

AI的下一个范式 ——物理AI和机器人

分析师 张一鸣

执业证书编号：S0680522070009

邮箱：zhangyiming@gszq.com

分析师 刘嘉林

执业证书编号：S0680524070005

邮箱：liujialin@gszq.com

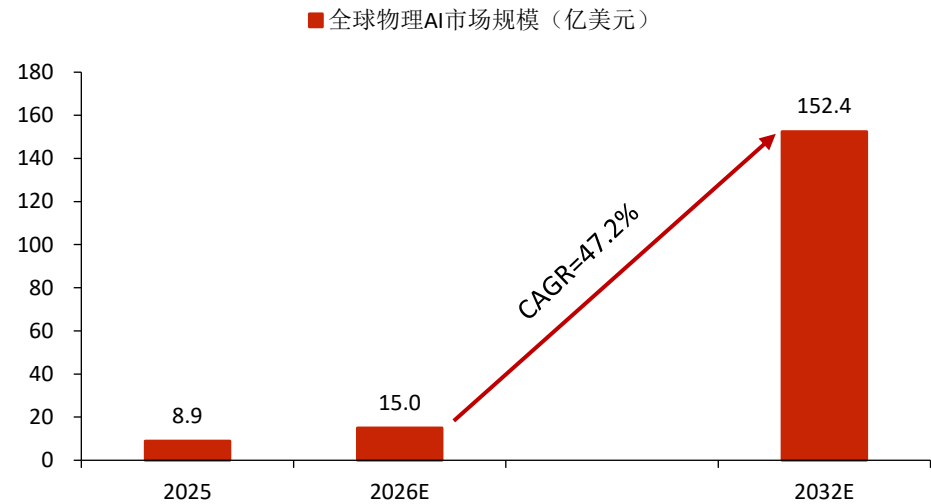
打造极致专业与效率

黄仁勋：物理AI是下一波增长浪潮

2026年6月，黄仁勋在英伟达年度股东会上明确宣告：“物理AI是英伟达的下一波增长浪潮”。他将物理AI定义为现实世界中的智能体AI——机器人、汽车和工厂都将成为能够感知、推理、规划并自主行动的实体智能体。

每一轮智能技术跃迁，都必须先完成底层基础设施的铺设。回顾互联网时代，TCP/IP协议在1970年代就已成型，但直到1990年代光纤骨干网与宽带接入完成大规模铺设，互联网应用才真正爆发。数字AI时代，2012年的计算机视觉模型AlexNet到2022年的ChatGPT，十年间模型动用的算力提升了100万倍，基础设施到位后，生成式AI才迎来应用层的井喷。物理AI依旧遵循此发展路径。

