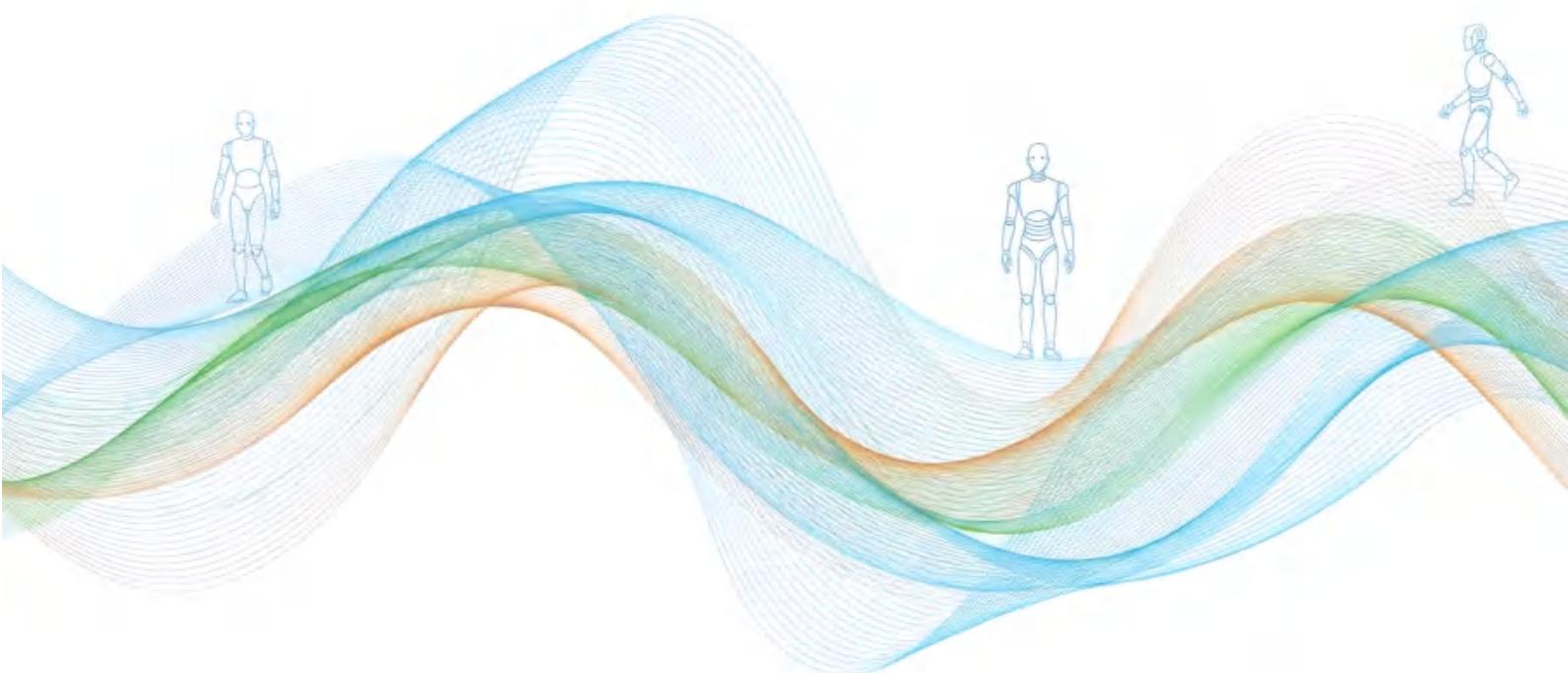


HUMANOID
ROBOTS
Ecosystem
Annual
Report

人形机器人生态报告

具身智能技术-产业-市场-应用的生态进化观察

2025



* 智能经济生态观察系列 *

人形机器人生态报告

(2025)

具身智能技术-产业-市场-应用的生态进化观察

[出品] 上海财经大学数字经济研究院

[主编] 胡延平 上海财经大学特聘教授

[撰写] 高飞 孙硕

以具身智能在技术-产业-市场-应用等角度的生态化进展为基础，本报告聚焦在更受各方关注的人形机器人方向，建立面向人形机器人的多维观察和动态研究框架，从生态演进的总体特征、技术体系与产业链、产品与企业、产业经济、场景与应用等角度，观察人形机器人在中国的年度进展，以资各方参考。

1 人形机器人生态演进年度特征

特征之一，人形机器人进入规模化量产元年。2025年下半年尤其是验证相关技术产品商业价值的关键阶段。以优必选、宇树科技、特斯拉、Figure AI 等规模产线的建成投产为标志，人形机器人进入“规模化量产元年”，头部企业实现千台级交付。

特征之二，产业群浮现，多路中国企业共同形成全产业链能力，全链基础上逐步强链，开放协作的基础上加速生态化。核心模块与基础支撑系统，包括电机与减速器、传感器与感知模组、伺服电机、灵巧手、操作系统、大小脑系统-基础模型-功能模型、芯片与算力平台、软件与仿真平台等方面，均取得长足进步。在此基础上，部分企业通过操作系统、专业模型、训练仿真、算力系统、数据 API 等方面的开放生态搭建，实现从“卖机器人”转向输出“平台+生态”，通过开放平台构建开发者生态，有力加速了该领域技术的产业化、生态化进程。

特征之三，人形机器人的具身智能水准从“开始试用”走向“初步可用”。国内多次机器人比赛展现了人形机器人的场景感知、运动协调、交互能力。行业应用重点也开始转向解决复杂场景中的实际任务的执行能力。从表演、比赛等基础运动能力展示，开始快速向工业、商业、家庭、应急、教育等潜力领域拓展。

特征之四，AI 大模型对人形机器人的赋能方面进展明显。大脑、小脑和肢体分工协作体系明确的同时，基于感知-决策-行动-反馈的逐步深度融合，多模态大模型、强

化学习等技术正驱动人形机器人的智能化水平快速提升。

特征之五，具身智能体之间的关系开始从单体智能向智能协作、群体智能演进。从单个机器人的遥控，向多台机器人乃至异构机器人之间的无干预协作方向突破，但机器人的自主行动和多任务能力还比较有限。

特征之六，制造与研发能力推动成本下探，为产业化和市场导入进程加速。随着硬件技术路线收敛、供应链成熟、中国制造优势及产业市场规模效应初步显现，人形机器人成本和价格呈现双下降趋势。核心零部件因国产化推进价格显著降低。人形机器人价格下探趋势明显，部分消费级产品价格已经进入十万元以下区间，为更大范围应用创造了条件。

