分辨率	10μV
响应时间	1ms	响应时间	1ms
工作电压	5V	工作电压	5V
输出信号	模拟信号	输出信号	模拟信号
封装形式	贴片式	封装形式	贴片式
存储温度	-40℃~125℃	存储温度	-40℃~125℃
工作温度	-40℃~125℃	工作温度	-40℃~125℃
使用寿命	100万次	使用寿命	100万次
价格	100元	价格	100元

数据来源：淘宝，国泰海通证券研究

④ 韧和科技：触觉传感包括弹性应变/电容两种技术路线。

历史与背景：背靠中科院宁波材料所，获汉威科技与山东魏桥投资。公司成立于 2018 年，2020 年获山东魏桥集团战略投资，2023 年获汉威科技投资。公司背靠中科院宁波材料所，是中国科学院磁性材料与器件重点实验室孵化的科技型企业，也是国内首家从事弹性电子材料与器件产业化的高新技术企业，已有 60 余项专利。公司专注柔性智能发热系统、弹性传感系统的研发与应用，下游主要为医疗、家居等领域，也可延伸至机器人领域。公司现有两条专业化生产线其中弹性加热组件产能达 100 万件/年，弹性应变传感器产能达 150 万件/年，生产基地位于山东滨州。

产品：弹性拉伸传感器为电阻路线，弹性压力传感器为电容路线。公司产品涵盖三类：弹性拉伸传感器、弹性压力传感器和碳纳米管加热组件，前两类可应用于机器人领域。公司弹性拉伸传感器以自主研发的弹性纳米导电材料为核心敏感材料，在人形机器人领域主要应用于拉伸要求较大部位的感知，如手腕部位。人体最富弹性的皮肤就位于手腕部位，拉伸率达 20.4%。公司弹性压力传感器为电容路线，可应用于人形机器人手部及其他部位的触觉感知。

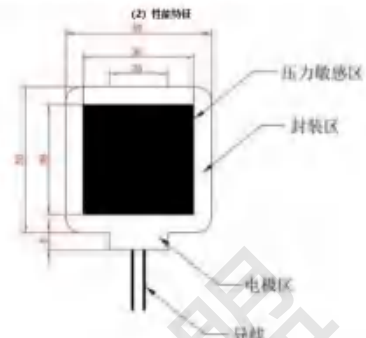
图38: 韧和科技弹性拉伸传感器技术指标

弹性拉伸传感器 (1) 技术指标		
产品型号	ESSA-Q1	ESSB-Q1
外观尺寸	150*30mm	200*35mm
厚度	0.3mm	1mm
50%应变拉力	≥13N	≥23N
拉伸范围	0-50%	0-50%
最小分辨率	0.05%	0.05%
线性度	99.8%	99.8%
重复性误差	±6%	±6%
一致性误差	±18%	±18%
耐久性	>150 万次 (3%拉伸应变)	>100 万次 (10%拉伸应变)
响应时间	≤50ms	≤50ms
刷新频率	50Hz	50Hz
测试电压	典型值 3.3V	典型值 3.3V
工作温度	10-45℃	10-45℃
洗涤	机洗 35 次	机洗 100 次

数据来源: 韧和科技官网, 国泰海通证券研究

图39: 韧和科技弹性压力传感器技术指标

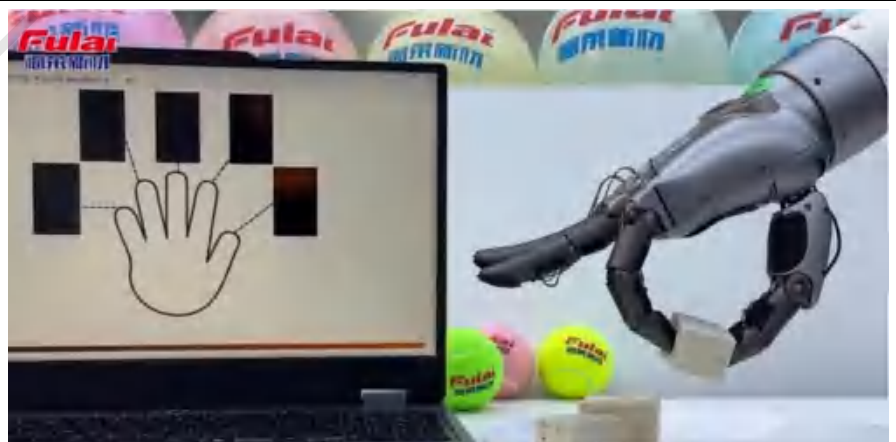
弹性压力传感器 (1) 技术指标			
产品型号	压力传感器 ESPB-01	耐久性	≥100 万次 (50N)
外观尺寸	50*50mm	初始电容	>10pF
厚度	2.1mm	响应时间	≤25ms
敏感区面积	38*38mm	刷新频率	50Hz
量程	1.5-800N	测试电压	典型值 3.3V
响应点	1.5N	工作温度	10-45℃
重复性误差	±15%	一致性误差	±15%



数据来源: 韧和科技官网, 国泰海通证券研究

福莱新材: 主业涂布延伸至触觉传感器, 当前触觉传感为压阻技术路线。公司成立于 2009 年, 主营广告喷墨打印材料、标签标识印刷材料、电子级功能材料、新型薄膜材料、胶粘材料等工业消费品及高端智能装备。因材料为触觉传感器核心组成, 公司依托材料优势及此前布局的压力传感器专利 (2017 年开始布局, 2020 年完成材料的基础研究和测试, 2021 年完成鉴定验收), 通过全资子公司欧仁新材料布局柔性触觉传感器。当前, 公司已有三项传感器专利——基于柔性压敏元件的拉伸传感器、一种柔性温度传感器及其制备方法、一种基于改性纸基的高灵敏度柔性压力传感器及其制备方法。目前, 公司已组建了一个扎实的技术团队, 其中海外引进国家级、省级人才共 3 名, 主要围绕柔性传感器设计、工艺、硬件、软件开发进行研发。2025 年 3 月 17 日, 公司公众号披露柔性传感器中试线主体已安装完毕, 正在调试功能和工艺参数, 进展较为顺利。中试线建设历时 3 个月左右。

图40: 搭载福莱新材柔性触觉传感器的灵巧手可实现豆腐、鸡蛋和网球等物体的抓取



数据来源: 福莱新材公众号

墨现科技: 触觉传感技术路线为压阻, 产品已成功应用于普渡科技灵巧手。

① **团队:** 核心团队来自大疆。公司成立于 2021 年, 总部东莞。创始人

匡正（95后），核心团队基本来自大疆。匡正是前大疆创新传感器工程师，大疆声敏冲击传感器设计者。2019年匡正在大疆工作期间产生做柔性触觉传感器想法，之后在松山湖机器人基地 Xbotpark 孵化，并于2021年正式创立墨现，以压阻路线为主。

- ② **产品与客户：FLX 系列柔性薄膜压力传感器已成功应用于普渡科技 D9 人形机器人的灵巧手 DH11 上。**公司 2023 年推出 FLX 系列产品，陆续在机器人、电子乐器、医疗检测、智能睡眠、成人玩具等行业领域进行了初步试水。自 2023 年 6 月量产以来，截至 2025 年 3 月，公司已累计完成 10 万套柔性压力传感器出货。FLX 系列传感器模组包含 96 个（12*8）独立的传感单元，可识别最小 3.5g 重物的力（量程达 2.5kg），转换成重力约为 0.0343N 的力，较 Interlink 的 FSR 系列的最小检测压力 0.5N 要小，但高于他山科技（电容路线）和帕西尼（霍尔效应路线）的 0.01N、Gelsight（视触觉）和 XELA（霍尔效应）的 1mN。根据墨现公众号披露，普渡科技 D9 人形机器人的灵巧手 DH11 集成了公司的触觉传感器，能够流畅完成握、捏、拧、拉、推、按、抓、提等多种人手执行的动作。单个 DH11 灵巧手搭载了 12 个触觉传感模组，实现全手覆盖，包含 1018 个单独的传感单元。根据上述信息，我们推测 DH11 的 5 个手指各搭载 2 个 FLX 传感器模组（指尖+指腹），手掌部分搭载了另外两个传感器模组。手指的 10 个 FLX 传感器模组共包含 960 个（96*10）独立的传感单元，手掌的两个传感器模组共包含 58 个（1018-960）独立的传感单元。

图41：墨现推出了指尖及指腹压阻触觉传感器



数据来源：墨现科技公众号

图42：普渡科技 DH11 灵巧手使用墨现触觉传感器



数据来源：普渡科技官网

5.2. 电容路线：PPS、他山科技、汉威科技

汉威科技控股子公司苏州能斯达与参股子公司韧和科技均布局了触觉传感的电容路线，在 5.1 节已详细阐述，此处不再展开。

PPS：聚焦电容触觉传感器，有机器人成熟应用案例，2024 年正式推出专为灵巧手设计的 Robotact 传感器。

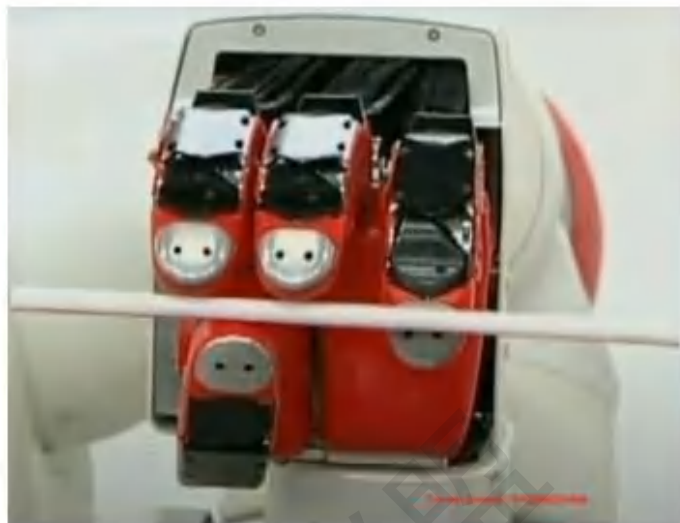
- ① **历史：**PPS（Pressure Profile Systems）创始人 JAE SON。JAE SON 为哈佛大学博士，主要研究触觉传感增强机器人的灵活性，1996 年毕业后创立 PPS。PPS 以电容式触觉传感器起家，目前为电容触觉传感领域的全球领导者。1996-2002 年，PPS 主要承接政府、高校等部门项目。2002 年开始切入商用领域，陆续进入医疗、消费电子、机器人、工业等领域。2024 年正式推出 Robotact 传感器，专为机器人灵巧手设计。
- ② **机器人应用案例：**Barrett Hands 于 20 世纪 90 年代采用了公司的 Digitacts 技术，夹爪上有多个传感垫，每个传感垫有 12-14 个电容传感单元，空间分辨率为 5mm。Twenty-One（东京早稻田大学开发的人形机器人）曾使用公司的电容触觉传感器，其每只手大概使用了 241 个触觉传感单