图表：全球物理AI市场规模预测



图表：AI演进的四个阶段

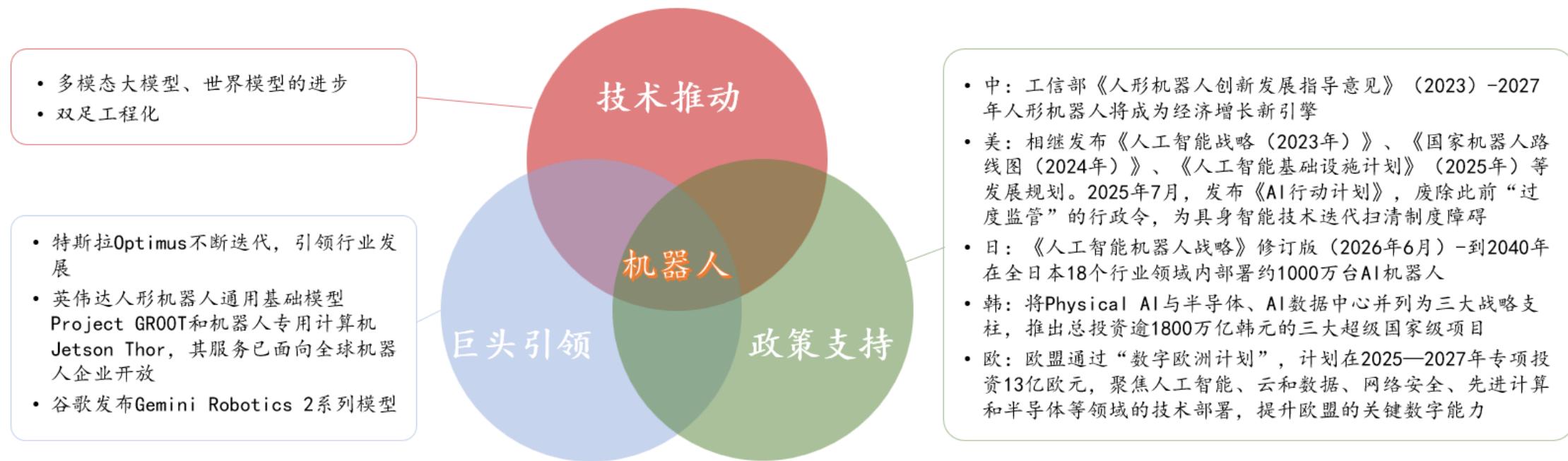
AI四阶段	能力
感知AI	专注于理解和识别，如图像、音频等
生成AI	能够生成内容，如文本、图像、音乐等
代理AI	具备自主感知、推理、规划与执行能力，能够独立完成多步骤复杂任务
物理AI	融合物理世界，不仅具备感知和决策能力，还能在物理世界中执行动作

资料来源：MarketsandMarkets, Foresightnews, 科技人，国盛证券研究所

机器人已经成为全球共识：技术推动、政策支持、巨头引领

机器人是物理**AI**的主流形态，三重共振已经形成。**1）技术推动**：多模态大模型快速迭代，双足工程化推动硬件规模化发展，核心零部件产业配套发展。**2）政策支持**：中、美、日、韩、欧等相继推出支持政策，为人工智能和机器人提供生长土壤。**3）巨头引领**：由特斯拉、英伟达、谷歌等科技巨头引领的**AI+机器人**浪潮正在逐步变为现实。

图表：机器人的三重共振



资料来源：工信部，形势政策网，电子工程专辑，韩联社，英伟达，澎湃，国盛证券研究所

物理ai（机器人）=具身模型+机械本体+数据飞轮

具身模型、机械本体、数据飞轮是机器人三大要素，缺一不可。具身模型是机器人的“大脑”，当前主流路线包括VLA（视觉-语言-动作）模型与世界模型；机械本体是机器人的“身体”，在人形机器人BOM成本中，执行器约占40%-50%，灵巧手约占14%-18%；数据飞轮是具身智能迭代的必然途径，机器人部署的场景越多，回流的真机数据越丰富，具身模型就越聪明，进而进入更多复杂场景，形成正向循环。