特征之七，产业企业横向协同、供应链协作、标准化工作的推动等，进一步助推人形机器人形成产业与市场的正反馈。国内相关部门、行业机构陆续牵头，各方企业参与，正在积极推动具身智能领域的标准化工作，包括构建统一的硬件接口、通信协议等产业标准，增强互操作性、降低维护成本，并在此基础上探索全球技术协作与市场服务网络的行业共建。

特征之八，政策驱动与战略地位提升。中国等全球主要经济体均将人形机器人、具身智能视为科技产业发展的重要方向。2025年政府工作报告将“具身智能”列为未来产业，十五五规划建议提出推动具身智能成为新的经济增长点。北京、上海、深圳等地也陆续出台多项发展规划和支持政策。

特征之九，市场需求进入倍速增长阶段；综合多个研究机构的市场评估数据，以及对该领域跟踪研究情况，2025年人形机器人市场进入倍速增长阶段，中国企业接到的全球采购总额在40-60亿元人民币区间，约为全球市场规模的三分之一左右，范围更大、形态更多的全球具体智能市场，规模高于人形机器人的市场。

特征之十，投资热度上升，资本市场与产业市场之间开始形成正向循环。多家机器人企业先后上市，资本市场预期趋于乐观。不仅机器人本体研发企业受到关注，面向零部件等产业链角度的投资热度也在提高。各方开始踊跃投入，2025年该领域融资事件超百起，单笔融资额站上10亿元人民币台阶。

2 技术体系与产业链生态进展

2025年人形机器人在产业链、生态化方面取得显著进展，中国在该产业领域的全链能力初步成型。

2.1 人形机器人技术生态

人形机器人的技术与具身智能体系基本一致，包括感知—决策—行动—反馈四个部分，而反馈机制通常内嵌于控制环路中，不完全单列为独立模块。系统环节通常包括环境感知、决策规划和运动控制三个环节，形成感知→决策→执行的闭环控制。

感知模块作为具身智能的“信息采集和处理器”，通过建立对外部环境的感知和理解，为决策和行动提供支持。感知模块主要用于对象识别、位置定位、场景理解等方面，通过摄像头、激光雷达等多种传感设备的输入数据进行处理，进而从不同模态的数据中获得多维环境信息。humanoid robots

决策模块作为具身智能的“指挥中心”，接受环境感知信息后，完成高级任务规划和推理分析，并生成决策指令。决策模块主要任务包括任务规划和推理分析，决策模块的具体实现从人工知识的编程决策、专用任务的算法设计发展为以大模型为核心的机器智能决策。决策模块的灵活性和适应性直接影响具身智能系统的智能化水平，高度智能化的具身智能系统，能够根据环境和任务的变化实时调整决策。

行动模块作为具身智能的“执行单元”，负责接收决策模块指令，并执行具体动作。行动模块的主要任务包括导航、物体操作和物体交互。导航通过四处移动寻找目标位置；物体操作需要接触物体并通过操作改变物体状态。

反馈模块作为具身智能的“调节器”，通过多层交互不断接收来自环境的反馈经验并进行调整优化，提高对环境的适应性和智能化水平。反馈模块主要依赖大模型加速反馈经验的学习，形成闭环的优化过程：通过大模型处理收集到真实交互数据，实现更细致的环境感知；然后大模型处理交互信息，实现模仿人类反馈的决策；最后大模型获取交互行动经验，学习最佳行为策略。

2.2 人形机器人产业链生态



人形机器人与具身智能产业链可分为上游核心零部件与基础支撑、中游整机设计与系统集成、下游场景应用与商业落地环节，涵盖从核心零部件到终端场景应用的全链条。

2.3 人形机器人核心零部件与基础支撑

在人形机器人与具身智能产业链的核心零部件与基础支撑环节，包括电机与减速器、传感器与感知模组、伺服电机、灵巧手、大小脑系统-基础模型-功能模型、芯片与算力平台、软件与仿真平台等方面。其中大脑小脑为形象描述，实际指机器人高层AI决策与低层运动控制的协同与分层。

2.3.1 电机与减速器

电机与减速器是构成机器人关节驱动系统的核心机电组件，包括无框力矩电机、RV减速器和谐波减速器等。该模块通过将电能高效转化为高精度机械运动，为机器人关节提供稳定、灵活且高响应的动力支持，支撑行走、抓取等复杂动态行为。

中大力德布局全系列高精度传动产品，围绕工业自动化和工业机器人，形成了减速器+电机+驱动一体化的产品架构，推出“精密行星减速器+伺服电机+驱动”一体机、“RV减速器+伺服电机+驱动”一体机、“谐波减速器+伺服电机+驱动”一体机等模组化产品，实现产品结构升级。绿的谐波针对人形机器人等行业的新兴需求，聚焦谐波减速器的轻量小型化技术突破，同等出力情况下，减重30%以上。同时开发出灵巧手适用微型谐波减速器，自主研发的高扭矩密度谐波减速器和一体化关节模组，已在国内具身智能机器人产业链占据领先地位。来福谐波则以CMH系列高压关节模组为核心，集成高质量无框电机与高扭矩谐波减速器，采用高强度合金材质及高刚性轴承，支持定制化需求，适配人形机器人等领域。

2.3.2 传感器与感知模组

传感器与感知模组用于实时获取机器人自身状态及与环境交互信息的感知单元，包括IMU、六维力矩传感器和触觉皮肤等。该模组通过测量姿态、加速度、接触力及表面压力分布，为平衡控制、柔顺操作和安全避障提供多维度闭环反馈数据。

奥比中光发布面向机器人领域的全新感知产品矩阵。其中，Pulsar ME450是国内首款支持多种扫描模式的dToF 3D激光雷达；Gemini 345Lg是专为户外机器人打造的双目3D相机，拥有超越行业的高可靠性和超广视野。坤维科技最新推出脚踝六维力传感器HRS65-ET——在具备高刚性、高过载能力的同时，其厚度仅有10mm，通过模拟真实使用场景的六维联合加载（强迫学习）标定技术，调整数千项网络参数，使传感器的精度（重复性）达到0.1%FS，准确度（准确性含串扰）达到0.3%FS。汉威科技集团依托强大的研发创新能力和全自动MEMS芯片智造产线，推出了核心技术自主可控的

高精度 MEMS 惯性测量单元。其基于 MEMS 工艺与 SIP 系统级封装，集成了多种智能算法与自诊断程序，具备精度高、响应快、可靠性强等优势，汉威科技已构建了覆盖“嗅觉-触觉-平衡-力控-视觉”的多维传感器矩阵。