元。

图43: PPS 的触觉传感器曾成功应用至 Barrett Hands 和 Twendy-One 的灵巧手



集成 PPS 触觉传感器阵列的 BarrettHand



数据来源: PPS 官网

他山科技: 触觉传感技术路线为电容, 已发布视触融合平台。

- ① **团队与历史:** 2017 年由清华和北航背景的马扬、孙滕湛和杨五强三人创立, 获软银中国天使轮投资。2019 年, 与曼彻斯特大学签约 AI 触觉传感芯片项目, 总投资约 1 亿元, 芯片的模拟部分和总体设计由他山科技负责, 数字部分的架构设计由曼彻斯特大学完成。2020 年初, 公司完成全球首款 AI 触感芯片的流片。2024 年, 在工信部“揭榜挂帅”项目中担纲触觉传感器的研发重任。2024 年 8 月, 发布触觉传感器、电子皮肤和视触融合平台等新品。此外, 公司获“2024 人形机器人供应链优质企业”称号, 该称号由 2024 中国人形机器人技术应用峰会颁布, 同时获得的触觉传感器企业还有帕西尼(总部深圳)。2025 年 1 月, 公司与凌烟阁芯片合作, 探索解决触觉传感器的边缘计算方案(模拟人的非条件反射, 不用所有信息都经过中枢神经系统)。公司已申请 202 项专利, 其中包括 80 项发明专利, 其中应用于人形机器人的关键核心专利 40 项。
- ② **产品: 聚焦电容触觉传感, 延伸视触融合。** 公司核心产品为 TS-F+多模态触觉传感器, 力分辨率最高可达 0.01-0.1N (Gelsight 的 Digit 360 在 1mN)、可识别 30 多种不同材质、感知距离 $\geq 2\text{cm}$ 。

图44：他山科技产品包括触觉传感器、电子皮肤和视触融合平台等



数据来源：他山科技公众号

- ③ **客户：**已与因时机器人、强脑科技、灵巧智能、灵心巧手等国内头部灵巧手厂商落地合作。根据公司公众号信息，公司 2024 年触觉传感器订单超万个，截至 2025 年 1 月，公司触觉传感器市场占有率超 50%。根据公司 CEO 马扬与 AI 科技评论的访谈记录，传感器要做到可靠的稳定性批量得到几十万的级别。

图45：他山科技已与国内头部灵巧手厂商合作



数据来源：他山科技公众号

5.3. 霍尔效应路线：XELA、帕西尼

XELA：聚焦霍尔效应触觉传感路线，学术背景强大。

- ① **历史：**成立于 2018 年 8 月，核心团队来自日本早稻田大学机器人实验室。日本机器人界权威菅野重树为公司顾问，菅野重树师从日本机器人先驱加藤一郎，自 1981 年开始从事灵巧手和触觉传感研究。若以日本早稻田研究触觉传感历史计算，公司在触觉传感有超过 70 年的技术积累。
- ② **产品：**以霍尔效应路线的触觉传感器为主，产品谱系包括标准和定制化两类。公司产品可同时检测法向力和切向力。公司最受欢迎的 uSPa 44 传感器模组（应用于指腹或手掌）包含 16 个传感器单元，应用于指尖的 uSCu 则包含 30 个传感器单元。以 uSPa 44 为例，单个传感器最大可检测 1500g 物体的压力，最小分辨率为 0.1g（转化成重力约为 1mN）。
- ③ **合作与集成：**公司传感器应用于 Wonik Robotics 的 4 指灵巧手 Allegro Hand 上，采用了 11 个 uSPa 44（用于指腹）、3 个 uSPa 46（用于手掌）、

4 个 uSCu (用于指尖) 传感器模组, 合计 368 个传感器单元。单个指尖有 30 个传感器单元, 单个指腹有 16 个传感器单元, 大拇指有 62 个传感器单元, 除拇指以外的单个手指有 78 个传感器单元, 手掌有 72 个传感器单元。

- ④ **客户:** 公司传感器已成功应用于人形机器人 (Sanctuary AI, Agile Robots), 协作机器人 (DENSO 等)、高校 (剑桥大学等) 等客户。
- ⑤ **价格:** 根据公司数据, uSPa 44 零售价 1000 美元, 批发 100 个可获得 8 折优惠。此外为驱动 uSPa 44 需要一个微控制器, 微控制器单价约 150 美元。

图46: Wonik Robotics 的 4 指灵巧手采用 XELA 的传感器



数据来源: XELA 官网

图47: XELA 客户包括人形机器人、协作机器人厂商及高校等



数据来源: XELA 官网

帕西尼: 触觉传感师承日本早稻田的霍尔效应技术路线, 创新性地掌心添加摄像头, 实现视触觉双模态融合。

- ① **销售:** 根据公司反馈数据 (2025 年 3 月), 触觉传感器年销售规模已到 10-20 万量级, 单个客户订单数量达到数千个。
- ② **团队与历史:** 师承日本早稻田机器人实验室。公司成立于 2021 年, 总部位于中国深圳。创始人许晋诚博士毕业于日本早稻田大学, 师从日本机器人界权威——菅野重树教授 (前述日本 XELA 公司的技术顾问, 同时也是公司的科学顾问), 拥有 8 年+的触觉传感器、协作机器人研发及产业化经验。2021 年, 许晋诚回国创立帕西尼 (名字源于皮肤的机械感受器之一帕西尼小体), 成立之初即获得前微软全球副总裁陆奇博士、数家一线资本联合领投。此外, 公司获 “2024 人形机器人供应链优质企业” 称号, 该称号由 2024 中国人形机器人技术应用峰会颁布, 同时获得的触觉传感器企业还有他山科技 (总部北京)。
- ③ **产品:** 以触觉为牵引, 贯通触觉传感器、灵巧手、人形机器人三大核心产品。2024 年 11 月, 许晋诚博士在与新皮层的访谈中提到 “公司做人形机器人是为了展示触觉传感器的能力, 让客户直观看到传感器与机器人之间是如何协作的, 便于触觉传感器的推广使用”。此外, 帕西尼的触觉传感器在手、手臂、关节上均已部署, 因为手臂和手会与外界产生较多的物理接触。

图48：以触觉为牵引，贯通触觉传感器、灵巧手、人形机器人三大产品



数据来源：帕西尼官网，国泰海通证券研究

- ④ 灵巧手：第二代产品 DexH13 实现视觉触觉双模态融合。DexH13 为四指灵巧手（13 个主动自由度，负载 5Kg），视觉依靠掌心摄像头（800 万像素）实现，触觉依靠指尖和指腹的触觉传感器（合计 1140 个 ITPU 触觉传感单元）实现。光有触觉类似盲人，引入视觉主要是为了快速定位（拿到空间坐标系位姿）同时获知接触物大小信息，为触觉提供辅助。触觉部分，单手四个指尖各一个传感器模组，大拇指指腹一个传感器模组，其他三个手指指腹各两个传感器模组。

图49：灵巧手 DexH13 视触觉融合，采用电驱，具备测量法向力、摩擦力、分布力、力矩、材质、温度、滑动、回弹等 15 种触觉感知能力



数据来源：帕西尼公众号

图50: DexH13 灵巧手集成一个相机、11 个触觉传感器模组



数据来源：帕西尼官网

- ⑤ **ITPU 触觉传感器**：采用磁电霍尔效应技术路线，单模组量产价格预计在百元/千元级别。公司 ITPU 触觉传感器分专业级（PX-6AX）和消费级（PX-3AX）两类。专业级产品主要应用于机器人量产，已迭代到第二代 PX-6AX GEN2。PX-6AX GEN2 又分为指尖和指腹两个版本，官方商城零售价格均为 3671 元，参考前述日本 XELA 采购 100 个传感器模组可打 8 折，若批量（1000 个、1 万个或更多）采购价格预计有望到 5 折甚至更低，或达单个千元级别。若按照量产后单个模组 1000 元计算，每个 DexH13 灵巧手配置 11 个模组，则单手触觉传感器价值量为 1.1 万元，若扩展到五指则单手配置 14 个模组，则单手价值量提升至 1.4 万元。单个 PX-6AX GEN2 模组约 89 个触觉传感单元（单手 978 个传感单元/11 个模组），可实现 1mm 的空间分辨率（与人类指尖分辨率相当），最小可识别 0.01N 的力（XELA 最小可分辨 0.1g，转换成力约为 0.001N）。单个传感器模组可实现超 300 万次的工业级使用寿命。

图51: PX-6AX GEN2 走霍尔效应路线，空间分辨率 1mm，可实现 0.01N 力的识别，采样频率达 1000Hz

	PaXini专业级机器人 ITPU GEN2	传统机器人六维力传感器
触点类型	多点面阵式	单点式
结构类型	柔性表面	刚性
技术路线	电磁式	应变式居多
感知维度	六维力 + 量化的9种人类触觉参数	六维力
精度	≤1%FS	≤1%FS
采样频率	1000Hz	1000Hz
空间分辨率	1mm	不具备
分辨力	0.01N精细识别	根据满量程变动，不确定
防水防尘	IP68	IP65
数字量输出	具备	不具备
内置算力	具备	不具备
自动化标定	具备	不具备
售价	百元/千元级	万元级