图表：机器人的数据飞轮

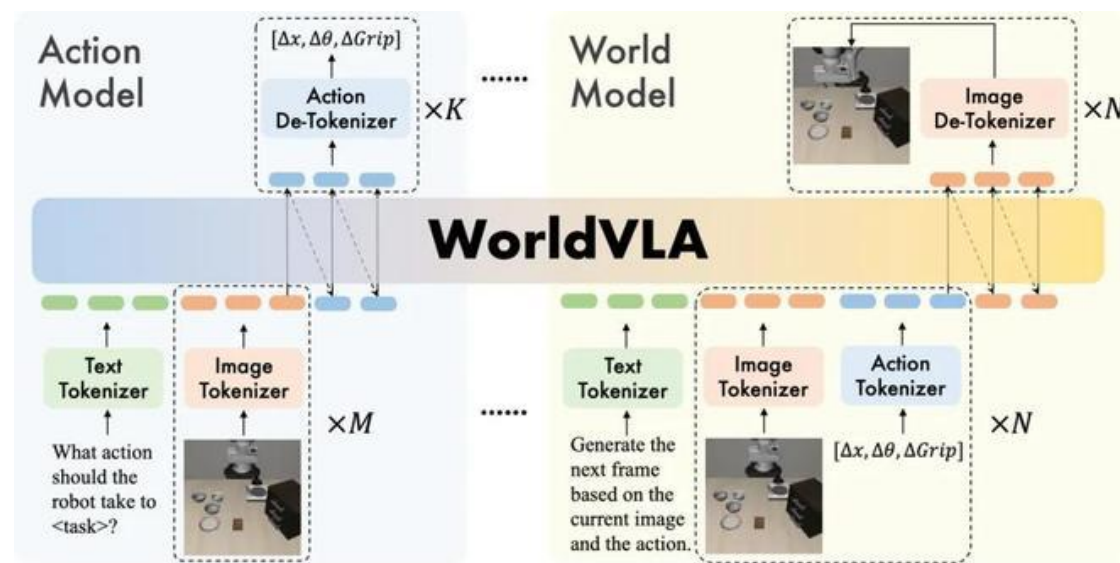


资料来源：界面新闻，智元，国盛证券研究所

具身模型的两种路线：VLA和世界模型

- **VLA（视觉-语言-动作模型）**：采用“感知-动作”直接映射架构——输入视觉图像与语言指令，直接输出动作指令，无中间推演环节。VLA优势在于语义理解能力强，推理效率高、延迟低，适配机器人实时控制需求。VLA的短板在于缺乏对物理世界因果规律的内在建模，泛化能力不足，并且难以完成需高安全性与长程规划的复杂任务。
- **世界模型**：采用“推演式”逻辑——通过学习物理规则，预测执行动作后世界状态的变化，再据此反推应采取的动作。WAM的优势在于长程任务规划能力更强、鲁棒性更优，但语义理解能力弱于VLA，推理算力开销大。
- **VLA与世界模型并非替代关系，两者有融合可能**。VLA解决的是语义理解与可解释决策，世界模型解决的是未来状态预测与推演，两者存在互补性。达摩院WorldVLA模型将世界模型与VLA融入到一个模型，实现了图像与动作的双向理解和生成。

图表：达摩院WorldVLA模型框架



数据的关键作用在机器人商业化过程中持续凸显

- 具身智能训练数据分为三层金字塔结构：底层互联网图文视频提供基础通用认知，中层仿真合成数据可规模化扩充样本、缓解数据瓶颈，顶层实体机器人采集的真实数据稀缺珍贵，是模型落地微调与性能验证的关键标尺。
- 与自动驾驶早期类似，机器人产业在进入量产阶段后，核心矛盾正从硬件成本转向数据供给。机器人在标准化仿真环境内的家务操作成功率可达89.4%，但落地到真实家庭场景后，任务完成率骤降至12%，二者存在高达77个百分点的落差。造成这一差距的核心瓶颈在于物理交互数据供给严重不足。而截至2026年初，全球合规可用的真实物理交互数据总量仅约50万小时，不足大语言模型训练数据的两万分之一。

图表：英伟达人形机器人基础模型架构中的多层次数据金字塔



资料来源：英伟达《GR00T N1: An Open Foundation Model for Generalist Humanoid Robots》，国盛证券研究所

数据的关键作用在机器人商业化过程中持续凸显

- 除了数据量不足、单位成本过高也成为制约人形机器人“大脑”发展的重要问题。机器人物理交互数据采集流程复杂度大幅提升，需搭建专属场景并同步采集关节、执行器等多维运动信息；整条采集链条既需要高价值专用硬件支撑，还需配套大量人力用于数据质控与标注，综合推高数据端整体开支。
- 目前市场上数据采集方式中，真机遥操作成本最高，单有效小时达500-1000元；无本体数据采集成本约为200-400元/有效小时，UMI采集方案的成本与之相近；Ego第一人称视角数据采集成本约为50-100元/有效小时，传统动捕的成本会再高一点。仅仿真合成数据可压低至20-50元/有效小时，而仿真数据无法替代可落地的真实物理交互样本。