2.3.3 伺服电机

伺服电机能够精确控制位置、速度和加速度，通过将电能转化为机械能，驱动负载按照预设的轨迹进行运动。伺服电机具有高精度、高效率和高可靠性的特性，能够实现对速度、位置和加速度的精确控制。

汇川技术 MS1-R 系列伺服电机，功率范围 0.05kW~7.5kW，提供多种惯量配置、转速段配置，可根据客户需求提供不同配置的编码器类型，MS1H1 和 MS1H4 (40/60/80 机座)) 最高转速从 6000rpm 提升到 7000rpm。禾川科技摆线关节模组通过全栈自研+深度协同设计，在核心性能上实现质的飞跃，具备低背隙、超高精度，集成化设计大幅降低冗余结构，相同扭矩下重量较传统方案更轻，减轻机器人肢体负载。

2.3.4 灵巧手

灵巧手是模仿人手结构与功能的高性能末端执行器，以人类手部骨骼、关节与运动机理为设计原型，通过多自由度驱动、多模态传感与智能控制技术，实现对物体的抓取、捏取、拧动、装配等精细操作，具备高度灵活性和精确控制能力，已广泛应用于多领域精细操作场景，是机器人与物理环境直接交互的核心功能部件。

宇树科技发布的 Unitree Dex5 灵巧手，单手集成 20 个自由度，搭载 94 个高密度触觉传感器，支持负载最大 4.5kg 重量；智元机器人推出的 OmniHand 灵动款 2025 轻至 500g，拥有 16 个自由度，四指弯曲角度 80°、大拇指侧摆 100°，指尖重复定位精度 0.5mm，灵动触觉款更配备 400+触觉点位；星动纪元的星动 XHAND1 采用 12 个全主动全直驱自由度，单手最大握力 80N，可举起 25kg 重物，五指指尖配备阵列式高精度高分辨率触觉阵列传感器，最小分辨率 0.05N；灵心巧手面向工业场景推出 Linker Hand L6 「工业大师」灵巧手，拥有 12 个自由度，采用自研“超强电缸”驱动模块，驱动效率达 90%，实测寿命超百万次；雷赛智能 6 月发布的 DH2015 灵巧手具备 20 个自由度，重量可轻至 670 克，整手最大负载 15kg、单指最大负载 5kg，标配 508 点阵触觉传感器与 100M EtherCAT 总线，可选配多模态传感器及多种通讯接口，抓握寿命超 100 万次。

2.3.5 大小脑系统

机器人大脑系统负责感知和规划决策，基于多模态大模型，学习、理解、融合、对齐各传感器采集的跨模态信息，实现对复杂环境的鲁棒建模与更精准、通用的感

知，并根据环境情况，自主拆解任务、规划动作。小脑系统的运动规划与控制是人形机器人实现自然和流畅动作的关键。

银河通用 2025 年 1 月联合发布 GraspVLA，采用“VLM 骨干+动作专家”架构，通过渐进式动作生成连接。“大脑”含 InternLM2 1.8B 及融合双模型特征的视觉编码器；“小脑”专注动作块生成。经 10 亿级合成数据预训练获七大泛化能力，小样本真机后训练可应用于特殊场景。智元机器人 2025 年 3 月发布 ViLLA 架构的 GO-1 模型，构建“VLM+MoE 混合专家”体系。“大脑”由 InternVL-2B（多模态感知）与 Latent Planner（任务规划）组成；“小脑”为 Action Expert，将规划转化为精细动作序列，三者形成“感知→规划→执行”闭环。灵初智能 2025 年 4 月推出强化学习 Psi-R1，采用“快慢脑”分层架构。“大脑”（慢脑 S2）基于 Causal VLM 负责推理规划；“小脑”（快脑 S1）用 DiT 模块实现高精度执行。通过 Action Tokenizer 构建「动作感知 - 环境反馈 - 动态决策」全闭环，支持 CoAT 思维链，泛化能力与稳定性突出。智平方 GOVLA 模型实现“大脑-小脑”全域协同，由空间交互基础模型、慢系统和快系统三部分组成。其通过解析用户指令（如语音指令）、实时环境信息和机器人状态，实现双系统分工协作，慢系统 System2 负责复杂逻辑推理，任务拆解，输出语言交互内容；快系统 System1 输出机器人全身控制动作与移动轨迹，兼顾实时响应与复杂决策能力。

2.3.6 芯片与算力平台

芯片与算力平台是支撑机器人智能决策与实时控制的计算体系，由 AI 芯片、控制 MCU 和 GPU/NPU 模块组成。该平台通过并行处理视觉识别、路径规划、运动控制等多类任务，在毫秒级响应时间内完成感知-决策-执行闭环，保障机器人在动态环境中的高阶智能行为。

瑞芯微以“主控+协处理器”路线为核心，RK182X 系列协处理器以 3D 堆叠 DRAM 突破带宽瓶颈，实现百 GB 级带宽；RK MotionCore 核心方案依托 RK3588 芯片的 Hybrid 计算架构，充分发挥 CPU、GPU 和 NPU 的协同算力，实现高帧率强化学习控制策略部署。兆易创新聚焦控制核心，GD32H7 系列 MCU 以 600MHz 主频支撑机器人 0.01 N 精准稳定力控和快速动态响应。国讯芯微推出 NSPIC 系列，NSPIC R007NP+为业界首款集成超强算力、实时操作系统与多模态控制架构的机器人“大小脑一体”控制方案，NSPIC R006NP+能够将感知、决策、执行融合为一体，多模态感知技术的加持使机器人能够获得更丰富、准确的环境信息，可根据识别结果迅速做出反应，而底层系统的升级迭代为智能机器人搭建了强大的基础设施，能更好地支持机器人大模型的训练和应用。

2.3.7 软件与仿真平台

软件与仿真平台是用于开发、训练和验证机器人行为策略的虚拟工具链，涵盖控制算法、仿真数据和具身模型训练等。该平台通过物理精确的数字环境模拟真实交互，使算法可在无需实物的情况下完成迭代优化，大幅缩短研发周期并提升系统鲁棒性。

2025 年具身智能软件与仿真平台领域呈现多元化发展态势，腾讯、华为、智元机器人、逐际动力、松应科技五家企业凭借各自技术优势推出核心产品。腾讯发布具身智能开放平台 Tairos“钛螺丝”，国内首个以模块化方式提供大模型、开发工具和数据服务，为机器人本体开发商与应用开发商补齐关键的软件能力；华为推出的 CloudRobo 具身智能平台依托云端海量算力与先进 AI 模型，整合训练数据生成、云上环境感知、全局规划、自主执行等能力，支持真机实采与合成数据训练；智元机器人发布的 Genie Studio 作为行业首款一站式开发平台，覆盖数据采集、模型训练、仿真评测、模型推理全链路，拥有 6000+ 物体资产与仿真场景，大幅降低开发门槛；松应科技推出的 ORCA 物理 AI 仿真平台提供功能全面、高度集成、性能卓越的仿真平台软件，融合高精度物理仿真与高保真实时渲染，支持万级并发训练和统一格式(openUSD)数据集，贯穿研发全链条。