数据来源：帕西尼官网

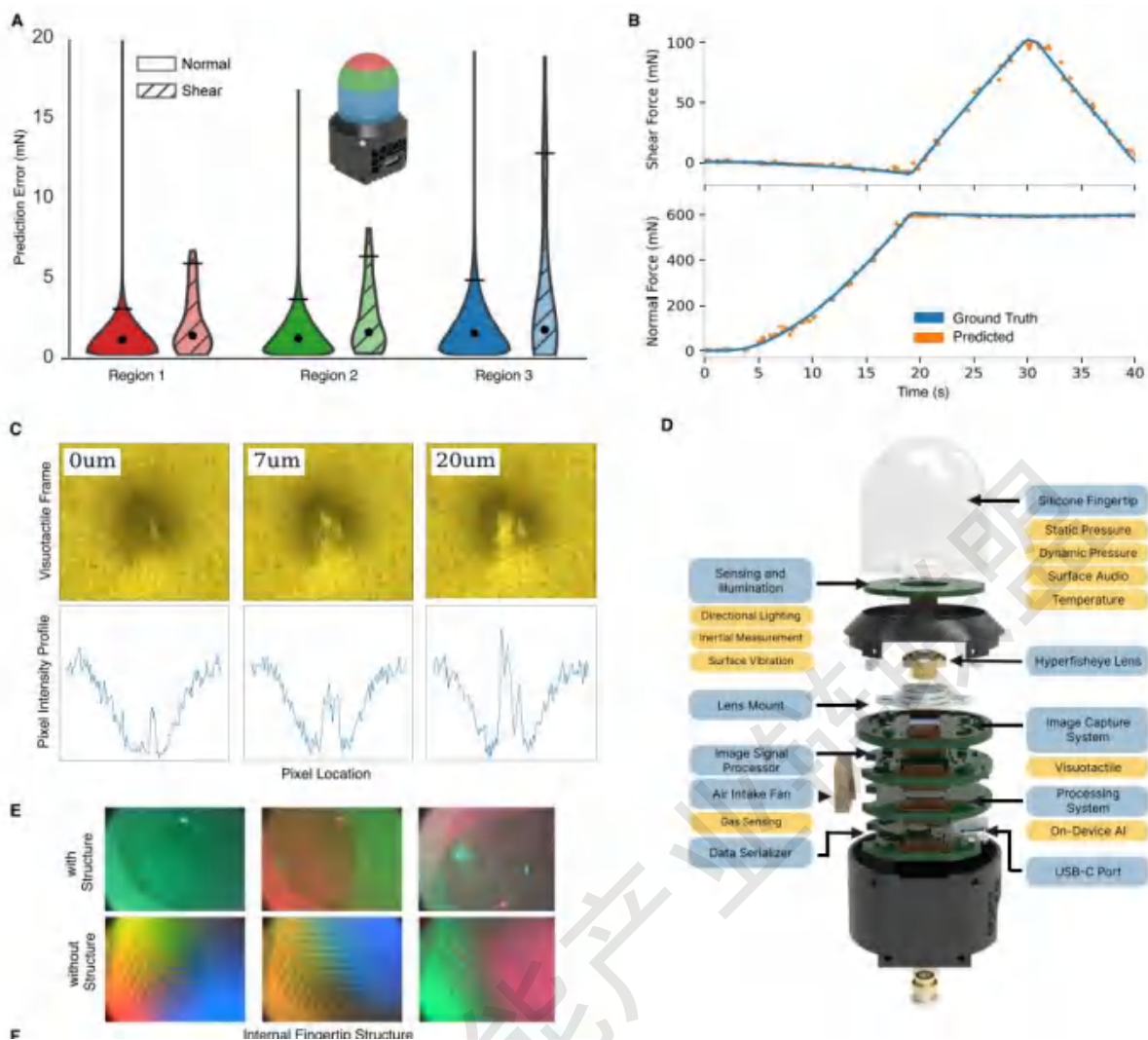
5.4. 视触双模态融合路线：Gelsight、纬钛、戴盟、千觉

帕西尼通过掌心摄像头+手指触觉传感（基于霍尔效应）的分析已在 5.3 节详细阐述，此处不再赘述。

Gelsight: 主攻视触融合传感器，强依赖算法，故与 Meta 深度合作。

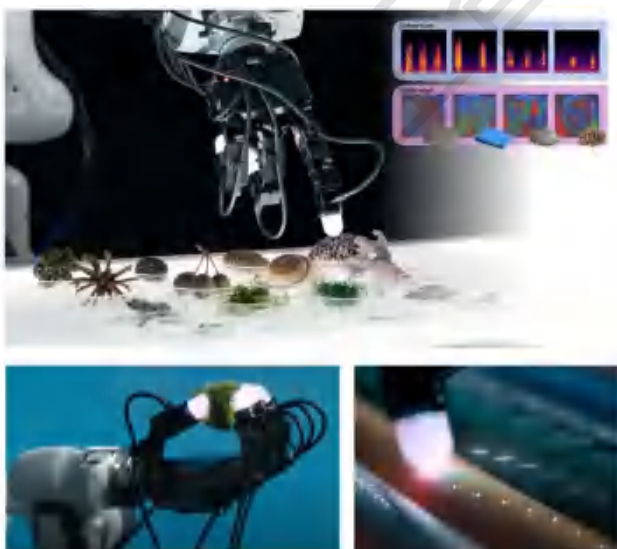
- ① **历史:** 起源于 MIT，由 MIT 计算机科学与人工智能实验室（CSAIL）的 Edward Adelson 教授（主攻视觉科学、神经科学，近年研究重点为机器人触觉感知）的研究小组 2009 年提出。2009 年-2013 年，Gelsight 提出的视触传感器尚未延伸至机器人领域，彼时公司的视触传感器仍比易拉罐大。2013 年，Edward Adelson 团队首次将产品与机器人触觉感知融合，并于 2014 年首次推出全球首个用于机器人的超高分辨率（10 微米级别指尖触觉传感器 Fingertip GelSight Sensor，该传感器可实时测量法向力、切向力、软硬度、纹理等信息。之后数年产品持续沿着小型化、优化材料和结构设计的路线迭代。2021 年与 Meta AI 展开深度合作，借鉴其模型能力，因为视触融合本质上为是对图像做处理。2024 年，Gelsight 联合 Meta 推出 Digit 360 产品，并计划于 2025 年上市销售。
- ② **Digit 360:** 图像处理为基础，构成包括顶部与物体接触的硅胶指尖、LED 灯、镜头、图像传感器等。工作原理为通过摄像头采集前端硅胶指尖的变形来分析接触物的形态及力，优势在于空间分辨率极高，可达微米级（压阻和电容方案毫米级），力感知最低 1mN（电容在 0.05-0.1N），感应时间比人类快 30 倍。劣势在于对大模型强依赖、算力需求要求高，造价贵。因 Digit 360 尚未定价，前代产品 Digit 产品单价为 350 美元，若以五指灵巧手为例，装配 Digit 的成本为 1750 美元。

图52: Digit 360 由顶部硅胶指尖、LED 灯、摄像头等核心组成，可测量法向力、切向力、接触物纹理等



数据来源: Meta 官网

图53: Digit 360 轻松抓捏柔性物体及识别物体纹理



数据来源: Meta 官网

图54: Digit 单价 350 美元



类别: 触觉机器人应用

成本: 350 美元 (每个传感器)

交货时间: 4周

数据来源: Gelsight 官网

戴盟机器人: 视触觉传感借鉴 MIT 基础上创新, 推出视触觉传感-灵巧手-

轮式人形机器人一站式解决方案。

- ① **团队与历史:** 公司成立于 2021 年 12 月，总部位于深圳。创始人王煜为美国卡内基梅隆大学（CMU）博士，师从 Matthew Thomas Mason，专注机器人手部的研发。同在 CMU 的机器人研究所的 Marc Raibert（波士顿动力创始人）则聚集腿部研发。此后，与 MIT 的 Alberto Rodriguez 教授开展了为期 6 年的科研合作，在此基础上开发了不同于 MIT 的 GelSight 方案。GelSight 方案基于三色光，戴盟方案基于单色光原理。公司联合创始人兼 CEO 段江哗为中科院博士、香港科技大学博士后（王煜学生），专注机器人、AI 和智能控制等领域。
- ② **产品:** 以触觉为牵引，贯通触觉传感器、灵巧手、人形机器人三大核心产品。2024 年 3 月，公司发布首款轮式人形机器人 Sparky 1，其灵巧手携带视触觉传感器。2025 年 4 月，公司发布多维高分辨率高频率视触觉传感器 DM-Tac W、多维触觉感知五指灵巧手 DM-Hand1（15 个主动自由度，重 1.5kg）、便携穿戴式遥操作数据采集系统 DM-Exton。此外预计在 2025 年将陆续推出迭代产品 DM-Tac F、DM-Hand2。

图55：以触觉为牵引，推出视触觉传感器、灵巧手、遥操作系统、轮式人形机器人



数据来源：戴盟机器人公众号

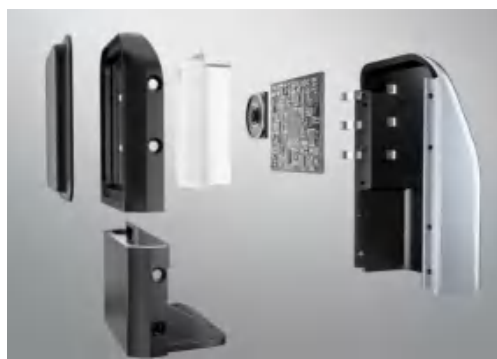
- ③ **视触觉传感器:** DM-Tac W 厚度可达毫米级（主流传感器厚度在厘米级，墨现科技的压阻传感器封装厚度可做到 0.2mm 级别），单平方厘米集成约 4 万个感知单元（主流传感器传感单元在百个级别），可实现 $< 0.1\text{N}$ 的力感知，采样频率 120Hz，可捕捉物体接触时的形貌、纹理、软硬、滑移、按压力、切向力等多种模态信息。

图56: 戴盟机器人推出多种尺寸的视触觉传感器



数据来源: 戴盟机器人公众号

图57: 戴盟视触觉传感器内部结构



数据来源: 戴盟机器人公众号

纬钛: 创始人师承 MIT, 小米战投等知名投资机构看好入股。公司成立于 2024 年 1 月, 创始人为李瑞博士。李瑞博士 2015 年毕业于 MIT, 师从 Edward Adelson 教授 (前述 Gelsight 创建者)。在 MIT 读博期间, 李瑞作为核心成员与导师 Edward Adelson 及 CSAIL 实验室团队共同研发出全球首个超高分辨率的视触觉 (Vision-Based Tactile Sensor, VBTS) 指尖传感器 GelSight。当前, 纬钛已开发了多种型号的机器人仿生指尖及带触觉的末端执行器产品, 与多家科研机构 and 头部制造客户大成合作, 已实现小批量出货。2025 年 4 月 15 日, 纬钛宣布连续完成近亿元天使及天使+轮融资, 投资者包括小米战投、雅瑞资本、iCANX Fund、梅花创投和微光创投等机构。