图表：主流数据采集方案采集成本

方式	采集成本（元/有效小时）
真机遥操作	500-1000
无本体数据采集	200-400
Umi通用接口操作	与无本体成本相当
Ego第一人称视角	50-100
传统动作捕捉	成本略高于 Ego 采集
仿真数据	20-50

资料来源：Gangtise投研，国盛证券研究所

机器人形态多元：双足、四足、轮式、机械臂

➤ 随着下游应用场景持续拓宽，机器人整机形态逐步走向多元分化，当前市场主流产品可分为四大品类：地形适应性强、运动灵活的四足机器人；搭载完整双腿双臂结构、适配类人作业需求的双足人形机器人；主打标准化室内、室外平整场景作业的轮式机器人；固定点位部署、聚焦工业精密作业场景的固定式机械臂。

图表：机器人形态对比

比较维度	双足人形机器人	四足机器人	轮式机器人	机械臂
机动性	较强，能跨越障碍，但速度一般	极佳，可爬坡攀爬，行走稳定	高速行驶平坦地面，越野能力弱	多数固定安装，移动性差
环境适应	兼容人类工作环境（楼梯、电梯等）	适应复杂户外环境（山地、瓦砾）	仅适用于平坦硬地和室内	需配合产线环境，无法独立应对未知场景
任务灵活	双臂灵巧，可完成多种物品抓取	通常不带臂或仅辅助手臂	需搭配末端装置，主要做搬运或巡检	专业化强（焊接、装配等），变化性低
成本	较高（结构复杂、技术先进）	中高（驱动单元多、算法复杂）	相对较低（结构简单、量产化）	高（精密伺服系统及传感器成本）
维护	难度高，维护和培训成本大	较高，机械系统复杂需定期维护	低，零部件磨损少、维护简便	专业化维护，易损部件多

资料来源：芯动力AI，国盛证券研究所

四足和轮式对泛化能力要求低，可能先放量

- 四足与轮式有望率先放量，核心原因在于其商业化所需的泛化能力相对较低。四足和轮式机器人可以先聚焦于标准化场景，通过限定环境、限定任务和限定载荷降低技术难度。相比双足机器人需要同时实现稳定行走、动态平衡、双臂操作和人机协作，轮式与四足可以先在限定场景中完成“移动+感知+执行”的闭环，从而降低算法训练、系统集成和现场部署难度。
- 四足、轮式机器人商业化已有多家验证。四足赛道，中坚科技的四足机器人已推进至产线启用和订单落地阶段，七腾机器人防爆四足X3 Stable已实现量产化。轮式机器人方面，中坚科技智能割草机器人已于2025年实现小批量订单；智元机器人2025年8月与富临精工达成数千万元项目合作，近百台远征 A2-W 轮式设备落地厂区。

图表：智元机器人远征A2-W



图表：七腾机器人防爆四足机器人



图表：中坚科技智能割草机器人



资料来源：智元机器人，七腾机器人，中坚科技，国盛证券研究所

双足是终局，整车厂商有优势

- 长期来看，双足人形机器人有望成为通用具身智能的终极形态。轮式、四足机器人虽能依托限定场景率先实现商业化闭环，但底盘结构使其在复杂空间通行、多品类操作、通用工具适配等维度存在天然局限；双足机器人可无缝适配人类现有作业环境与工具，任务拓展空间更广，长期竞争核心在于实现移动、操作、人机交互与任务规划一体化融合。
- 双足机器人规模化落地高度依赖精密机电工程与大批量制造能力，整车厂商具备显著先发优势。整车厂商在电机、电控、整车供应链、品控体系的技术积淀能够大幅缩短人形机器人从样机到量产的周期，车企产线同时也是人形机器人优质早期落地场景。特斯拉弗里蒙特工厂已停用Model S/X产线，正在全面改造为Optimus专用产线；小鹏人形机器人也已在广州工厂正式开启小批量试生产。