3 产品与企业生态进展

国产人形机器人已经形成产品体系，具有面向不同场景、不同价位、高中低端全线产品，企业数量也初具规模。中国人形机器人产业，目前是全球范围内最活跃、数量和门类最多的产业群落。

3.1 具身智能主要产品

具身智能（Embodied AI）强调智能通过机体与环境的交互，致力于为 AI 系统赋予物理身体和感知运动能力，使其能够通过多模态传感实时感知环境，依托算法进行理解与决策，并借助执行机构实现物理反馈，最终通过和环境持续交互实现自主学习、适应与进化，标志着人工智能的研究重心从虚拟空间转向物理世界。具身智能产品主要分为人形机器人、四足机器人、仓储物流机器人、商用服务机器人等类别。

3.1.1 人形机器人

人形机器人是指模仿人类外观和行为，具备较高智能化水平的机器人，其与人类具有相似的“肢体”结构、运动方式和感知方式，并在 AI 大模型的赋能下，从体能、技能、智能三方面，实现对人的模仿。国内人形机器人领域汇聚宇树科技、星动纪元、

银河通用、逐际动力、优必选、智元机器人等企业，产品覆盖全尺寸、轻量化、轮式、人形等种类，适配科研、工业、服务、文旅等多元场景。早在 2023 年，傅利叶智能的 GR-1 双足人形机器人实现小批量量产交付，被视为业界较早量产的人形机器人之一。

3.1.2 四足机器人

四足机器人，是一种仿生腿足式机器人，设计思路是模仿动物(如狗、猫、马等)四肢结构和行走方式，通过高度复杂的机械结构和精密的控制算法，同时配备多类型的传感器、驱动器、控制系统等，使其具备极强的环境适应能力，能够在多种复杂地形中稳定行走和执行任务。

3.1.3 仓储物流机器人

仓储物流机器人是指利用机械结构、运动控制、导航定位、安全避障、车辆调度、软件算法和人工智能等技术，可以自主地完成物料取放、搬运、存取、拣选、配送、拆码垛、装卸、上下料等任务的智能化物流设备。极智嘉、劢微机器人、快仓智能、海康机器人、兰剑智能等企业深耕仓储物流机器人领域，产品覆盖搬运、拣选、存储等全流程，适配电商、制造、医药等多场景。

3.1.4 商用服务机器人

商用服务机器人是指具备自主运动和人机交互能力，用于企业、政府等商业及公共服务场景，独立或协同完成配送、引导、清洁等一系列服务任务的智能机器人。这方面优必选等多家机器人企业，推出多款人形商用服务机器人，覆盖多场景需求。

3.2 主要人形机器人企业发展情况

篇幅所限，此处仅就主要人形机器人企业的发展情况进行概述。

3.2.1 宇树科技

宇树科技 2016 年成立于杭州，专注于消费级和行业级高性能通用人形机器人的自主研发、生产和销售。曾受邀参加 2021 央视春晚、2022 冬奥会开幕式、杭州亚运会和亚残运会以及 2025 央视春晚等，媒体关注度较高。宇树重视自主研发和科技创新，在电机、减速器、控制器、激光雷达等机器人关键核心零部件和高性能感知及运动控制算法，整合机器人全产业链，在足式机器人领域较有特色。目前累计提交国内外专利申请 200 余项，其中授权专利 180 余项。

人形机器人产品线中，H 系列定位工业，具备高负载、高精度的特性，适配智能制造、物流搬运等场景；G 系列定位消费级，依托仿生运动控制与多场景交互能力，可拓展至商业服务、家庭助手等领域。Unitree H1 身高 180CM、体重 47KG，单腿 5 自由度搭配可拓展的 4 自由度单手臂，凭借 3.3m/s 的世界纪录级移动速度，适配对运动性能要求较高的场景；Unitree H1-2 身高 178cm、体重 70KG，单腿 6 自由度、单手臂 7 自由度，关节扭矩参数更优，偏向重载类应用。Unitree G1 身高 130CM、体重 35KG，单腿 6 自由度，单手臂 5 自由度，移动速度 2m/s。Unitree H2 全尺寸仿生人形机器人，高 180cm 重 70kg 全尺寸人形设计，算力模组采用英伟达 Jetson AGX Thor (2070 TOPS)。

UnifoLM-WMA-0 是宇树科技跨多类机器人本体的开源世界模型-动作架构，专为通用机器人学习而设计。其核心成分在于一个可以理解机器人与环境交互物理规律的世界模型。该世界模型具备两个核心功能：仿真引擎，作为交互式仿真器运行，为机器人学习提供合成数据；策略增强，可与一个动作头进行对接，通过预测未来与物理世界的交互过程，进一步优化决策性能。

3.2.2 星动纪元

星动纪元成立于 2023 年，由清华大学交叉信息研究院孵化，是清华大学占股的人形机器人企业。2023 年 8 月在世界机器人大会首发人形机器人“小星”；2024 年 6 月“小星 Max”成为全球首个登上长城的人形机器人；8 月发布首款产品级高性能人形机器人“星动 STAR1”及全自研灵巧手 XHAND1。

星动 L7 双足人形机器人采用 3 个自由度的腰部设计，覆盖 2.1 米作业空间，搭配十字轴手腕与 12 个自由度的全直驱灵巧手 XHAND1，实现全域操作、极速响应及高效拣选；在模型层面，搭载端到端 VLA 具身模型 ERA-42，具备双向交互机制和标准化 IO 接口，提高作业成功率和通用性；在软件层，融合开源与真机多任务数据预训练，实现快速适配，结合多摄像头补盲设计与高频推理技术，实现及时纠偏与瞬时动作决策，并集成数字孪生监控，实现工位设备运行、物料流转状态的实时监测；在数据层，构建自动化数据管线与仓储专属智能算子，实现数据高效传输与高质量、高时效性的数据反馈。

星动 Q5 面向多种应用场景，也是其主要产品之一。以及由海尔与星动纪元联合研发的家务机器人“HIVA 海娃”，定位于“集高拟人化与全能家务于一体的智能生活伙伴”，也较有特色。

