



行业研究 | 深度报告 | 机械

# 人形机器人系列七：从应用侧看人形机器人的发展变化

## 报告要点

人形机器人本体厂商持续扩充的背景下叠加各家人形机器人本体厂商在2025年推进量产落地，产业化应用到了关键时刻。从产业趋势来看，2025年将成为人形机器人的量产元年，全球人形机器人销量有望达到上万台。近一年国内多家本体厂商已经展示行走、奔跑、崎岖地面行进、搬运、拣选物品等运动，但是要实现充分的商业化场景落地，这些能力还显得比较碎片化。目前政策推动人形机器人产业化应用积极探索，人形机器人示范化应用场景有望持续落地，建议重视应用端投资机会。

## 分析师及联系人



赵智勇

SAC:S0490517110001

SFC:BRP550



倪蕤

SAC:S0490520030003



刘晓舟

SAC:S0490524030001

# 人形机器人系列七：从应用侧看人形机器人的发展变化

行业研究 | 深度报告

投资评级看好 | 维持

## 当前人形机器人产业化应用进行到关键时期

从人形机器人的本体市场来看，目前人形机器人本体厂商参与较多，包括专业的人形机器人本体设计制造企业、车企、科技集团及跨行业企业等主题。当前国内制造人形机器人本体企业已经相对不稀缺。人形机器人本体厂商持续扩充的背景下叠加各家人形机器人本体厂商在2025年推进量产落地，产业化应用到了关键时刻。从产业趋势来看，2025年将成为人形机器人的量产元年，全球人形机器人销量有望达到上万台。近一年国内多家本体厂商已经展示行走、奔跑、崎岖地面行进、搬运、拣选物品等运动，但是要实现充分的商业化场景落地，这些能力还显得比较碎片化。

## 政策推动人形机器人产业化应用积极探索

政策非常积极推动人形机器人产业化应用发展。《人形机器人创新发展指导意见》明确特种领域、制造业典型场景、民生及重点行业等几个具体应用方向。今年1月《关于深化养老服务改革发展的意见》提到研究设立养老服务相关国家科技重大项目，重点推动人形机器人、脑机接口、人工智能等技术产品研发应用。此外，国家支持建设人形机器人重点实验室、制造业创新中心，凝聚产学研力量提升关键共性技术供给能力。截至目前，我国已成立多家人形机器人创新中心，其作为串联政府、产业、学界等各方的发展平台，将持续推动人形机器人产业落地。

## 人形机器人示范化应用场景有望持续落地

**电力巡检：**电力巡检是电力设备维护常态化手段。电力巡检机器人已经为相对成熟的产品，但，总体渗透率相对较低。根据申昊科技招股说明书测算，以变电站为例，截止2018年底，国网浙江智能巡检机器人实际使用渗透率为24.26%，预计全国电力智能巡检机器人渗透率可能更低。人形机器人在电力巡检的应用前景较大，我们认为，今年电力巡检将成为人形机器人率先落地的示范应用场景之一。灵巧手+双足结构设计有望具备巡检+操作的能力，适应更加复杂的电力巡检场景及提升能力上限。

**矿山智能化：**危险繁重岗位使用机器替人迫在眉睫。政策要求到2026年，全国煤矿智能化产能占比不低于60%，煤矿、非煤矿山危险繁重岗位作业智能装备或机器人替代率分别不低于30%、20%。目前全国至少有近40万台巡检机器人的需求，现在煤矿巡检机器人的单价基本在100万元以上，仅巷道巡检场景也至少是个千亿级的市场，煤矿需要的机器人包括5大类38种煤矿机器人。目前部分企业在矿山机器人领域已做出了部分应用和尝试。

**工厂搬运与拣选：**从单机智能到群体智慧，兼顾负载与灵巧操作。传统工厂搬运与拣选依赖人工操作，存在高风险、低效率、高成本等痛点。而使用传统AGV依赖磁轨或二维码，柔性化程度低。人形机器人或机器狗的应用通过视觉感知实现动态路径规划，可精准解决这些问题。