图表：马斯克在弗里蒙特工厂参观Optimus生产线



图表：小鹏人形机器人IRON

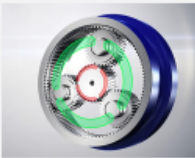
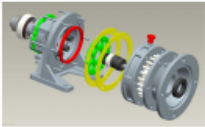
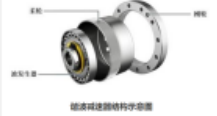
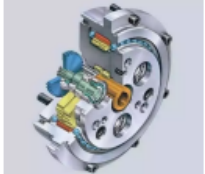


资料来源：财联社，小鹏汽车，国盛证券研究所

减速器：旋转关节的核心

- 精密减速器核心作用为降速增矩、提升精度。主流品类包含行星、摆线针轮、谐波、RV减速器。其中RV减速器由行星前级 + 摆线针轮后级构成，衍生于传统针摆行星传动。工业机器人通常采用谐波减速器与RV减速器。
- 人形机器人多采用谐波与行星减速器组合。谐波减速器减速比大、体积轻量化，搭配力矩传感器可实现高精度力控，综合性能最优，但成本偏高；行星减速器减速比偏小，同等力矩下体积重量更大，适用场景受限，不过传动刚度突出，依托电机电流环即可完成力控，能够节约配套成本。

图表：四类精密减速器介绍

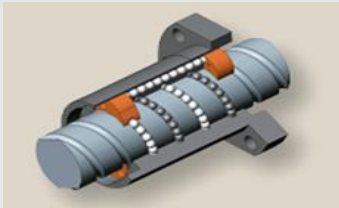
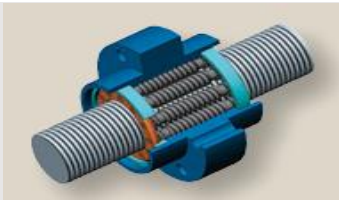
减速器种类	图例	特点
行星减速器		传动比相对较小，但制造较简单，成本低，适用于小减速比场合
摆线针轮减速器		应用行星式传动原理，采用摆线针齿啮合，较行星减速器具有更高的传动比
谐波减速器		传动比大，单级同轴可获得 50~300 的高减速比。体积小、重量轻、结构简单、零件数少、安装方便。
RV 减速器		减速比大、刚度大、耐冲击性强，承载能力强。但体积、重量较大，零件数量多，加工工艺复杂

资料来源：摩森电机，摩尔网，绿的谐波招股书，千圣传动，苏州创工品，拓江减速机，中国工控网，国盛证券研究所

丝杠：人形机器人核心精密传动零部件

- 丝杠主要功能为实现旋转运动与直线运动的相互转换，广泛应用于机器人关节与运动机构，保障设备高精度运动控制。
- 根据结构差异，丝杠可分为梯形丝杠、滚珠丝杠、行星滚柱丝杠三类，是人形机器人价值占比较高的核心零部件之一。以特斯拉 Optimus Gen3为例，单台机器人线性关节需搭载14-16根行星滚柱丝杠，单机用量大、刚需属性强。

图表：丝杠分类

丝杠分类	细分品类	图示	优势	劣势
滑动丝杠	梯形丝杠等		结构相对简单，制造成本较低，具备自锁能力	容易磨损，使用寿命相对较短，且无法达到高精度的传动效果
	滚珠丝杠		传动效率高，线性运动精度高于滑动丝杠，传动可逆，可实现高速进给和微进给，售价较滚柱丝杠低	制造难度较大，承载能力较低
	行星滚柱丝杠		在定位精度、速度、加速度、使用寿命、承载力、传动效率、刚度方面优于滚珠丝杠	结构复杂，制造难度高，制造成本高，售价高