3.2.3 银河通用

银河通用成立于 2023 年，是具身多模态大模型通用机器人主力企业之一。银河通用具备较强的算法、硬件、系统全栈自主研发能力，定位于为全球用户提供通用机器人产品，在商业、工业、医疗等场景中开始应用。

银河通用具身大模型机器人 Galbot G1 采用轮式与折叠相结合的移动升降设计，身体升降范围 65cm，可实现横向平稳移动，纵向拥有地面至 2.4m 高度范围内的工作空间，可驾驭多种复杂环境满足不同工作需求。G1 拥有具备空间智能的“大脑”大模型，能理解三维场景、与人自然语言交互并将长程任务进行多步分解，自主决策所需的操作。G1 具备多任务、多技能能力的“小脑”大模型，通过数十亿级仿真合成数据的训练，已展示出多种较高成功率的泛化具身技能。G1 支持 IsaacSim/Mujoco 等多个仿真平台，经过测试和示范应用阶段，在工业生产辅助、零售服务等场景进行了初步验证，显示出良好的环境感知和自主操作能力，接下来在工业、物流、零售、医药、家庭、康养、教育、科研等多个场景逐步开始落地。

3.2.4 逐际动力

逐际动力成立于 2022 年。聚焦打造全尺寸通用人形机器人，并衍生了包括双足机器人等多款创新产品，逐际动力围绕三大核心具身智能技术：本体硬件的设计制造、基于强化学习的小脑全身运动控制、具身大脑模型的训练策略，打造具身化多智能体操作系统。基于「IDS 生态协同战略」，服务创新者（Innovators）、开发者（Developers）和系统集成商（System Integrators），推动具身智能在科研、制造、商业、家庭等领域的技术创新、开发和广泛应用。

逐际动力致力于提供标准化的机器人本体和 AI 工具链，构建从硬件到平台的产品线。核心产品包括全尺寸通用人形机器人 LimX Oli、多形态双足机器人 TRON 1、云端机器人算法工具型 GradMotion。两款本体产品都强调模块化设计和开放性生态，LimX Oli 自研 6 轴 IMU，机身自由度有 31 个，硬件接口定义清晰，支持灵活拆装和组件替换，内置 IMU 与深度相机，自由拓展激光雷达、相机等外部传感器，构建全方位感知能力。TRON 1 通过可切换的足端形态，自适应识别并切换运控模式，一机支持多形态算法研发。通过开放本体的上层与底层接口，借助算法平台工具可进行高效二次开发，满足不同场景的下游应用需求。

3.2.5 优必选

优必选成立于 2012 年，是人形机器人头部企业之一，2023 年在港交所主板上市，是掌握人形机器人全栈技术的企业之一。涵盖人形机器人硬件与控制技术（机器人运动规划和控制技术、高性能伺服驱动器）、人工智能技术（仿人大脑、仿人小

脑）、机器人与人工智能融合技术（SLAM 及自主技术、视觉伺服操作与人机交互）。拥有 2450 余项机器人及人工智能相关专利，人形机器人有效专利数量位居全球前列。

工业人形机器人 Walker S 进入汽车制造等工业场景进行实训，能够完成车门锁检测、车身质检、工厂巡检等精细作业，是全球进入车厂实训最多的人形机器人。凭借自研的人形机器人全栈技术，优必选还以智能机器人为载体，人工智能技术为核心，面向人工智能教育、智慧物流、智慧康养、商业服务等多个行业，推出了“硬件+软件+服务+运营”的智能服务机器人解决方案。优必选全新 Walker S2 工业人形机器人搭载优必选自研的机器人协作智能体 Co-Agent，能够实现意图理解、任务规划、工具调用、异常检测与处理等任务。

3.2.6 智元机器人

智元机器人成立于 2023 年，以 AI+机器人融合创新，构建通用具身机器人产品及应用生态。智元机器人依托行业领先的“一体三智”架构，以机器人本体为基，融合作业、交互、运动智能，推出远征、精灵、灵犀三大机器人家族及业界首个通用具身基座模型“智元启元大模型”，是业内实现全产品系列、全场景布局的机器人企业之一。智元机器人产品销往全球多个国家和地区。

智元旗下产品远征 A2 通用人形机器人可适配工业制造、商业服务、家庭服务等多场景需求。硬件方面，采用自研的一体化关节，采用高槽满率绕线工艺，具备超高 512Nm 的峰值扭矩。远征 A2-W 配备 360°激光雷达+4 颗 AI 视觉传感器+2 颗六维力觉传感器等多传感器融合技术，能够实时感知周围环境，精确检测障碍物并在毫秒级时间内智能规划避障路径。软件方面，远征 A2 机器人采用语音大模型、超拟人合成技术、全双工对话能力、端侧模型部署，让远征 A2 可以边听边讲，随时打断。多模态大模型的应用进一步拓展了人形机器人的可能性，基于动作大模型（ActionGPT），机器人可根据语音指令和意图端到端生成仿人自然动作，执行轻作业任务。

3.2.7 星海图

星海图成立于 2023 年，一直坚持 AI 算法与本体协同研发的发展思路，从技术的边界和场景的需求出发定义本体形态，自主设计并制造本体，实现从核心模组、具身本体、数据、端到端基础模型及场景解决方案全栈自研。

星海图核心产品涵盖星海图 R1 系列（含 R1 基础版、R1 Pro 进阶版）人形机器人，主打“人形本体+专业化机械臂+具身智能系统”的一体化产品形态，可实现精密抓取、工具操作、物料装配等多样化作业，单臂负载与操作精度能满足 3C 电子、新零售、实验室自动化等细分场景的实操要求。在智能参数层面，R1 系列搭载的具身智能大模型支持 20+ 种工业工具的自主识别与操作，环境感知采用高清相机+激光雷达的多

模态融合方案。机器人搭配英伟达 Jetson AGX Orin 芯片，GPU 算力 200TOPS，在断网场景下仍可完成预设的标准化作业任务，其硬件参数与智能性能的平衡设计，兼顾实用性与灵活性。

3.2.8 云深处

云深处成立于 2017 年，专注于四足机器人、人形机器人及核心零部件的研发、生产、销售和服务。云深处的技术体系为全链路“感知-决策-执行”，其核心技术为多模态环境感知、跨场景具身导航、AI 驱动的感知融合运动控制等。