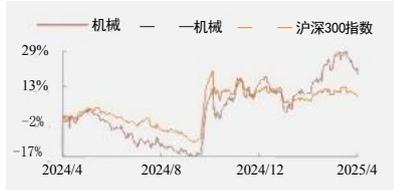
**深海科技应用：**极端环境下，水下机器人具有重要战略意义。深海环境面临高水压、能见度低、复杂环境等不利因素，需要多部门学科结合、采用机械化手段进行作业。自主水下机器人能够搭载各种传感器进行海洋探测，在军事、民用以及科学研究中发挥着越来越重要的作用。

## 风险提示

- 1、人形机器人应用场景落地应用不及预期。
- 2、政策扶持不及预期。
- 3、人形机器人量产不及预期的风险。
- 4、法律及伦理道德风险。

请阅读最后评级说明和重要声明

## 市场表现对比图(近12个月)



资料来源：Wind

## 相关研究

- 《工程机械专题：1-2月出口非洲延续高增，新兴市场整体景气有望持续》2025-03-23
- 《2月挖机销量点评：内销超预期，国内新周期开启》2025-03-13
- 《Figure AI 发布人形视觉-语言-动作模型 Helix，人形机器人智能化再进一步》2025-02-21



更多研报请访问  
长江研究小程序

## 目录

当前人形机器人产业化应用进行到关键时期	5
政策推动人形机器人产业化应用积极探索	6
人形机器人示范化应用场景有望持续落地	8
<b>电力巡检：逐步解决当前电力巡检的需求痛点和难点</b>	8
矿山智能化：危险繁重岗位使用机器替人迫在眉睫	11
工厂搬运与拣选：从单机智能到群体智慧，兼顾负载与灵巧操作	14
深海科技应用：极端环境下，水下机器人具有重要战略意义	16
风险提示	19

## 图表目录

图 1：宇树 G1 在崎岖路面奔跑	6
图 2：智元机器人探索在家庭环境的应用	6
图 3：Optimus、Figure 02 及 1X Tech 等人形机器人厂商应用探索	6
图 4：电力巡检的痛点与需求	8
图 5：亿嘉和电力巡检机器人产品体系	9
图 6：申昊科技电力巡检机器人产品体系	9
图 7：“天工”人形机器人操作 245 母联柜，完成倒闸操作	11
图 8：“天工”机器人实现手持超声波低电波局部放电检测仪进行多点位局部放电检测	11
图 9：人形机器人可以实现在电力领域自主稳定越障	11
图 10：人形机器人在电力巡检场景灵活操作能力强	11
图 11：煤矿机器人框架图	12
图 12：中信重工研制的多款煤矿机器人在矿山中实际应用	13
图 13：figure 在分拣产线中的应用	15
图 14：Digit 从 AMR（自主移动机器人）上进行卸货	15
图 15：优必选 Walker S1 进行协同分拣	16
图 16：优必选 Walker S1 协同进行大负载大尺寸料箱搬运	16
图 17：Walker S1 完成精准操作类任务	16
图 18：Walker S1 执行柔软物体灵巧操作任务	16
图 19：深海机器人于中国南海中南海山 (3756m) 测试运动能力和任务执行能力	17
图 20：深海机器人的多模态运动	18
表 1：主要人形机器人本体厂商具体进展	5
表 2：《人形机器人创新发展指导意见》对拓展场景应用的论述	7
表 3：部分创新中心的情况梳理	7
表 4：智能巡检机器人在电力电网领域应用渗透率较低	9

## 当前人形机器人产业化应用进行到关键时期

从人形机器人的本体市场来看，目前人形机器人本体厂商参与较多，包括专业的人形机器人本体设计制造企业、车企、科技集团及跨行业企业等主体。根据国家地方共建人形机器人创新中心统计，截至2024年11月，国内外通用人形机器人整机商业公司约150家，国内超过80家，国内人形机器人整机商业公司中有半数来自高校的学生和教师创业。当前国内制造人形机器人本体企业已经相对不稀缺。