资料来源：山东博特精工股份，穆格中国，MM自动化与驱动网，国盛证券研究所整理

电机：人形机器人关节核心动力部件

- 人形机器人实现仿生运动，有赖于全身20-40个自由度的精密协同。各关节均由电机、减速器、力矩传感器、编码器及驱动器集成成为一体化执行单元；电机作为动力输出核心，直接决定关节扭矩水平、动态响应与控制精度，是执行器组件当中最为关键的一环。
- 受限于人形机器人对小体积、高功率、轻量化的严苛指标，传统有框伺服电机受功率密度制约，体积与重量难以满足整机设计约束，逐步退出主流选型，无框力矩电机、空心杯电机、轴向磁通电机等新型电机种类正在扩大应用。

图表：三类电机方案介绍

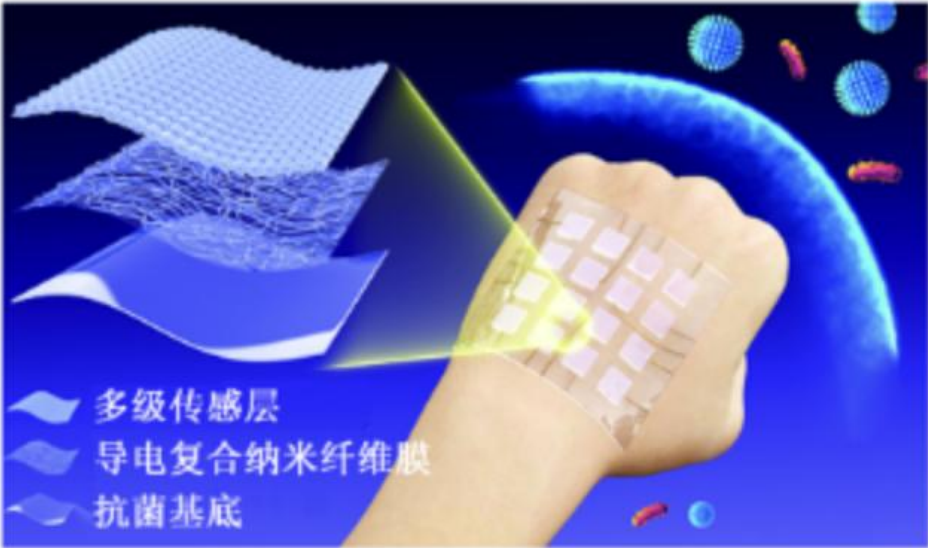
电机方案	图片	关节部位	核心性能需求
无框力矩电机		躯干、大臂、大腿主关节	承载整机自重与负载，高持续力矩、高刚性、低速高稳定性
空心杯电机		五指灵巧手、腕部精细关节	微秒级响应、零齿槽效应、超高控制精度
轴向磁通电机		下肢髌 / 膝 / 踝高动态关节	高功率密度、轻量化、瞬态大扭矩

资料来源：深观启元，易车百科，兆威机电，强和电机，国盛证券研究所整理

触觉：从触觉传感器向电子皮肤进化

- 电子皮肤是机器人感知外部环境的核心载体，整体分为柔性基底层、导电电极层、活性传感层三层功能结构。现阶段行业主流触觉方案仍以单点式传感器为主，依托压阻、电容、六维力器件仅能完成基础压力、位置检测，输出信号维度单一，难以实现多维度力觉信息识别。
- 触觉传感系统是机器人实现抓握物体等动作场景的关键。产业商业化进程持续提速，据36氪报道，2025年商业化人形灵巧手触觉传感器渗透率已从年初的20%提升至60%以上。头部厂商多维阵列方案实现技术突破，以帕西尼为例，其 PX-6AX 柔性触觉阵列可捕捉亚毫米级形变，同步采集摩擦、纹理、温度等复合触觉信号；公司全球首发足底传感器 PX-FOOTRIX，将高精度多维触觉能力从手部延伸至足部，搭建手足一体化全身感知体系