6. 风险提示

降本迭代不顺利。若人形机器人因技术突破不及预期等因素导致降本速度不及预期, 则会影响人形机器人步入商用的速度, 从而导致市场空间受限。

市场竞争加剧。人形机器人未来将是万亿蓝海, 当前参与的初创公司和供应链公司 (触觉传感器等) 持续增加, 市场竞争将加剧, 导致行业利润率受损。

触觉传感技术突破不及预期。触觉传感技术路线较多, 若触觉传感技术迭代不及预期导致灵巧手端应用后无法适配各类日常任务, 则会影响人形机器人应用落地速度, 导致市场空间短期受限。

触觉传感在人形机器人上渗透不及预期。我们认为触觉传感将首先重在人形机器人灵巧手上落地, 此后伴随处理任务复杂度和应用场景的延伸, 触觉传感将从手侧向足部、躯干和脸部等延伸, 扩大触觉传感应用市场。若后期触觉传感在人形机器人上渗透不及预期, 则会影响触觉传感器未来的远期空间。

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格
分析师声明

作者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，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，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

本报告仅供国泰海通证券股份有限公司（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本公司的当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。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、价值及投资收入可升可跌。过往表现不应作为日后的表现依据。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。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

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。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也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。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离墙控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司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或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告作为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“国泰海通证券研究”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息或进而交易本报告中提及的证券。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议，本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

评级说明

		评级	说明
投资建议的比较标准 投资评级分为股票评级和行业评级。 以报告发布后的 12 个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后的 12 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的沪深 300 指数涨跌幅为基准。	股票投资评级	增持	相对沪深 300 指数涨幅 15%以上
		谨慎增持	相对沪深 300 指数涨幅介于 5%~15%之间
		中性	相对沪深 300 指数涨幅介于-5%~5%
		减持	相对沪深 300 指数下跌 5%以上
		增持	明显强于沪深 300 指数
	行业投资评级	中性	基本与沪深 300 指数持平
		减持	明显弱于沪深 300 指数

国泰海通证券研究所

	上海	深圳	北京
地址	上海市静安区新闻路 669 号博华广场 20 层	深圳市福田区益田路 6003 号荣超商务中心 B 栋 27 层	北京市西城区金融大街甲 9 号 金融街中心南楼 18 层
邮编	200041	518026	100032
电话	(021) 38676666	(0755) 23976888	(010) 83939888
E-mail:	gtjaresearch@gtht.com		

触觉传感为牵引，多维布局机器人传感器塑造第二曲线

——汉威科技首次覆盖报告

汉威科技(300007)

电子元器件/信息科技

首次覆盖

谨慎增持

评级

目标价格

41.07

当前价格:

37.88



肖群稀(分析师)



021-38676666

登记编号 S0880522120001

舒迪(分析师)

021-38676666

S0880521070002

李启文(分析师)

021-38676666

S0880524060001

本报告导读:

气体传感器奠基，逐步成长为平台型传感器公司；以触觉传感器为牵引进军机器人赛道，同时前瞻布局 IMU、视觉、力传感器和嗅觉传感器等产品。

投资要点:

- 投资建议：首次覆盖，给予谨慎增持评级。预计公司 2025/2026/2027 年 EPS 分别为 0.37/0.46/0.55 元。参考可比公司 2025 年 PE 均值为 111 倍，给予公司 2025 年 111 倍 PE，对应目标价为 41.07 元。首次覆盖，给予谨慎增持评级。
- 气体传感器奠基，逐步成长为平台型传感器公司。公司成立于 1998 年，气体传感器起家，陆续延伸至煤矿仪表（2006 年）、触觉传感器（子公司苏州能斯达，2013 年参股、2016 年控股）。截至当前，公司传感器版图已覆盖气体、压力（触觉）、流量、温度、湿度、光电、加速度等门类，迈向平台化布局。此外基于传感器，公司还向下延伸至仪表，当前主要聚焦石化、电力、冶金、燃气等行业。基于传感器，公司完成了“传感器+监测终端+数据采集+空间信息技术+云应用+AI”的全产业链布局模式”，通过系统解决方案的协同效应提升了整体竞争力。
- 短期业绩承压，25Q1 逐步向好。2024 年，公司实现营收 22.28 亿元/同比-2.61%，归母净利润 0.77 亿元/同比-41.38%。24 年业绩短期承压主因研发投入增加及新业务尚未规模化量产。25Q1，公司实现营收 6.03 亿元/同比+1.54%，归母净利润 0.17 亿元/同比+16.91%，主要系传统业务修复及新业务减亏，公司经营拐点逐步显现。
- 以触觉传感器为牵引进军机器人赛道，同时前瞻布局 IMU、视觉、力传感器和嗅觉传感器等产品。依托控股子公司苏州能斯达，公司积极布局柔性触觉传感器赛道，公司具备压力、压电、应变和织物等多技术路线储备，柔性电子皮肤产品与多家机器人厂商对接，并已向部分机器人厂家小批供货。除触觉传感器外，公司依托过去的传感器基础，前瞻布局惯性测量单元（IMU）、MEMS 压力应变片（应用于力传感器）、非制冷红外热成像模组和嗅觉传感器，构建起覆盖“触觉-平衡-力控-嗅觉”的多维产品矩阵，为机器人提供一揽子传感器解决方案。
- 风险提示：机器人产品推进不及预期，行业竞争加剧，下游需求增长不及预期。

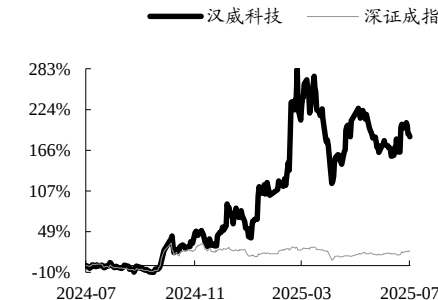
交易数据

52 周内股价区间（元）	12.04-50.90
总市值（百万元）	12,404
总股本/流通 A 股（百万股）	327/283
流通 B 股/H 股（百万股）	0/0

资产负债表摘要(LF)

股东权益（百万元）	2,854
每股净资产（元）	8.72
市净率（现价）	4.3
净负债率	8.63%

52周股价走势图



升幅(%)	1M	3M	12M
绝对升幅	4%	5%	185%
相对指数	0%	3%	164%

财务摘要(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
营业总收入	2,287	2,228	2,585	2,930	3,265
(+/-)%	-4.5%	-2.6%	16.0%	13.3%	11.4%
净利润(归母)	131	77	122	151	181
(+/-)%	-52.6%	-41.4%	59.1%	23.5%	20.0%
每股净收益(元)	0.40	0.23	0.37	0.46	0.55
净资产收益率(%)	4.6%	2.7%	4.2%	5.0%	5.7%
市盈率(现价&最新股本摊薄)	94.83	161.76	101.70	82.38	68.63

请务必阅读正文之后的免责条款部分

财务预测表

资产负债表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E	利润表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
货币资金	1,193	696	953	1,133	1,568	营业总收入	2,287	2,228	2,585	2,930	3,265
交易性金融资产	100	0	50	70	25	营业成本	1,597	1,563	1,781	1,983	2,171
应收账款及票据	1,281	1,425	1,435	1,623	1,742	税金及附加	23	23	26	29	33
存货	415	470	481	514	531	销售费用	210	219	246	275	304
其他流动资产	348	395	435	462	498	管理费用	191	213	240	270	297
流动资产合计	3,337	2,986	3,354	3,802	4,363	研发费用	191	211	246	272	300
长期投资	170	218	248	268	278	EBIT	187	92	149	181	213
固定资产	1,440	1,538	1,546	1,497	1,392	其他收益	150	138	155	161	163
在建工程	128	78	39	60	73	公允价值变动收益	0	0	0	0	0
无形资产及商誉	571	570	591	505	488	投资收益	-9	3	13	3	3
其他非流动资产	549	690	640	571	445	财务费用	11	21	4	2	-2
非流动资产合计	2,858	3,094	3,064	2,901	2,677	减值损失	-49	-52	-75	-95	-125
总资产	6,194	6,080	6,418	6,703	7,040	资产处置损益	0	0	0	0	0
短期借款	444	222	172	222	322	营业利润	155	66	136	167	204
应付账款及票据	745	808	864	977	1,073	营业外收支	3	8	9	12	11
一年内到期的非流动负债	171	239	236	236	236	所得税	25	20	22	27	32
其他流动负债	503	453	539	604	667	净利润	133	54	123	152	183
流动负债合计	1,862	1,722	1,812	2,040	2,299	少数股东损益	2	-23	1	2	2
长期借款	324	432	582	532	482	归属母公司净利润	131	77	122	151	181
应付债券	0	0	0	0	0	主要财务比率					
租赁债券	12	12	14	14	14	ROE(摊薄,%)	4.6%	2.7%	4.2%	5.0%	5.7%
其他非流动负债	815	740	749	749	749	ROA(%)	2.2%	0.9%	2.0%	2.3%	2.7%
非流动负债合计	1,151	1,184	1,345	1,295	1,245	ROIC(%)	3.8%	1.6%	3.0%	3.5%	4.0%
总负债	3,013	2,907	3,157	3,336	3,544	销售毛利率(%)	30.2%	29.9%	31.1%	32.3%	33.5%
实收资本(或股本)	327	327	327	327	327	EBIT Margin(%)	8.2%	4.1%	5.8%	6.2%	6.5%
其他归母股东权益	2,523	2,510	2,596	2,701	2,828	销售净利率(%)	5.8%	2.4%	4.8%	5.2%	5.6%
归属母公司股东权益	2,851	2,837	2,923	3,029	3,155	资产负债率(%)	48.6%	47.8%	49.2%	49.8%	50.3%
少数股东权益	330	336	337	339	341	存货周转率(次)	3.7	3.5	3.7	4.0	4.2
股东权益合计	3,181	3,174	3,260	3,368	3,496	应收账款周转率(次)	2.0	1.7	1.8	1.9	2.0
总负债及总权益	6,194	6,080	6,418	6,703	7,040	总资产周转率(次)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
现金流量表(百万元)						净利润现金含量	0.7	1.0	3.8	2.6	2.8
经营活动现金流	88	79	459	398	504	资本支出/收入	9.7%	6.7%	9.3%	4.5%	5.1%
投资活动现金流	-125	-297	-257	-155	-47	EV/EBITDA	17.38	23.08	28.02	24.86	21.88
筹资活动现金流	-51	-281	55	-63	-22	P/E(现价&最新股本摊薄)	94.83	161.76	101.70	82.38	68.63
汇率变动影响及其他	0	1	0	0	0	P/B(现价)	4.35	4.37	4.24	4.10	3.93
现金净增加额	-87	-499	257	180	435	P/S(现价)	5.42	5.57	4.80	4.23	3.80
折旧与摊销	190	207	296	313	330	EPS-最新股本摊薄(元)	0.40	0.23	0.37	0.46	0.55
营运资本变动	-298	-265	-31	-164	-138	DPS-最新股本摊薄(元)	0.10	0.07	0.11	0.14	0.16
资本性支出	-222	-149	-241	-133	-165	股息率(现价,%)	0.3%	0.2%	0.3%	0.4%	0.4%