表1: 主要人形机器人本体厂商具体进展

本体厂商	已推出产品型号	产品形态	硬件方案	下游应用	具体进展
国家地方共建具身智能机器人创新中心	天工	双足	旋转关节	电力巡检、搬运、物流分拣等	1)近期发布全球首个“一脑多能”、“一脑多机”的通用具身智能平台“慧思开物”。2)发布行业首个标准化通用具身智能数据集和Benchmark RoboMIND首批开源数据10万条，近百家企业、高校和科研机构数千次下载使用。
国家地方共建人形机器人创新中心	青龙	双足	旋转关节	智能制造等	1)完成基于MPC+WBC的全身动力学软件包，形成国内首个面向全尺寸人形机器人的运控解决方案；2)完成大模型LLM和具身模仿操控技术框架设计，为全尺寸人形机器人提供数据集与技术能力底座；3)启用全国首个异构人形机器人麒麟训练场。
宇树科技	G1、H1	双足	旋转关节	科研、展示	H1上春晚表演，G1展示功夫动作、分拣物品
智元机器人	远征A <sup>2</sup> Max、	双A <sup>2</sup> 足 <sup>2</sup> 、轮式	旋转关节	科研、保姆、保洁、安保、	2025年1月6日宣布量产通用具身机器人第1000台下工厂协助生产线，近期发布首个基于ViLLA首个通用具身基座大模型。
乐聚机器人	KUAVO系列、ROBAN系列、AE LOS系列	双足	旋转关节	科研教育、商业讲解、工业制造、智能家居、智慧康养	搭载盘古大模型，与华为云、国家地方共建人形机器人创新中心等签署合作合作协议
逐际动力	CL-2	双足	旋转关节	科研、制造、商业、家庭	发布基于视频生成大模型的具身操作算法LimXVGM
众擎机器人PM01、SE01系列等		双足	旋转关节，有直线关节技术储备	行走展示	展示深蹲、转弯行走，强化学习+端到端神经网络实现自然步态行走。2024年12月合肥众擎正式启动，人形机器人产品处于量产交付中
优必选	Walker X、Walker S1等	双足	旋转执行器	搬运、分拣、展馆、科研教育等	2025年有望落地批量化订单，与国家地方共建具身智能机器人创新中心、极氪、富士康、东风柳汽、北汽新能源等企业合作。近期发布天工行者，同时与居然智家签约，年内部署500台仿真机器人
小鹏汽车	Iron	双足	旋转关节+线性关节	工厂打螺丝、搬运	2024年11月发布最新人形机器人小鹏Iron，何小鹏在今年两会代表通道表示，期待在2026年能够量产面向工业的L3级别的工业机器人
腾讯控股	小五	轮式	两轮&四轮切换	人居环境	2018年成立腾讯Robotics X实验室，2024年9月人居环境机器人“5号”亮相，融合四腿轮足复合设计、大面积触觉皮肤、多指灵巧手等技术，可在真实人居环境中完成行走、搬运物体等动作，处理复杂任务，与人进行交互。
广汽集团	GoMate	轮式	两轮&四轮切换+旋转执行器	安防、康养以精细任务操作。安防行业与头部企业合作；及汽车后市场厅等进行指引、服务工作。服务等	GoMate可以模仿人类进行倒茶、整理衣服、搬运物品等。25年计划在广汽传祺、埃安等主机厂车间生产线和产业园区开展整机示范应用，2026年实现整机小批量生产。

资料来源：公司官网，北京人形机器人创新中心公众号，广汽集团公众号，腾讯RoboticsX实验室，小鹏汽车公众号，长江证券研究所

人形机器人本体厂商持续扩充的背景下叠加各家机器人本体厂商在2025年推进量产落地，产业化应用到了关键时刻。从产业趋势来看，2025年将成为人形机器人的量产元年，可实现成熟应用及稳定行走、灵巧手功能在持续优化。目前来看，国内外的重