图表：电子皮肤



图表：触觉传感器分类

触觉传感器分类	优点	缺点
压阻式	负载能力强、鲁棒性好、电信号测量便捷	迟滞性大，响应速度受限，温漂明显，线性度较差
电容式	灵敏度、空间分辨率高，响应区间宽	测量电路设计复杂，易受电气干扰
压电式	便携性佳，材料刚度高，线性度优异，响应灵敏	易受噪声干扰，介电性能随温度发生波动
光学式	分辨率高，不存在电气干扰问题	温度敏感性强，光纤微弯易产生光损耗，触觉信号算法复杂
电磁式	动态范围大、鲁棒性好	体积较大、易受外部磁场干扰

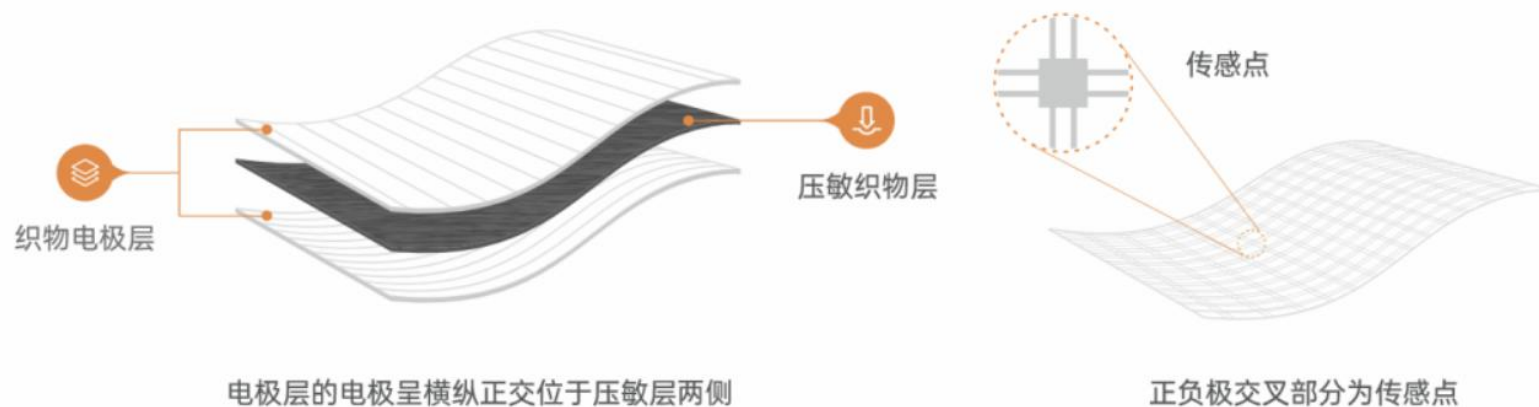
资料来源：吕晓双、李召岭等《纤维基自供能电子皮肤的构建及其应用性能研究进展》，朱盛鼎、陈冬冬和雷静桃《触觉传感器与电子皮肤研究进展》，RIO机器人，国盛证券研究所整理

触觉：从触觉传感器向电子皮肤进化

- 织物传感器是压力传感器的差异化创新路线。核心结构为“三明治”压组式，将导电纱线直接织入基底形成正交电极与中间压敏层，电极交叉点位构成全域传感阵列，通过电阻变化矩阵精准捕捉压力分布。现阶段柔性触觉感知企业尧乐科技完成近亿元Pre-A轮融资。