数据来源: Wind, 公司公告, 国泰海通证券研究

表 1: 可比公司估值对比

公司代码	公司名称	市值(亿元) 2025/7/7	归母净利润 (亿元)				PE			
			2024A	2025E	2026E	2027E	2024A	2025E	2026E	2027E
603662.SH	柯力传感	173.2	2.61	3.50	4.17	4.95	66	50	42	35
688582.SH	芯动联科	266.1	2.22	3.25	4.41	5.91	120	82	60	45
688322.SH	奥比中光-UW	232.9	-0.63	1.15	2.47	3.25	-	202	94	72
平均值							93	111	65	51
300007.SZ	汉威科技	124.0	0.77	1.22	1.51	1.81	162	102	82	69

数据来源: Wind、国泰海通证券研究

注: 可比公司 2025-2027 年归母净利润均取自 Wind 一致预期, 汉威科技归母净利润来自国泰海通证券预测。

涂布复合材料先驱，进军电子皮肤赛道

福莱新材(605488)

基础化工/原材料

——福莱新材首次覆盖报告

首次覆盖

谨慎增持

评级

目标价格

32.68

当前价格:

30.52

肖群稀(分析师)	刘威(分析师)	李启文(分析师)
021-38676666	021-38676666	021-38676666
登记编号 S0880522120001	S0880525040100	S0880524060001

本报告导读:

主业稳步复苏并积极开拓电子功能级材料，进军电子皮肤塑造第二成长曲线并加速产品迭代。

投资要点:

- 投资建议: 首次覆盖，给予谨慎增持评级。预计公司 2025/2026/2027 年 EPS 分别为 0.43/0.51/0.68 元。参考可比公司 2025 年 PE 均值为 76 倍，给予公司 2025 年 76 倍 PE，对应目标价为 32.68 元。首次覆盖，给予谨慎增持评级。
- 功能性涂布复合材料领先企业，创新驱动产业升级。公司深耕功能性涂布复合材料，主营产品包括各类印刷材料、电子级功能材料、功能基膜材料等。公司构建了从上游基膜、胶水到下游涂层工艺的完整产业布局，在全国布局两大产地、三大销售区域、五大储运中心。公司技术研发实力持续精进且成效显著，成功研发多项高性能电子级功能材料。2024 年新增专利 45 项，新增新产品 10 项，110 项新项目完成省级新产品试制验收。
- 公司盈利能力稳步改善。受益于各业务板块收入增长，公司 24 年营收 25.40 亿元/+19.23%，归母净利 1.39 亿元/+98.42%；扣非归母 0.46 亿元/-8.88%。25Q1 营收 6.03 亿元/+7.89%，归母净利 0.35 亿元/+18.11%。24 年毛利率 13.38%/同比-0.06pct；净利率 5.48%/同比+2.19pct。25Q1 毛利率 15.99%/同比-0.19pct，净利率 5.78%/同比+0.5pct。
- 进军电子皮肤塑造第二成长曲线，产品加速迭代。电子皮肤是公司涂布技术的延展升级，公司最早于 2017 年开始布局相关产品、2021 年取得鉴定证书。2025 年 2 月发布以压阻式触觉传感器为核心的可定制化初代电子皮肤产品，实现 0.2 毫米超薄厚度与多感应功能。2025 年 4 月首条中试产线建成，并已与灵巧手与本体机器人有需求的头部客户完成对接与小批订单任务。2025 年 6 月中试产线实现批量供货且公司发布第二代电子皮肤产品：采用“全柔性”设计，可贴合各种复杂曲面；实现“全曲面”覆盖，达成灵巧手全域触觉感知；实现“三维力”矢量感知，精准捕捉与解析多方向作用力。
- 风险提示: 电子皮肤业务进展不及预期、主业需求下滑、行业竞争加剧、估值水平偏高。

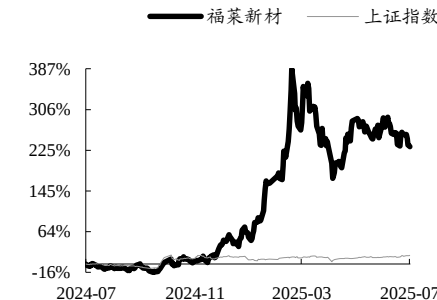
交易数据

52 周内股价区间 (元)	10.80-62.50
总市值 (百万元)	8,607
总股本/流通 A 股 (百万股)	282/277
流通 B 股/H 股 (百万股)	0/0

资产负债表摘要(LF)

股东权益 (百万元)	1,549
每股净资产 (元)	5.49
市净率 (现价)	5.6
净负债率	56.37%

52周股价走势图



升幅(%)	1M	3M	12M
绝对升幅	-15%	-0%	233%
相对指数	-18%	-4%	215%

财务摘要(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
营业总收入	2,131	2,541	3,234	3,665	4,050
(+/-)%	12.1%	19.2%	27.3%	13.3%	10.5%
净利润(归母)	70	139	122	143	191
(+/-)%	-7.1%	98.4%	-12.2%	17.3%	33.3%
每股净收益(元)	0.25	0.49	0.43	0.51	0.68
净资产收益率(%)	5.5%	9.8%	7.8%	8.7%	10.8%
市盈率(现价&最新股本摊薄)	122.70	61.84	70.45	60.06	45.06

财务预测表

资产负债表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E	利润表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
货币资金	534	335	398	615	854	营业总收入	2,131	2,541	3,234	3,665	4,050
交易性金融资产	21	100	80	70	90	营业成本	1,845	2,201	2,763	3,114	3,433
应收账款及票据	362	518	580	655	707	税金及附加	9	10	13	15	16
存货	200	256	284	314	329	销售费用	55	61	76	84	89
其他流动资产	263	252	359	403	448	管理费用	85	109	133	147	158
流动资产合计	1,380	1,461	1,701	2,056	2,428	研发费用	92	93	113	125	134
长期投资	10	10	15	21	26	EBIT	68	67	145	167	216
固定资产	732	1,234	1,410	1,428	1,393	其他收益	32	18	32	24	41
在建工程	469	644	465	352	242	公允价值变动收益	0	-2	0	0	0
无形资产及商誉	126	124	139	168	200	投资收益	1	-2	3	0	0
其他非流动资产	174	31	57	64	63	财务费用	4	16	14	14	12
非流动资产合计	1,511	2,043	2,086	2,033	1,924	减值损失	-9	-19	-27	-38	-45
总资产	2,891	3,504	3,787	4,089	4,352	资产处置损益	0	102	0	0	0
短期借款	214	462	512	542	562	营业利润	65	149	130	153	204
应付账款及票据	590	550	739	842	913	营业外收支	0	0	0	0	0
一年内到期的非流动负债	93	185	177	177	177	所得税	-3	28	20	23	31
其他流动负债	158	179	213	254	281	净利润	69	122	111	130	174
流动负债合计	1,055	1,376	1,641	1,815	1,932	少数股东损益	-2	-17	-11	-13	-17
长期借款	231	435	455	555	605	归属母公司净利润	70	139	122	143	191
应付债券	261	181	61	11	0	主要财务比率					
租赁债券	7	5	3	1	1	ROE(摊薄,%)	5.5%	9.8%	7.8%	8.7%	10.8%
其他非流动负债	3	5	5	5	5	ROA(%)	2.9%	3.8%	3.0%	3.3%	4.1%
非流动负债合计	502	625	523	571	611	ROIC(%)	3.3%	2.0%	4.3%	4.8%	5.8%
总负债	1,556	2,002	2,164	2,386	2,543	销售毛利率(%)	13.4%	13.4%	14.6%	15.0%	15.2%
实收资本(或股本)	188	195	282	282	282	EBIT Margin(%)	3.2%	2.6%	4.5%	4.6%	5.3%
其他归母股东权益	1,083	1,230	1,275	1,368	1,492	销售净利率(%)	3.2%	4.8%	3.4%	3.6%	4.3%
归属母公司股东权益	1,271	1,425	1,557	1,650	1,774	资产负债率(%)	53.8%	57.1%	57.1%	58.4%	58.4%
少数股东权益	63	77	66	53	36	存货周转率(次)	11.3	9.6	10.2	10.4	10.7
股东权益合计	1,335	1,502	1,623	1,703	1,809	应收账款周转率(次)	6.5	5.8	5.9	5.9	5.9
总负债及总权益	2,891	3,504	3,787	4,089	4,352	总资产周转率(次)	0.9	0.8	0.9	0.9	1.0
现金流量表(百万元)						净利润现金含量	1.3	-0.1	2.5	2.3	2.0
经营活动现金流	88	-7	301	328	381	资本支出/收入	28.9%	23.6%	5.3%	3.0%	1.8%
投资活动现金流	-603	-700	-168	-119	-112	EV/EBITDA	29.45	33.24	30.78	26.53	21.80
筹资活动现金流	588	446	-70	7	-30	P/E(现价&最新股本摊薄)	122.70	61.84	70.45	60.06	45.06
汇率变动影响及其他	1	3	0	0	0	P/B(现价)	6.77	6.04	5.53	5.22	4.85
现金净增加额	75	-258	63	217	239	P/S(现价)	4.04	3.39	2.66	2.35	2.13
折旧与摊销	47	85	161	183	201	EPS-最新股本摊薄(元)	0.25	0.49	0.43	0.51	0.68
营运资本变动	-33	-169	-2	-44	-61	DPS-最新股本摊薄(元)	0.13	0.17	0.15	0.18	0.24
资本性支出	-617	-599	-172	-112	-75	股息率(现价,%)	0.4%	0.6%	0.5%	0.6%	0.8%