点厂商预计2025年均有百台级到千台级别的量产规划并进行商业化部署，全球人形机器人销量有望达到上万台。

在最近一年，国内多家本体厂商已经展示行走、奔跑、崎岖地面行进、搬运、拣选物品等运动，在家用端则有叠衣服、操作家用电器、炒菜等操作，可以实现“搬拿拣选”等比较基础的动作。但是要实现充分的商业化场景落地，这些能力还显得比较碎片化。一方面，暂时还不能稳定支持长时序的动作流的实现，单个动作可以完成，连续多个动作可能还有障碍。这可能受制于当前人形机器人训练数据缺乏、模型(大脑)不完善、场景应用缺乏持续迭代等因素；另一方面，单个动作泛化能力不够，同样拿取的动作，可能因为拿取对象的变化，发生动作不适配的情况。目前海外特斯拉的 Optimus 已经在2024年发布的视频展示在工厂实现一些闭环应用的可能(自主充电→工厂行走→工位完成电池拣选、箱子搬运等工作)。国内厂商也在积极探索搬运、分拣、居家环境劳动等场景应用。

图 1：宇树 G1 在崎岖路面奔跑



资料来源：宇树科技，长江证券研究所

图 2：智元机器人探索在家庭环境的应用



资料来源：智元机器人官网，长江证券研究所

图 3：Optimus、Figure02 及 1X Tech 等人形机器人厂商应用探索



资料来源：TeslaX 平台，Figure AI 官网，1X Tech 官网，长江证券研究所

## 政策推动人形机器人产业化应用积极探索

政策非常积极的推动人形机器人产业化应用发展。2023年11月工信部发布的《人形机器人创新发展指导意见》，明确：1)3-5年发展路线：到2025年初步建立人形机器人

创新体系，2027年综合实力达到世界先进水平，成为重要的经济增长新引擎。2) 重点产品方向：即整机、传感器、高密度执行器、控制器、动力能源等。3) 具体应用场景：即特种领域、制造业典型场景、民生及重点行业等几个具体应用方向。

表2:《人形机器人创新发展指导意见》对拓展场景应用的论述

拓展场景应用	政策论述
服务特种领域需求	<b>强化复杂环境下本体控制、快速移动、精确感知等能力。</b> 面向山地、远洋等要地警戒守卫场景，强化人形机器人在复杂地形高机动鲁棒行走能力、态势感知与智能决策能力。 <b>面向民爆、救援等特殊环境</b> ，强化人形机器人本体安全防护能力、复杂任务智慧生成与高精度操作能力，降低作业人员危险性。
打造制造业典型场景	<b>聚焦3C、汽车等制造业重点领域，提升人形机器人工具操作与任务执行能力，打造人形机器人示范产线和工厂，在典型制造场景实现深度应用。</b> 面向结构化生产制造环节，推动人形机器人在 <b>装配、转运、检测、维护</b> 等工序的应用和推广。面向非结构化生产制造环节， <b>加强人形机器人与设备、人员、环境协作交互能力，支撑柔性化、定制化生产制造。</b>
加快民生及重点行业推广	拓展人形机器人在 <b>医疗、家政等民生领域服务应用</b> ，重点提升人机交互可靠性和安全性，开发具有复杂区域引导、灵活操作、鲁棒行走、多模态人机交互的解决方案。推动人形机器人在 <b>农业、物流等重点行业应用落地</b> ，提升人机交互、灵巧抓取、分拣搬运、智能配送等作业能力。

资料来源：《人形机器人创新发展指导意见》(工业和信息化部), 中国政府网, 长江证券研究所

2025年1月中共中央、国务院发布《关于深化养老服务改革发展的意见》，其中提到研究设立养老服务相关国家科技重大项目，重点推动人形机器人、脑机接口、人工智能等技术产品研发应用。深化全国智慧健康养老应用示范，推广智能化家居和智慧健康产品，探索开展居家养老安全风险预警和防范服务。

同时，《人形机器人创新发展指导意见》提出，支持建设人形机器人重点实验室、制造业创新中心，凝聚产学研力量提升关键共性技术供给能力。2023年11月，北京人形机器人创新中心作为首家省级人形机器人创新中心成立。2024年6月，国家地方共建人形机器人创新中心作为国家级创新中心于上海揭牌。截止目前，我国已成立多家人形机器人创新中心。创新中心作为串联政府、产业、学界等各方的发展平台，将持续推动人形机器人产业发展落地。