云深处科技自主研发的全天候户外作业人形机器人 DR02 发布于 2025 年 10 月，DR02 具有行业级全天候 IP66 防护等级，整机防水防尘，能够满足全天候户外作业场景需求，且适应高低温工作环境，可适应户外淋雨、潮湿、粉尘等复杂环境，攻克了人形机器人在复杂场景中“环境限制导致无法作业”的痛点。DR02 为最大化适配人类现有工作环境，采用高度拟人化设计方案，更适配人类日常操作的工具与作业空间。DR02 实现多项基础复杂地形的稳定通行，胜任货物搬运、应急设备传递等实际作业任务。为确保在行业应用中的长期价值运维，DR02 创新性地采用模块化快拆快换设计。其小臂、整壁、整腿等核心部件支持快速拆卸与更换，降低了运维成本与停机时间，为连续作业场景提供了保障。

3.2.9 傅利叶智能

傅利叶智能成立于 2015 年，致力于全栈式机器人技术，打造 Fourier Nexus 通用机器人生态网络，推动跨行业、跨场景的协同创新。傅利叶自主研发的双足形态仿生通用人形机器人 GRx 系列包括 GR1 与 GR2。GR-1 是第一台实现量产交付的双足人形机器人，拥有高度仿生形态，身高 165 公分，体重 55 公斤，拥有与成年人等身大小的外观结构设计；GR-1 具备环形麦克风识音系统组成的听觉传感器，同时深度相机 Intel RealSense 则为其提供视觉。傅利叶自主研发的高性能执行器（FSA）集电机、驱动器、减速器及编码器于一体，为 GR-1 提供强大而灵活的运动能力。GR2 是 GRx 系列的新里程碑，GR-2 身高为 175 公分，体重 63 公斤，优化全身比例，全串联结构优化控制策略和性能使得电池续航达到 2 小时。

3.2.10 众擎机器人

众擎机器人成立于 2023 年，业务涵盖人形机器人及相关产品的研发、制造与场景落地，致力于推动智能机器人在全球范围内的商业化应用。团队来自中国第一批足式机器人研究与产业落地团队，以及清华大学，香港大学，加州大学伯克利分校，卡耐基梅隆大学，苏黎世理工学院，加州大学伯克利分校等国内外顶尖高校。团队具备

全栈自研能力，覆盖从机器人本体设计与关键零部件，到运控算法、具身智能等核心技术领域。

全尺寸高动态通用人形机器人 T800，身高为 173 厘米，全场景通用。全身 29 个自由度关节的拟人化动作设计使其支持复杂动作无缝衔接。关节力矩达到 $450\text{N}\cdot\text{m}$ 。腿部全关节主动散热保障高强度工作性能，续航时间 4 小时。自研微型关节电机， 360° 全向感知系统可做到毫秒级环境数据处理。

3.2.11 北京人形机器人创新中心

北京人形机器人创新中心有限公司成立于 2023 年，是具身智能软硬件全栈科技公司，聚焦于具身智能机器人核心技术、产品研发和应用落地，围绕通用机器人平台“具身工”和通用具身智能平台“慧思开物”两大核心任务。

工 2.0 作为能在复杂地形自动调整步态的人形机器人，运动能力突出，身高 1.73 米，体重 60 千克，全身 20 个自由度，具备工业级稳定性。工 2.0 的作业能力方面，可完成 16 千克的双臂重量负载，满足工业级应用需求。“工 Ultra”身高约 180cm，体重约 55kg。“工 Ultra”使用无线领航技术完成跟随导航和长程路径规划，依托于自身搭载的运控算法和多模态传感器，结合超宽带无线技术，引导机器人进行目标跟踪，计算自身位置，自主实时调整奔跑方向和速度。

3.2.12 松延动力

松延动力成立于 2023 年，从事通用人工智能本体、机器人仿生、以及具身操作系统等多个方向的研发。松延动力的 N2 人形机器人作为连续空翻人形机器人。N2 具有轻巧仿生的结构设计与灵活高超的运动性能，身高为 118 厘米，体重为 30 千克；膝关节的峰值扭矩可达 $150\text{N}\cdot\text{m}$ ；其最大运动速度为 3.2 米/秒；N2 使用 2 个深度相机提供 3D 视觉感知；全身 18 个自由度提供灵活自由的动作组合。

4 产业经济生态观察

本小节将人形机器人作为产业经济现象，从其发展要素、发展进阶等多个角度进行整体研究。

4.1 产业发展驱动因素

人形机器人、具身智能产业蓬勃发展，得益于国家与地方政策支持，需求端与供给端双向协同、深度赋能。需求端以工业与消费升级锚定市场方向、释放增长动能，

供给端以技术突破与政策支持筑牢发展根基、破解落地瓶颈，共同推动中国具身智能市场空间持续扩大。

4.1.1 政策端

2025年以来，我国在具身智能政策层面形成以“国家顶层政策引领+地方政策精准落地”特点。国家层面，2025年《政府工作报告》中提出：培育壮大新兴产业、未来产业，建立未来产业投入增长机制，培育具身智能等未来产业。

地方层面，北京、上海、深圳等地出台多项政策，从技术研发、应用落地、数据采集等多方面提供政策支持。

北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会等部门印发《北京具身智能科技创新与产业培育行动计划（2025-2027年）》，提出到2027年，原始创新能力显著提升，围绕具身大小脑模型、具身智能芯片、全身运动控制等方面突破不少于100项关键技术，产出不少于10项国际领先的软硬件产品，具身智能上下游产业链基本实现国产化。北京经济技术开发区管理委员会发布《北京经济技术开发区关于推动具身智能机器人创新发展的若干措施》，提出到2027年聚集百家以上具身智能优势企业，汇聚千人以上高端人才，形成万台级具身智能机器人量产规模能力，打造千万规模级真实世界具身智能数据集的总体目标。

上海市人民政府办公厅发布《上海市具身智能产业发展实施方案》，提出坚持模型驱动，强化智脑赋能，加快构建具身智能全链条技术自主创新体系，重点支持感知决策、运动控制、具身语料、操作系统等关键技术攻关。同时整合全市资源，建设算力、实训场、中试、投资、租赁五大平台，夯实具身智能产业发展基础底座。

深圳市工业和信息化局发布《深圳市加快打造人工智能先锋城市行动计划（2025—2026年）》，提出要推动具身智能机器人商用，支持企业开展整机研发，积极拓展人形机器人在工业制造、应急作业、交通巡检、医疗康养、安保巡逻、文旅服务、教育科研等领域的商业化应用。此外，要打造具身智能数据采集基地，着力提升具身智能数据供给能力，为具身智能研发提供高质量训练环境。