数据来源: Wind, 公司公告, 国泰海通证券研究

表 1: 可比公司估值对比

公司代码	公司名称	市值(亿元)	归母净利润（亿元）					PE			
			2025/7/5	2024A	2025E	2026E	2027E	2024A	2025E	2026E	2027E
300806.SZ	斯迪克	70.0	0.55	1.36	2.32	3.33	128	52	30	21	
300007.SZ	汉威科技	124.0	0.77	1.18	1.45	1.75	162	105	86	71	
603121.SH	华培动力	78.4	0.66	1.11	1.49	1.78	119	71	53	44	
平均值							136	76	56	45	
605488.SH	福莱新材	86.1	1.39	1.22	1.43	1.91	62	70	60	45	

数据来源: Wind、国泰海通证券研究

注: 可比公司 2025-2027 年归母净利润均取自 Wind 一致预期, 福莱新材归母净利润来自国泰海通证券预测。

发力汽车智能座舱，进军机器人电子皮肤

——日盈电子首次覆盖

日盈电子(603286)

运输设备业/可选消费品

首次覆盖

评级

增持

目标价格

34.85

当前价格:

27.99

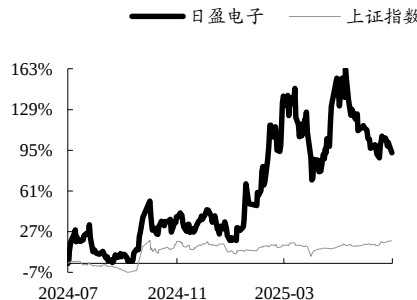
交易数据

52 周内股价区间（元）	14.51-38.18
总市值（百万元）	3,287
总股本/流通 A 股（百万股）	117/115
流通 B 股/H 股（百万股）	0/0

资产负债表摘要(LF)

股东权益（百万元）	871
每股净资产（元）	7.41
市净率（现价）	3.8
净负债率	28.52%

52周股价走势图



升幅(%)	1M	3M	12M
绝对升幅	-10%	2%	87%
相对指数	-12%	-10%	69%

肖群稀(分析师)	刘一鸣(分析师)	李启文(分析师)
021-38676666	021-38676666	021-38676666
登记编号 S0880522120001	S0880525040050	S0880524060001

本报告导读:

发力汽车智能座舱，持续提升单车可供产品价值量；进军机器人电子皮肤与柔性线速塑造第二成长曲线。

投资要点:

- 投资建议：首次覆盖，给予增持评级。预计公司 2025/2026/2027 年营业收入分别为 11.69/14.45/17.87 亿元，归母净利分别为 0.12/0.22/0.33 亿元。考虑到公司盈利相对较少，采取 PS 估值。参考可比公司 2025 年 PS 均值为 4.47，谨慎起见，给予公司 2025 年 3.5 倍 PS，目标市值 40.92 亿元，对应目标价为 34.85 元。首次覆盖，给予增持评级。
- 深耕摩托车与汽车领域，产品布局日趋完善。公司成立于 1998 年，以摩托车线束起家，逐步拓展至汽车领域；产品也逐步扩展至传感器、洗涤系统、结构件等。截至目前，公司形成了“感知-传输-控制-执行”的产品体系，涵盖传感器、线束、控制器等组件。依托传感器基础，公司以电子皮肤为切入点进入机器人领域，开辟第二成长曲线。
- 营收持续增长，现金流稳步改善。围绕智能座舱，公司大力拓展传感器、线束、控制器等产品。PM2.5、雨量、光线、水温、座椅位置等传感器相继获得车企定点。此外向上延伸参股投资车规芯片生厂商泰矽微，提升公司执行器与传感器产品竞争力。通过持续的产品开拓，公司营收持续增长，24 年和 25Q1 营收分别实现 27.4%和 24.6%的同比增长。受汽车产业链降本及公司 5G 智能化汽车零部件产业园验收影响，公司盈利改善有限。但通过持续优化管理与提升生产效率及供应商管理，公司经营现金流明显改善，24 年公司经营现金流净额为 6377.3 万，同比增长 1006.6%。
- 依托传感器基础及汽车客户优势，切入机器人赛道塑造第二曲线。依托温度及压力传感器基础，公司积极开发以柔性触觉传感器为代表的电子皮肤切入机器人领域。2025 年 3 月，公司压阻式电子皮肤样品研发成功，磁电式正在研发阶段。除电子皮肤外，公司也顺势拓展机器人柔性线束产品持续丰富产品矩阵。同时，公司利用北美本土化布局优势积极开拓海外客户。
- 风险提示：机器人业务拓展不及预期、关税变动、汽车行业竞争加剧。

财务摘要(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
营业总收入	762	971	1,169	1,445	1,787
(+/-)%	7.1%	27.4%	20.4%	23.6%	23.7%
净利润(归母)	8	11	12	22	33
(+/-)%	145.9%	41.4%	10.4%	78.9%	49.5%
每股净收益(元)	0.07	0.10	0.11	0.19	0.28
净资产收益率(%)	0.9%	1.3%	1.4%	2.5%	3.6%
市盈率(现价&最新股本摊薄)	413.77	292.54	264.99	148.16	99.12

财务预测表

资产负债表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E	利润表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
货币资金	444	219	403	376	460	营业总收入	762	971	1,169	1,445	1,787
交易性金融资产	0	50	30	65	55	营业成本	620	790	944	1,160	1,428
应收账款及票据	241	335	367	441	526	税金及附加	5	9	9	12	14
存货	191	209	260	312	374	销售费用	19	29	35	42	50
其他流动资产	38	113	89	128	145	管理费用	62	85	101	121	148
流动资产合计	914	925	1,149	1,322	1,560	研发费用	42	40	49	59	71
长期投资	20	22	24	26	28	EBIT	12	18	25	39	58
固定资产	259	580	539	525	474	其他收益	5	10	9	12	16
在建工程	307	62	8	12	21	公允价值变动收益	0	0	0	0	0
无形资产及商誉	132	124	116	108	101	投资收益	2	6	5	4	6
其他非流动资产	53	123	124	116	117	财务费用	4	8	5	3	3
非流动资产合计	770	911	811	787	741	减值损失	-8	-10	-21	-29	-40
总资产	1,685	1,836	1,960	2,109	2,301	资产处置损益	0	0	0	0	0
短期借款	443	380	430	430	450	营业利润	9	16	19	36	55
应付账款及票据	261	383	425	530	656	营业外收支	0	1	0	0	0
一年内到期的非流动负债	50	52	52	52	52	所得税	-3	0	1	2	4
其他流动负债	42	69	73	92	114	净利润	12	17	19	34	51
流动负债合计	796	885	981	1,105	1,273	少数股东损益	4	6	7	12	18
长期借款	0	30	40	40	20	归属母公司净利润	8	11	12	22	33
应付债券	0	0	0	0	0	主要财务比率					
租赁债券	0	7	8	6	9	ROE(摊薄,%)	0.9%	1.3%	1.4%	2.5%	3.6%
其他非流动负债	12	22	23	23	23	ROA(%)	0.8%	1.0%	1.0%	1.7%	2.3%
非流动负债合计	12	59	70	68	51	ROIC(%)	1.1%	1.3%	1.7%	2.5%	3.6%
总负债	808	943	1,052	1,173	1,325	销售毛利率(%)	18.7%	18.6%	19.3%	19.7%	20.1%
实收资本(或股本)	114	117	117	117	117	EBIT Margin(%)	1.5%	1.8%	2.1%	2.7%	3.2%
其他归母股东权益	743	757	765	780	803	销售净利率(%)	1.5%	1.8%	1.6%	2.4%	2.9%
归属母公司股东权益	857	873	883	898	921	资产负债率(%)	48.0%	51.4%	53.7%	55.6%	57.6%
少数股东权益	19	19	26	38	56	存货周转率(次)	3.4	4.0	4.0	4.1	4.2
股东权益合计	877	892	909	936	976	应收账款周转率(次)	3.4	3.4	3.3	3.6	3.7
总负债及总权益	1,685	1,836	1,960	2,109	2,301	总资产周转率(次)	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8
现金流量表(百万元)						净利润现金含量	0.7	5.7	8.4	4.4	4.3
经营活动现金流	6	64	104	98	143	资本支出/收入	17.6%	13.5%	-1.9%	4.5%	2.1%
投资活动现金流	-135	-258	30	-108	-42	EV/EBITDA	51.36	31.05	28.74	24.44	20.59
筹资活动现金流	479	-34	50	-18	-16	P/E(现价&最新股本摊薄)	413.77	292.54	264.99	148.16	99.12
汇率变动影响及其他	1	1	1	0	0	P/B(现价)	3.83	3.76	3.72	3.66	3.57
现金净增加额	350	-226	184	-27	84	P/S(现价)	4.31	3.39	2.81	2.27	1.84
折旧与摊销	47	64	94	102	105	EPS-最新股本摊薄(元)	0.07	0.10	0.11	0.19	0.28
营运资本变动	-59	-28	-34	-71	-55	DPS-最新股本摊薄(元)	0.03	0.03	0.03	0.06	0.09
资本性支出	-134	-131	22	-65	-37	股息率(现价,%)	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%

数据来源: Wind, 公司公告, 国泰海通证券研究

表 1: 可比公司估值对比

公司代码	公司名称	市值 (亿元)	营业收入 (亿元)					PS				
		2025/7/7	2023	2024	2025E	2026E	2027E	2023	2024	2025E	2026E	2027E
300969.SZ	恒帅股份	72.0	9.23	9.62	11.34	13.52	16.00	7.80	7.48	6.35	5.33	4.50
832978.BJ	开特股份	41.9	6.53	8.26	10.43	13.58	16.57	6.41	5.07	4.02	3.09	2.53
300007.SZ	汉威科技	123.0	22.87	22.28	25.57	28.95	32.32	5.38	5.52	4.81	4.25	3.81
605488.SH	福莱新材	83.3	21.31	25.41	31.06	35.28	39.99	3.91	3.28	2.68	2.36	2.08
均值								5.87	5.34	4.47	3.76	3.23
603286.SH	日盈电子	32.9	7.62	9.71	11.69	14.45	17.87	4.31	3.39	2.81	2.27	1.84

数据来源: Wind、国泰海通证券研究

注: 可比公司 2025-2027 年营收均取自 Wind 一致预期, 日盈电子营业收入来自国泰海通证券预测。

加速汽车传感器国产替代，前瞻布局机器人力传感器

——安培龙首次覆盖报告

安培龙(301413)