表3:部分创新中心的情况梳理

创新中心	地点	设立/启动时间	组织者	注册资本	主要任务
国家地方共建具身智能机器人创新中心	北京	2023年11月	小米集团、优必选科技、京城机电、中科院自动化所等	3.5亿	打造通用机器人硬件平台、大模型+开源运控系统。近期发布“慧思开物”，展示工业分拣、积木搭建、桌面清理、物流打包等应用场景
国家地方共建人形机器人创新中心(上海)	上海	2024年5月	国资骨干企业联合行业头部企业	10亿	聚焦人形机器人共性关键技术领域，围绕“创新技术研发中心、公共孵化平台、创新人才培养基地、创新核心智库、产业服务平台”等五大功能定位
浙江人形机器人创新中心	宁波	2024年3月	宁波市人民政府与浙江大学智能系统与6177.14万控制研究所的熊蓉教授团队	6177.14万	重点开展人形机器人智能感控技术研究和整机系统研发，全力打造集人形机器人技术研发、成果转化、人才培养及产业发展、产业辐射于一体的综合性创新平台
广东省具身智能机器人创新中心	深圳	2024年4月	由香港中文大学(深圳)及其下设的深圳市人工智能与机器人研究院牵头，依托深圳国创具身智能机器人有限公司组建		汇聚人工智能与机器人领域的学术、研究及产业资源，构建产业服务平台，推动形成自主、可控的具身智能机器人产业集群，促进人工智能与机器人在医疗健康、人才教育、城市管理、特种工业等领域的持续创新
成都人形机器人创新中心	成都	2024年4月	成都睿乐达机器人等	500万	将首先推出人形机器人的开发者版本，以供高校院所、个体开发者、科研公司等全球开发者进行共享开发，并在养老、家政、服务陪伴等具体应用领域进行具有针对性的专业开发
安徽人形机器人创新中心		2024年7月	由江淮前沿技术协同创新中心牵头，联合中国科大先研院、合肥工业大学、科大讯飞、蔚来汽车科技(安徽)有限公司等13家单位建设集研究、设计、评估与市场一体化的产业创新平台		将围绕工业生产、高危作业、医疗养老、文化教育、安防巡逻、灾害救援等重点领域需求，打造国内首创、世界领先的人形机器人研究基地。

资料来源：北京市经信局，国家地方共建人形机器人创新中心(上海)官网，浙江省科学技术厅，经济日报，中国政府网，安徽日报，长江证券研究所

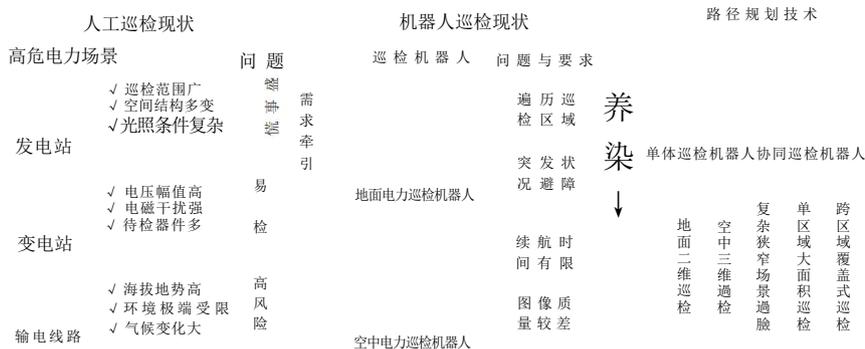
## 人形机器人示范化应用场景有望持续落地 电力巡检：逐步解决当前电力巡检的需求痛点和难点

电力巡检是电力设备维护常态化手段。电力巡检场景主要包括发电站、变电站及输电线路等。

- 发电站巡检：主要对锅炉、管道等进行定期检查，包括温度、震动、声波噪声等多方面物理指标的检测，避免爆炸、泄露等爆炸泄露等发电站事故的发生。
- 变电站巡检：主要对站内仪器指针与气味灰尘等进行检测，使变电站内设备正常运作来确保变电站的电能分配与输送正常。
- 输电线路：暴露在户外复杂环境(长期天气作用影响、动物干扰等), 容易出现电路破损和故障点。