4.1.2 需求端

工业与消费升级构成需求端双轮驱动，共同为人形机器人、具身智能产业发展注入核心动能。工业升级明确技术迭代方向、拓展产业应用边界；消费升级扩大市场规模、推动技术普惠，二者协同发力推动具身智能产业实现规模化与高质量发展。工业升级催生柔性生产适配、精密制造提质、高危工序替代等刚性需求，促使具身智能产业聚焦多模态感知融合、高精度运动控制等核心技术突破，推动产业从单一作业场景向全产业链应用延伸，同时形成规模化市场动能，为产业技术迭代与生态体系构建奠定核心基础；消费升级带动居家清洁、养老陪伴、康复护理等个性化需求，推动具身

智能产业向低成本、高适配、普惠化消费级产品转型，有效拓展产业规模，形成“需求增长牵引量产降本、量产降本反哺需求扩张”的良性循环，进一步拓宽产业市场边界。

4.1.3 供给端

供给端以技术突破与政策赋能为核心双驱动，引领产业发展。技术突破筑牢产业核心竞争力，破解“感知-决策-执行”全链路能力瓶颈；政策赋能营造稳定发展环境，加速技术成果转化落地，二者协同发力为具身智能产业规模化、高质量发展提供坚实支撑。技术层面，VLA 模型通过多模态融合与真实环境交互学习，为具身智能体赋予精准环境理解、复杂任务规划与自主适应能力，破解传统智能系统泛化能力弱、决策水平有限的核心瓶颈；政策层面，从国家到地方形成全链条支撑体系，北京等地出台专项计划，通过设立千亿级产业基金、明确技术攻关方向、开放应用场景等举措，既为技术研发提供资金与数据支撑，也为技术成果转化落地营造稳定环境，推动具身智能从实验室走向工业、服务业等落地场景。

4.1.4 发展进阶

在需求端与供给端共同驱动下，中国具身智能、人形机器人市场规模持续扩大，未来市场空间广阔。根据中国信通院发布的《人形机器人产业发展研究报告》，到 2028 年，人形机器人整体处于 Lv1 等级，以科学试验为主要落地场景；到 2035 年，人形机器人进入 Lv2 等级，以特种场景应用为主，工业场景逐步落地；到 2040 年，人形机器人进入 Lv3 等级，在工业场景形成规模，服务场景逐步落地；到 2045 年，人形机器人进入 Lv4 等级，实现工业场景和服务场景规模应用。

4.2 产业发展特征

人形机器人产业呈现高资本密集、边际成本递减与数据-算法-硬件三角飞轮协同特征，相互关联、层层递进。高资本密集构筑产业准入壁垒并支撑技术研发，边际成本递减依托规模效应激活市场需求，三角飞轮则为产业持续迭代升级提供核心动力，共同塑造具身智能产业发展的核心逻辑。

4.2.1 高资本密集

人形机器人产业呈现高资本密集属性，体现为长期持续的重资产投入与技术研发投入，形成高准入壁垒，为产业发展提供支撑。从投入构成来看，一方面需承担核心硬件研发、生产线建设、场景适配验证等全链条重资产开支，尤其是高精度机械臂、伺服系统等核心部件的量产线搭建属于重资产投入，产业整体呈现前期投入规模大、回报周期长的特征。另一方面，持续投入高额研发资金以突破技术瓶颈，头部企业资

本投入强度远超传统制造业水平。长期、大额的资本投入，既是筛选优质企业的核心壁垒，也为技术迭代突破与规模化落地提供必要资金保障。

4.2.2 边际成本递减

人形机器人产业具备边际成本递减特征，这一特征贯穿核心部件研发、整机制造到供应链适配全环节。随着量产规模持续提升，单位产品成本呈现快速下降趋势，规模效应成为破解产业盈利难题、推动市场化普及的关键支撑。根据贝恩公司调研，在人形机器人硬件模块方面，行星滚柱丝杠和六维力矩传感器是成本占比最高的零部件，约占总成本 40%，这两类核心部件直接决定整机成本。随着国内产业链企业投入研发，技术攻关与量产优化并行推进，预计未来在这两个关键核心零部件领域，降本幅度可达 70% 至 80%，而六维力矩传感器和行星滚柱丝杠将在 3 至 5 年内完成量产优化。预计到 2035 年，人形机器人物料清单（BOM）成本将从当前的 4 万至 5 万美元降至 1 万至 2 万美元，降幅达 60% 至 70%。这种边际成本递减效应，不仅能大幅降低工业场景应用门槛，更将推动具身智能产品向消费级市场渗透，为产业规模化发展注入持续动能。

4.2.3 数据-算法-硬件三角飞轮

数据、算法、硬件三者构建的三角飞轮效应，是具身智能产业持续迭代升级的核心逻辑，三者共同推动产业高质量发展。从各环节发展状况来看，硬件是基础载体，当前高精度传感器、低功耗芯片等核心硬件国产化率不断提升，为数据采集与算法运行提供稳定支撑，硬件性能提升进一步拓展数据采集边界；数据是核心燃料，工业场景的规模化应用与消费端的普及，累计产生大量真实交互数据，为算法训练提供丰富样本，有效提升模型泛化能力；算法是核心引擎，以 VLA 模型为代表的算法突破，实现数据与硬件的高效协同，通过多模态数据融合处理，驱动硬件执行更精准、更灵活的任务。三角飞轮的良性运转，推动具身智能产业从“技术验证”向“规模化应用”快速跨越，同时加速技术在工业、服务业等多领域的渗透，成为推动具身智能产业升级的核心动力。

4.3 产业发展社会影响

人形机器人与具身智能驱动可以显著提升经济活动的效率，从工业生产到民生服务全方位激活不同产业潜能，为经济高质量发展注入持久动力。

人形机器人可有效补充人口老龄化背景下的劳动力缺口，比如富临精工引入的 A2-W 人形机器人，承担 15 公斤周转箱搬运任务，800 多个周转箱，全程零失误，有效替代高强度人力、缓解用工短缺；工业机器人显著提升制造业效率，欣旺达引入普渡系列机器人构建智能作业网络，实现物料配送效率提升 40%、整体产能提升 18%，大

幅提升效率；物流仓储机器人通过自动化改造提升流转效率，京东物流“地狼”“天狼”机器人实现“货找人”作业，分别使拣货效率较传统方式提升3倍和7-8倍，存储密度、出入库流量显著提升；服务机器人提升居民生活质量，加速在餐饮服务、酒店服务、展厅讲解、文娱展示、教育培训、医疗健康等丰富场景的落地与价值实现。

5 场景与应用生态观察

伴随具身智能技术的持续突破与产业生态的加速形成，机器人正逐步从实验室走向实际应用，其应用范围已从早期单一的工业场景，全面渗透至商业服务、家庭生活、医疗康养、应急救援等多元领域，其独特的类人形态和日益增强的智能交互能力，使其在多个行业展现出广阔的应用前景。