机械制造业/可选消费品

首次覆盖

评级

增持

目标价格

97.60

当前价格:

71.70



肖群稀(分析师)

李启文(分析师)



021-38676666

021-38676666

登记编号 S0880522120001

S0880524060001

本报告导读:

公司为国内领先的传感器制造商，加速推进汽车领域传感器国产化；依托传感器基础及汽车客户资源，赋能机器人业务，实现从“车”到“人”的跨越式发展。

投资要点:

- 投资建议：首次覆盖，给予增持评级。预计公司 2025/2026/2027 年 EPS 分别为 1.22/1.54/1.95 元。参考可比公司 2025 年 PE 均值为 84 倍，谨慎起见给予公司 2025 年 80 倍 PE，对应目标价为 97.6 元。首次覆盖，给予增持评级。
- 国内领先的传感器制造商，产品布局完善。公司成立于 1999 年，主营产品包括压力、热敏电阻及温度、氧和力传感器产品矩阵，2019 年公司被认定为工信部首批专精特新“小巨人”企业。公司依托从敏感陶瓷材料、MEMS 技术到传感器模组的垂直一体化产业链，为汽车、家电、储能、工控及机器人等下游领域提供丰富的传感器产品矩阵，核心竞争力突出。
- 业绩稳健增长，25Q1 延续高增态势。公司 2024 年营收 9.40 亿元/同比+25.93%，归母净利 0.83 亿元/同比+3.44%，毛利率 32.20%/同比+0.41pct。24 年压力传感器业务表现亮眼，实现营收 4.68 亿元/同比+32.17%，公司已成为国内车规级压力传感器进口替代的领先企业。公司 25Q1 营收 2.61 亿元/同比+42.15%，归母净利 0.2 亿元/同比+59.49%。公司 25Q1 延续高增态势，主要系下游压力传感器客户需求增长拉动。
- 研发+生产双轮驱动前瞻布局机器人赛道，塑造第二成长曲线。依托压力传感器基础，公司与天机芯能合作研发基于 MEMS 应变片+玻璃微熔工艺的力矩传感器。公司可用于机器人的单向力传感器和力矩传感器已完成开发，其中力矩传感器处在客户技术对接及样品交付验证阶段。六维力传感器正处于研发阶段。2025 年，公司机器人力传感器业务构建了上海子公司研发+试验，深圳总部制造交付的布局。公司计划筹建一条机器人用力传感器生产线，以具备批量生产能力。
- 风险提示：机器人产品拓展不及预期，行业竞争加剧，下游需求下滑。

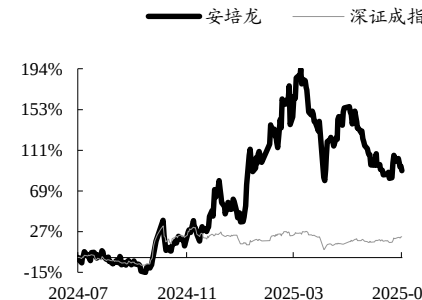
交易数据

52 周内股价区间（元）	32.11-111.79
总市值（百万元）	7,055
总股本/流通 A 股（百万股）	98/53
流通 B 股/H 股（百万股）	0/0

资产负债表摘要(LF)

股东权益（百万元）	1,227
每股净资产（元）	12.47
市净率（现价）	5.8
净负债率	19.61%

52周股价走势图



升幅(%)	1M	3M	12M
绝对升幅	-6%	-17%	90%
相对指数	-9%	-18%	68%

财务摘要(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
营业总收入	747	940	1,176	1,446	1,774
(+/-)%	19.4%	25.9%	25.1%	22.9%	22.7%
净利润(归母)	80	83	120	151	192
(+/-)%	-10.5%	3.4%	45.5%	25.7%	26.9%
每股净收益(元)	0.81	0.84	1.22	1.54	1.95
净资产收益率(%)	7.0%	6.9%	9.4%	10.9%	12.7%
市盈率(现价&最新股本摊薄)	88.31	85.38	58.69	46.68	36.78

请务必阅读正文之后的免责条款部分

财务预测表

资产负债表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E	利润表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
货币资金	580	171	396	406	344	营业总收入	747	940	1,176	1,446	1,774
交易性金融资产	0	0	0	0	0	营业成本	510	637	794	972	1,190
应收账款及票据	368	447	536	634	748	税金及附加	4	9	7	7	9
存货	200	295	332	385	453	销售费用	18	24	29	35	41
其他流动资产	49	47	80	95	118	管理费用	61	90	107	127	156
流动资产合计	1,196	961	1,345	1,519	1,663	研发费用	47	63	76	91	108
长期投资	0	0	0	0	0	EBIT	105	104	134	168	213
固定资产	737	806	800	768	801	其他收益	10	13	12	15	17
在建工程	49	27	52	48	66	公允价值变动收益	0	0	0	0	0
无形资产及商誉	60	60	55	50	45	投资收益	0	0	0	0	0
其他非流动资产	59	117	113	118	134	财务费用	14	11	3	2	0
非流动资产合计	904	1,010	1,020	983	1,046	减值损失	-12	-27	-40	-60	-73
总资产	2,100	1,971	2,365	2,503	2,709	资产处置损益	0	0	0	0	0
短期借款	222	145	245	195	255	营业利润	91	93	131	167	214
应付账款及票据	167	228	318	364	453	营业外收支	-2	-3	0	-1	-1
一年内到期的非流动负债	66	162	90	90	90	所得税	9	7	10	15	21
其他流动负债	76	85	125	124	152	净利润	80	83	120	151	192
流动负债合计	531	620	777	773	949	少数股东损益	0	0	0	0	0
长期借款	385	52	202	252	152	归属母公司净利润	80	83	120	151	192
应付债券	0	0	0	0	0	主要财务比率					
租赁债券	3	10	20	15	21	ROE(摊薄,%)	7.0%	6.9%	9.4%	10.9%	12.7%
其他非流动负债	33	82	81	81	81	ROA(%)	4.5%	4.1%	5.5%	6.2%	7.4%
非流动负债合计	421	145	304	349	255	ROIC(%)	5.2%	6.1%	6.7%	7.9%	9.5%
总负债	952	765	1,081	1,121	1,204	销售毛利率(%)	31.7%	32.2%	32.5%	32.8%	32.9%
实收资本(或股本)	76	98	98	98	98	EBIT Margin(%)	14.0%	11.0%	11.4%	11.6%	12.0%
其他归母股东权益	1,073	1,107	1,186	1,283	1,406	销售净利率(%)	10.7%	8.8%	10.2%	10.5%	10.8%
归属母公司股东权益	1,148	1,206	1,284	1,381	1,505	资产负债率(%)	45.3%	38.8%	45.7%	44.8%	44.4%
少数股东权益	0	0	0	0	0	存货周转率(次)	2.6	2.6	2.5	2.7	2.8
股东权益合计	1,148	1,206	1,284	1,381	1,505	应收账款周转率(次)	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1
总负债及总权益	2,100	1,971	2,365	2,503	2,709	总资产周转率(次)	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7
现金流量表(百万元)						净利润现金含量	1.2	1.1	1.7	1.0	1.2
经营活动现金流	96	90	199	153	233	资本支出/收入	30.1%	9.8%	8.9%	4.0%	8.9%
投资活动现金流	-225	-126	-112	-75	-183	EV/EBITDA	39.58	32.91	30.55	25.82	21.70
筹资活动现金流	672	-373	137	-69	-112	P/E(现价&最新股本摊薄)	88.31	85.38	58.69	46.68	36.78
汇率变动影响及其他	-2	1	1	0	0	P/B(现价)	6.14	5.85	5.49	5.11	4.69
现金净增加额	541	-409	225	9	-62	P/S(现价)	9.45	7.50	6.00	4.88	3.98
折旧与摊销	40	62	102	111	120	EPS-最新股本摊薄(元)	0.81	0.84	1.22	1.54	1.95
营运资本变动	-58	-91	-70	-180	-162	DPS-最新股本摊薄(元)	0.23	0.30	0.44	0.55	0.70
资本性支出	-225	-92	-105	-58	-159	股息率(现价,%)	0.3%	0.4%	0.6%	0.8%	1.0%

数据来源: Wind, 公司公告, 国泰海通证券研究

表 1: 可比公司估值对比

公司代码	公司名称	市值(亿元)	归母净利润 (亿元)					PE			
			2025/7/6	2024A	2025E	2026E	2027E	2024A	2025E	2026E	2027E
603662.SH	柯力传感	173.2		2.61	3.50	4.17	4.95	66	50	42	35
688322.SH	奥比中光-UW	232.9		-0.63	1.15	2.47	3.25	-	202	94	72
688582.SH	芯动联科	266.1		2.22	3.25	4.41	5.91	120	82	60	45
603197.SH	保隆科技	81.7		3.03	5.14	6.87	8.38	27	16	12	10
603121.SH	华培动力	78.4		0.66	1.11	1.49	1.78	119	71	53	44
	平均值							83	84	52	41
301413.SZ	安培龙	70.6		0.83	1.20	1.51	1.92	85	59	47	37

数据来源: Wind、国泰海通证券研究

注: 可比公司 2025-2027 年归母净利润均取自 Wind 一致预期, 安培龙归母净利润来自国泰海通证券预测。

主业国产替代加速，前瞻布局机器人力传感器

东华测试(300354)

资本货物/工业

——东华测试更新报告

评级:

增持

目标价格:

50.00

当前价格:

37.28



肖群稀(分析师)

李启文(分析师)



021-38676666

021-38676666

登记编号 S0880522120001

S0880524060001

本报告导读:

公司是国内领先的测试仪器供应商，持续加大研发投入推进国产替代，同时利用自身优势前瞻布局机器人力传感器打造第二增长曲线。

投资要点:

- 投资建议: 维持增持。考虑到工业下游恢复速度较慢，下调 25/26 年 EPS 为 1.25/1.63 元（原 1.62/2.05 元），新增 27 年 EPS 为 2.13 元。参考可比公司 2025 年 PE 均值为 44 倍，谨慎起见，给予公司 2025 年 40 倍 PE，上调目标价为 50 元（原 35.67 元）。维持增持评级。
- 国内领先的测试仪器供应商，持续推进国产替代。公司成立于 1993 年，为国内领先的结构力学性能研究和电化学工作站整体解决方案提供商。公司四大产品线分别为结构力学性能测试、装备 PHM 系统、电化学工作站及 AI 智能维保管理平台。上述产品线的底层支撑为传感器、数据采集与控制分析及专业分析软件，公司实现了全栈布局。公司持续加大研发投入拓展产品线，持续加速中高端领域测试仪器的国产替代。
- 业绩稳健增长，持续高研发加速国产替代。受益于国产替代推进及高校和科研机构客户需求提升，公司 2024 年营收 5.02 亿元/同比+32.8%，归母净利润 1.22 亿元/同比+38.9%，扣非净利润 1.20 亿元/同比+41.5%。25Q1 营收 1.09 亿元/同比+4.25%，归母净利润 0.29 亿元/同比+5.6%。24 年公司研发投入 0.61 亿元/同比+49.4%，占营收之比达 12.22%。公司持续加大研发投入，丰富和优化现有产品，同时推出多种高性能传感器打破进口技术垄断。
- 前瞻布局机器人力传感器，拓展第二曲线。公司将力、扭矩及多维力感知系统与自定义测控分析系统深度融合，可为机器人高精度控制提供产品与解决方案。2024 年，子公司东华校准实验室成为国内首批具备机器人多维力/力矩传感器的 CNAS 实验室。公司已展开对六维力传感器的小批量试制，应用覆盖工业/人形机器人、航空航天、汽车电子、医疗等领域。依托在测试仪器领域及传感器的深厚积淀，公司有望持续推进机器人领域布局。
- 风险提示: 机器人产品推进不及预期，行业竞争加剧，下游需求下滑。

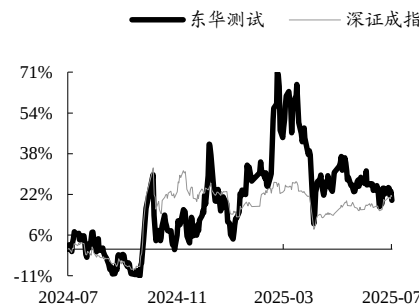
交易数据

52 周内股价区间 (元)	28.03-53.50
总市值 (百万元)	5,157
总股本/流通 A 股 (百万股)	138/81
流通 B 股/H 股 (百万股)	0/0

资产负债表摘要(LF)

股东权益 (百万元)	782
每股净资产 (元)	5.66
市净率 (现价)	6.6
净负债率	-2.33%

52周股价走势图



升幅(%)

	1M	3M	12M
绝对升幅	-6%	-13%	19%
相对指数	-9%	-15%	-2%

财务摘要(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
营业总收入	378	502	666	865	1,084
(+/-)%	3.0%	32.8%	32.6%	29.9%	25.3%
净利润(归母)	88	122	172	225	295
(+/-)%	-27.9%	38.9%	41.4%	30.8%	30.8%
每股净收益(元)	0.63	0.88	1.25	1.63	2.13
净资产收益率(%)	13.2%	16.2%	19.3%	21.0%	22.6%
市盈率(现价&最新股本摊薄)	58.77	42.31	29.91	22.87	17.49

请务必阅读正文之后的免责条款部分

财务预测表

资产负债表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E	利润表(百万元)	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
货币资金	75	63	34	12	35	营业总收入	378	502	666	865	1,084
交易性金融资产	0	0	0	0	0	营业成本	131	169	223	289	361
应收账款及票据	259	351	444	574	743	税金及附加	4	8	9	11	13
存货	170	183	258	332	417	销售费用	55	74	97	124	152
其他流动资产	60	72	102	135	161	管理费用	45	50	67	86	105
流动资产合计	564	670	839	1,054	1,355	研发费用	41	61	73	94	113
长期投资	0	0	0	0	0	EBIT	100	146	202	265	348
固定资产	118	124	129	138	140	其他收益	7	13	15	17	22
在建工程	13	13	12	15	20	公允价值变动收益	0	0	0	0	0
无形资产及商誉	16	14	13	13	13	投资收益	0	0	0	0	0
其他非流动资产	24	23	26	28	32	财务费用	0	0	-1	0	1
非流动资产合计	171	174	180	194	204	减值损失	-9	-7	-11	-14	-14
总资产	735	844	1,019	1,248	1,560	资产处置损益	0	0	0	0	0
短期借款	0	0	0	20	70	营业利润	100	145	203	266	347
应付账款及票据	11	22	24	32	40	营业外收支	0	-1	0	-1	-1
一年内到期的非流动负债	0	1	1	1	1	所得税	12	23	30	40	52
其他流动负债	53	58	92	113	131	净利润	88	121	172	225	295
流动负债合计	63	80	117	166	242	少数股东损益	0	-1	0	0	0
长期借款	0	0	0	0	0	归属母公司净利润	88	122	172	225	295
应付债券	0	0	0	0	0	主要财务比率					
租赁债券	0	1	1	1	1	ROE(摊薄,%)	13.2%	16.2%	19.3%	21.0%	22.6%
其他非流动负债	5	6	6	6	6	ROA(%)	12.3%	15.3%	18.5%	19.9%	21.0%
非流动负债合计	6	7	8	7	7	ROIC(%)	13.3%	16.1%	19.1%	20.5%	21.4%
总负债	69	87	125	173	249	销售毛利率(%)	65.5%	66.4%	66.6%	66.6%	66.7%
实收资本(或股本)	138	138	138	138	138	EBIT Margin(%)	26.5%	29.0%	30.3%	30.6%	32.1%
其他归母股东权益	526	615	753	933	1,169	销售净利率(%)	23.2%	24.1%	25.9%	26.1%	27.2%
归属母公司股东权益	664	753	891	1,071	1,307	资产负债率(%)	9.4%	10.3%	12.2%	13.9%	16.0%
少数股东权益	2	3	3	3	3	存货周转率(次)	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
股东权益合计	666	757	894	1,075	1,310	应收账款周转率(次)	1.6	1.7	1.7	1.8	1.7
总负债及总权益	735	844	1,019	1,248	1,560	总资产周转率(次)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8
现金流量表(百万元)						净利润现金含量	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2
经营活动现金流	4	38	25	35	61	资本支出/收入	7.0%	4.7%	2.5%	3.2%	2.2%
投资活动现金流	-26	-24	-21	-31	-29	EV/EBITDA	61.56	30.15	23.70	18.34	14.19
筹资活动现金流	-22	-28	-34	-26	-10	P/E(现价&最新股本摊薄)	58.77	42.31	29.91	22.87	17.49
汇率变动影响及其他	0	0	0	0	0	P/B(现价)	7.76	6.84	5.79	4.81	3.94
现金净增加额	-45	-13	-29	-22	22	P/S(现价)	13.63	10.27	7.74	5.96	4.76
折旧与摊销	10	12	14	17	18	EPS-最新股本摊薄(元)	0.63	0.88	1.25	1.63	2.13
营运资本变动	-103	-101	-173	-221	-268	DPS-最新股本摊薄(元)	0.13	0.18	0.25	0.33	0.43
资本性支出	-27	-24	-16	-28	-24	股息率(现价,%)	0.3%	0.5%	0.7%	0.9%	1.1%

数据来源: Wind, 公司公告, 国泰海通证券研究

表 1: 可比公司估值对比

公司代码	公司名称	市值(亿元)	归母净利润 (亿元)				PE			
		2025/7/5	2024A	2025E	2026E	2027E	2024A	2025E	2026E	2027E
603662.SH	柯力传感	173.2	2.61	3.50	4.17	4.95	66	50	42	35
300445.SZ	康斯特	36.2	1.25	1.52	1.79	2.24	29	24	20	16
688768.SH	容知日新	37.2	1.08	1.51	1.99	2.61	35	25	19	14
688200.SH	华峰测控	188.7	3.34	4.50	5.79	7.19	57	42	33	26
300567.SZ	精测电子	166.6	-0.98	2.14	3.60	5.52	-	78	46	30
	平均值						47	44	32	24
300354.SZ	东华测试	51.6	1.22	1.72	2.25	2.95	42	30	23	17

数据来源: Wind、国泰海通证券研究

注: 可比公司 2025-2027 年归母净利润均取自 Wind 一致预期, 东华测试归母净利润来自国泰海通证券预测。

AI人工智能产业链联盟

#每日为你摘取最重要的商业新闻#

更新 · 更快 · 更精彩



Zero

AI音乐创作人

水墨动漫联盟创始人

百脑共创联合创始人

人工智能产业链联盟创始人

中关村人才协会秘书长助理

河北北大企业家分会秘书长

墨攻星辰智能科技有限公司CEO

河北清华发展研究院智能机器人中心线上负责人

中关村人才协会数字体育与电子竞技专委会秘书长助理



主要业务:AI商业化答疑及课程应用场景探索, 各类AI产品学习手册, 答疑及课程



欢迎扫码交流

提供: 学习手册/工具/资源链接/商业化案例/行业报告/行业最新资讯及动态



人工智能产业链联盟创始人

邀请你加入星球, 一起学习

人工智能产业链联盟报告库



星主: 人工智能产业链联盟创始人

每天仅需0.5元, 即可拥有以下福利!

每周更新各类机构的最新研究成果。立志将人工智能产业链联盟打造成市面上最全的AI研究资料库, 覆盖券商、产业公司、研究院所等...

知识星球

微信扫码加入星球



本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

分析师声明

作者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，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，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

本报告仅供国泰海通证券股份有限公司（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本公司的当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。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、价值及投资收入可升可跌。过往表现不应作为日后的表现依据。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。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

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。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也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。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离墙控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司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或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告作为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“国泰海通证券研究”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息或进而交易本报告中提及的证券。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议，本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

评级说明

		评级	说明
投资建议的比较标准 投资评级分为股票评级和行业评级。 以报告发布后的 12 个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后的 12 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的沪深 300 指数涨跌幅为基准。	股票投资评级	增持	相对沪深 300 指数涨幅 15%以上
		谨慎增持	相对沪深 300 指数涨幅介于 5%~15%之间
		中性	相对沪深 300 指数涨幅介于-5%~5%
		减持	相对沪深 300 指数下跌 5%以上
	行业投资评级	增持	明显强于沪深 300 指数
		中性	基本与沪深 300 指数持平
		减持	明显弱于沪深 300 指数

国泰海通证券研究所

地址	上海市黄浦区中山南路 888 号	邮编	200011	电话	(021) 38676666
----	------------------	----	--------	----	----------------