此前，传统的电力巡检主要以人工巡检为主，由巡线工人采用目测或通过望远镜、测距仪及红外热像仪等方法完成巡检工作，但存在人工巡检效率低、容易漏检、风险高等风险。目前电网巡检正在通过利用机器人完成巡检，电力巡检机器人在发电站、变电站、输电线路等地面电力场景已经得到应用。地面场景主要是利用移动机器人对待检器件与设备进行检查，输电线路等高空电力场景主要通过无人机进行杆塔与巡线检测。

图4：电力巡检的痛点与需求



资料来源：《电力巡检机器人路径规划技术及应用综述》(毛建旭等), 长江证券研究所

电力巡检机器人已经为相对成熟的产品。从产品体系来看，国内亿嘉和、申昊科技均有相对成熟的产品体系，包括室内、室外巡检机器人、带电作业机器人及典型场景的操作机器人。

图5: 亿嘉和电力巡检机器人产品体系



资料来源: 亿嘉和官网, 长江证券研究所

图6: 申昊科技电力巡检机器人产品体系



资料来源: 申昊科技官网, 长江证券研究所

但是目前电力巡检机器人的总体渗透率相对较低。根据申昊科技招股说明书测算, 以变电站为例, 基于《2017年电力工业统计资料》及浙江省内各种类型变电站数量测算, 国网浙江对智能巡检机器人饱和需求量为4097台。而截止2018年底, 国网浙江实际共使用智能巡检机器人994台, 智能巡检机器人实际使用渗透率为24.26%。从全国变电站的智能巡检机器人需求测算来看, 预计饱和需求量超1.8万台。但由于国内电力巡检机器人从山东、江浙等地区开始对全国推广, 预计全国电力智能巡检机器人渗透率可能更低。

表4: 智能巡检机器人在电力电网领域应用渗透率较低

浙江省智能巡检机器人需求测算					
变电站类型	变电站数量 (座)	变电站轮式巡检机器人		变电站挂轨巡检机器人	
		(台/站)	估量(台)	(台/站)	估量(台)
750, 800, 1000kV	5	2-3	12.5	3-5	20
330-660kV	42	1-2	63	2-3	105
220kV	363	1	363	1-2	545
110kV	1494	1	1494	1	1494
总计	1904	-	1933	-	2164
国网浙江实际使用机器人数量	-	-	469	-	525

全国智能巡检机器人需求测算					
变电站类型	变电站数量 (座)	变电站轮式巡检机器人		变电站挂轨巡检机器人	
		(台/站)	估量(台)	(台/站)	估量(台)
750, 800, 1000kV	90	2-3	225	3-5	360
330-660kV	935	1-2	1403	2-3	2338
220kV	6144	1	6144	1-2	9216
110kV	28731	1	28731	1	28731
总计	35900	-	36503	-	40645

资料来源: 申昊科技招股说明书, 长江证券研究所

目前电力巡检机器人更多应用在电力巡检一些偏标准的场景，存在巡检点位未完全覆盖；轨迹规划不明确/失效，突发避障能力弱，复杂环境适应性有限，精确检测能力不足等应用限制，导致电力巡检机器人在某些应用场景可能难以进一步持续提升渗透率。

➢ **巡检点位未完全覆盖：**在复杂的室内外环境中，由于成本、安装位置受限等原因，固定摄像机难以覆盖所有巡检点位，同时，传统的轮式机器人无法在复杂的厂站环境中自由行动，姿态调节能力弱，巡检的空间和范围相对受限。

**轨迹规划不明确/失效：**电力场景本身具有可测信息不完备、场景地图较复杂、障碍物遮挡等特点，而电力巡检机器人装载的光学传感器、声学传感器、温度传感器等多传感器获取的非结构化数据在数据特征、数据形式、数据存储结构等方面存在差异，导致电力巡检机器人在路径规划的前端建模阶段面临数据计算量大、信息冗余度高的缺陷。这导致电力巡检机器人避障能力不足等问题。

➢ **精确检测能力不足：**对于细微的设备故障，如微小的绝缘破损、潜在的局部放电等，机器人的检测精度可能不够。人工巡检可以凭借经验和更专业的工具进行深入检查，而机器人目前还难以完全达到同等水平。