5.1 工业制造场景

工业制造作为人形机器人与具身智能前景明确、逐步落地的场景之一。行业应用已经形成从“自动化”到“柔性化”再到“智能化”的三级跳发展路径。

在汽车制造领域，人形机器人凭借毫米级视觉识别与柔性抓取，将错配率从千分之三降到万分之五。优必选 Walker S 在比亚迪工厂实训，负责智能搬运、智能分拣、智能质检等任务，在关节的稳定性、整机结构的可靠性、电池的续航、软件系统的稳定性、定位导航、运动控制等核心技术上有较大的提升，解决在工业场景中人形机器人算法和软件系统所面临的技术难题，从而让机器人能够快速的适配分拣、车辆组装等一系列更复杂的工作；智元远征 A1 系列已进入蔚来、大众、极氪等主机厂应用，A2-W 具备在长时间、高强度、动态干扰环境下的稳定作业能力、多模态感知与动态避障功能，可现场实时识别人员、周转箱及其他障碍物，自主规划路径、调整或暂停作业，在与人共享作业空间时，具备安全冗余机制，从而实现高效协作。在作业过程中出现异常时，也能自主纠错并持续运行，显著提升整体作业效率。

技术突破方面，傅利叶智能开发的 FOCUS 系统实现多台 GRx 机器人分工协作，通过视觉、导航、运动控制及群控系统的高度协同，实现工业场景下的高效、稳定搬运能力，让机器人在复杂的厂区环境中完成物料搬运与物流输送作业，“抓取-搬运-放置”全链路流程经感知、执行与控制协同优化，最终实现工业级的高效与可靠；仁新与新松联合研发的具身智能焊接机器人，针对高原“低温、低气压、强光照”环境，构建全链条智能化解决方案，AI 赋能的移动式切割机器人“小坦克”针对压力容器、管道预制等场景，以“智能移动 + 精准执行”实现开孔作业的全流程升级，将环境感知、动态决策与精准执行能力深度融合，推动各行业生产模式向智能、高效、安全的方向升级。

5.2 商业服务场景

人形机器人与具身智能在商业服务场景已小规模商用，涵盖餐饮、零售、酒店、金融等多个领域，展现出强大的商业潜力。在餐饮服务领域，擎朗智能首次提出“机器人岗位化”概念，将工作内容精确描述，其推出的配送机器人 XMAN-R1 已累计部署超 10 万台，覆盖全球 60 多个国家、超 600 个城市及地区，已完成服务场景内“点单-配餐-送餐-收餐”等长任务闭环。在零售导购领域，银河通用机器人轮式双臂机器人 Galbot 在商超场景中通过视觉识别系统快速锁定目标饮品，完成精准抓取和递送，可全天候在 50 平米的无人店铺内执行 5000 种商品种类、6000 个货道、上万盒商品的盘点、补货、取送、打包等自动化全流程，单个新门店部署仅需 1 天。

5.3 家庭服务场景

家庭服务是人形机器人与具身智能的远期目标，市场处于培育期，但具有巨大的增长潜力。在健康管理领域，中国科学院自动化研究所与星炽动力联合推出的首款家庭应用级具身机器人，聚焦慢病日常管理与阿尔茨海默病预防，通过“智能终端+专业医疗团队”协同模式，实现健康服务全流程闭环。在家务助手方面，越疆科技 Dobot Atom 消费级机器人通过多模态 SLAM 算法实现厨房场景精准操作，可完成打蛋、揉面、颠勺等烹饪动作，误差控制在±0.5 毫米，在“家庭管家模式”下，机器人能通过微表情判断用户情绪，主动提供安慰或建议；最后，模块化任务扩展舱机身设有 6 个标准化磁吸接口，用户可快速更换末端执行器，目前支持清洁模块（含扫拖一体）、搬运模块（最大承重 20kg）、看护模块（跌倒检测+紧急呼叫）等，未来还将开放开发者平台。此外，在情感陪伴场景，灵犀 X2 等机器人通过面部表情与语音语调分析，实现毫秒级情绪响应，不仅能辅助孩子学习，还能在家庭中提供情感陪伴。

5.4 特殊场景

人形机器人与具身智能在包括医疗康养、应急救援、农业种植等在内的特殊场景也展现出独特价值。在医疗康养领域，达芬奇手术系统允许外科医生通过高度精确的机器臂进行远程手术操作，极大提高手术的安全性和效率。傅利叶智能从康复机器人起步切入通用人形机器人领域，技术优势在执行器关节和力控抓取，已为全球超过 40 个国家和地区的 2000 余家机构和医院提供服务。应急救援场景中，五八智能的四足机器狗在火场中能敏捷地爬上楼梯，穿梭在楼道的各个房间进行“搜索”，利用先进的传感系统探测着火点、烟雾毒性、被困人员位置等信息，并运送救援保障物资，同时以图传方式将现场情况实时传输至指挥部，帮助险情研判，降低人员风险。阿加犀智能科技的“通天晓”交通指挥劝导机器人，集成端侧大语言模型与先进视觉感知技术，实现自然语音交互、精准意图理解与高效运动控制的一体化，无需云端依赖即可完成感知、决策、执行全流程闭环，既保障了响应速度与服务稳定性，又杜绝了公共数据隐私泄

露风险，其真实场景运行数据也为产品迭代与场景适配提供了精准支撑，已在春熙路交通劝导、世运会警务巡逻等场景验证落地。在农业生产领域，大田作业机器人通过卫星定位和多光谱传感器实现“变量施肥”，化肥利用率提升30%，亩均增产15%。番茄采摘机器人采摘效率达800个/小时，较人工提升4倍，果实损伤率从5%降至1%。

结语

尽管人形机器人领域发展迅速，但业界普遍认为，人形机器人要真正实现革命性应用仍然面临多重挑战，需要从硬件基础、算法模型、数据体系等多个角度继续进行大的技术突破和产业市场生态培育。电池容量、运动灵活性与稳定性仍然需要着力提升。在实际场景中的理解、决策和泛化能力还需要提升。高质量数据获取困难的问题也需要解决。“小脑”越来越发达，但“大脑”智能水准有限，有待多模态、时空智能、世界模型等领域的基础突破。从仿真训练到真实环境、跨场景的知识迁移和实际感知行动能力的不足，也是阻碍大规模应用的关键。

谢谢关注，欢迎垂询。

上海财经大学数字经济研究院微信公众号：



网址：<https://dfri.sufe.edu.cn>