图表：三明治结构的压阻式柔性织物压力传感器

● 三明治结构的压阻式柔性织物压力传感器



资料来源：希迈座椅，国盛证券研究所

机器人行业已经发展出类似于智能手机时代的三大阵营：

- **特斯拉（类苹果）：全栈自研、垂直整合的封闭生态。**特斯拉是物理AI领域最彻底的“苹果式”玩家，从AI芯片、端到端算法、执行器到整机产线，全部自研。技术层面，Optimus与FSD共享同一支顶尖软件团队，采用完全一致的“端到端”策略。
- **英伟达/谷歌（类安卓）：专注大脑，提供机器人基础模型。**英伟达并不直接参与机器人制造，类似于谷歌向手机制造商提供安卓平台，英伟达已形成世界模型（Cosmos）+VLA模型（GR00T）+仿真平台（Omniverse）的完整架构。谷歌DeepMind也已迭代至Gemini Robotics 2平台，包括Gemini Robotics 2（VLA模型）、Gemini Robotics ER2（具身推理）、Gemini Robotics On-Device 2（端侧部署）。
- **国产阵营：依托供应链与量产优势，推进机器人场景落地。**国产阵营的核心优势不在基础模型创新，而在于供应链效率、量产能力与场景落地速度，这恰恰是华为、小米、OPPO、vivo等在智能手机时代挑战国际巨头的方式。

三大阵营衍生三大主线

从投资角度看，聚焦三大主线，是押注产业趋势而非博弈赛道主题：

- **T链**：世界模型-芯片-数据飞轮-本体设计制造全链条打通，有望率先实现商业化。建议关注：斯菱智驱、新泉股份、福赛科技、北特科技、浙江荣泰、鸣志电器、新剑链等。
- **NV-波士顿动力链**：韩国现代集团收购波士顿动力100%控股权，机器人将成为现代重要转型方向。英伟达全面布局世界模型（GR00T）-芯片（Jetson）-数据飞轮（Ominiverse）。双方未来或加深合作，打造世界机器人第二级。建议关注：福赛科技、凯迪股份
- **国产链**：宇树IPO将为具身智能赛道带来公开的定价锚点，有望牵引更多长期资金系统性配置机器人。建议关注：宇树科技、上纬新材、晋拓股份、中坚科技、慈星股份等。

风险提示

- 人形机器人发展不及预期风险：具身智能核心技术迭代、市场需求释放若慢于预期，将延缓人形机器人产品商业化落地进程；
- 行业内竞争加剧风险：海内外厂商加速布局机器人赛道，竞品或抢占数据、渠道优势，挤压相关公司份额与盈利空间；
- 应用场景不及预期风险：机器人落地场景适配难度较高，产品实操体验、终端转化不及预期会制约机器人推广；
- 量产进展不及预期风险：当前机器人行业正处于产业变革阶段，颠覆性产品迭代速度加快，机器人量产进度可能慢于预期。

免责声明

国盛证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。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。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及其研究人员对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可能会随时调整。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及资料保持在最新状态，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。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。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。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。

本报告版权归“国盛证券股份有限公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何机构或个人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。任何机构或个人如引用、刊发本报告，需注明出处为“国盛证券研究所”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的任何观点均精准地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法，结论不受任何第三方的授意或影响。我们所得报酬的任何部分无论是在过去、现在及将来均不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
评级标准为报告发布日后的6个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准，美股市场以标普500指数或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	相对同期基准指数涨幅在15%以上
		增持	相对同期基准指数涨幅在5%~15%之间
		持有	相对同期基准指数涨幅在-5%~+5%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在5%以上
	行业评级	增持	相对同期基准指数涨幅在10%以上
		中性	相对同期基准指数涨幅在-10%~+10%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在10%以上

国盛证券研究所

北京	上海	南昌	深圳
地址：北京市丰台区丽泽路22号院新华社国家金融信息大厦西塔B座38层 邮编：100077 邮箱：gsresearch@gszq.com	地址：上海市浦东新区南洋泾路555号陆家嘴金融街区22栋 邮编：200120 电话：021-38124100 邮箱：gsresearch@gszq.com	地址：南昌市红谷滩新区凤凰中大道1115号北京银行大厦 邮编：330038 传真：0791-86281485 邮箱：gsresearch@gszq.com	地址：深圳市福田区福华三路100号鼎和大厦24楼 邮编：518033 邮箱：gsresearch@gszq.com