人形机器人在电力巡检的应用前景较大。一方面，由于具备灵巧手的硬件结构，人形机器人在电力巡检场景中有望具备巡检+操作的能力，可以进一步减少电力巡检的人员数量。同时，由于可以通过基于强化学习的技能训练，人形机器人能够使用、操作检测器件，并根据仪器仪表反馈，做出适时的运动规划、操作，使得其应用能力上限将有较大幅度的提升。另一方面，双足+环境感知、运控能力优化可以让机器人适应更加复杂的电力巡检场景，巡检的空间和范围得以拓宽。

比较典型的案例，2025年1月，国家地方共建具身智能机器人创新中心与北京亦利和能源发展有限责任公司在北京签署合作协议，围绕电力场景展开深度合作共研。国家地方共建具身智能机器人创新中心的“天工”机器人成为首个在电力行业完成操作和巡检的人形机器人。

灵巧操作能力强。“天工”机器人实现手持超声波低电波局部放电检测仪对多台电柜进行多点位局部放电检测。“天工”机器人能精准操作复杂的245母联柜，顺利完成合闸、分闸等倒闸操作任务。同时，“天工”机器人能实时捕捉操作现场的信息，并根据实际操作需求，凭借上肢操作与下肢平衡调整，完成上下蹲起以获取更广泛的操作空间，能够欧高效完成抓持仪器、点按、旋钮等精细动作。

感知行走能力实现复杂环境下的自主稳定越障。“天工”实现全地形感知泛化移动，能在台阶、狭窄通道等复杂环境中灵活穿梭，快速到达操作位置。

图7：“天工”人形机器人操作245母联柜，完成倒闸操作



资料来源：北京人形机器人创新中心，长江证券研究所

图8：“天工”机器人实现手持超声波低电波局部放电检测仪进行多点位局部放电检测



资料来源：北京人形机器人创新中心，长江证券研究所

图9：人形机器人可以在电力领域自主稳定越障



资料来源：北京人形机器人创新中心，长江证券研究所

图10：人形机器人在电力巡检场景灵活操作能力强



资料来源：北京人形机器人创新中心，长江证券研究所

我们认为，今年电力巡检将成为人形机器人率先落地的示范应用场景之一。人形机器人的架构设计匹配电力巡检复杂环境的适应性需求，灵巧手赋予人形机器人能够进行发电站、变电站等电力设施的设备精细化操作能力。随着 AI 技术的发展，我们认为人形机器人能进一步迭代出识别感知判断电力设备的运行状态并适时规划操作运动路线完成设备的操作与检修能力。

## 矿山智能化：危险繁重岗位使用机器替人迫在眉睫

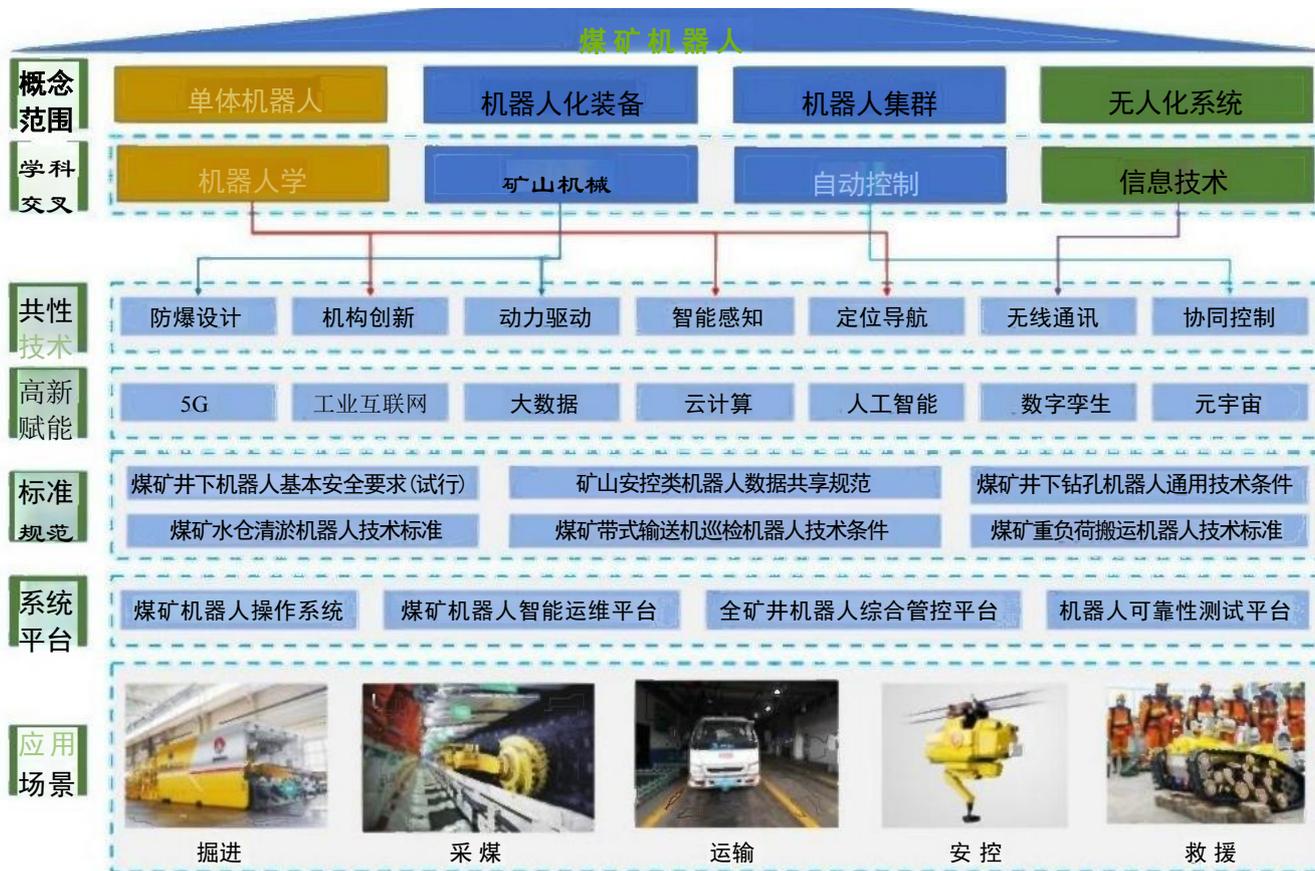
我国煤炭业从业人数高居世界之首，2023年约为340万人。作为传统高危行业，尽管煤矿自动化已经推行多年，但煤矿开采依然相当危险，根据国家统计局公布的数据，2023年煤矿百万吨死亡人数为0.094人，同比上升23.7%。对此，政府接连发布政策：2019年《煤矿机器人重点研发目录》发布，列出了5类38种需要重点研发的煤矿机器人；

2020年《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》发布实施，提出要将机器人与煤炭开发利用深度融合；

2024年1月，国务院安全生产委员会发布了《关于防范遏制矿山领域重特大生产安全事故的硬措施》，明确指出灾害严重矿井、发生较大以上事故的矿井必须进行智能化改造；

2024年4月，国家矿山安全监察局、国家发改委等七个部门联合发布了《关于深入推进矿山智能化建设促进矿山安全发展的指导意见》，要求到2026年，全国煤矿智能化产能占比不低于60%，煤矿、非煤矿山危险繁重岗位作业智能装备或机器人替代率分别不低于30%、20%，鼓励矿山企业逐工种、逐岗位分类制定机器人替代方案，做到能替尽替，全国矿山井下人员减少10%以上。

图 1 1：煤矿机器人框架图



资料来源：梅安森官微，长江证券研究所

从具体的应用案例出发：1) 部署长距离智能巡检车，通过激光雷达建模、多传感器数据融合等技术，实时监测巷道形变、气体浓度及设备状态，替代人工高危作业。例如，陕西小保当矿业应用的巡检车将自动化程度提升至90%，人力成本节约超30万元/年。2) 机器人搭载红外热成像、振动传感器等，实现设备异常预警。以国家能源集团神东煤矿为例，截至2024年5月，该矿已部署36种共305台机器人，覆盖辅助作业、巡检、救援等场景，综合效益显著提升。

总体上，利用四足机器人进行电力巡检、危险气体巡检、巷道巡检、皮带机巡检作业。通过机器人替人，减少煤矿井下一线危险繁重作业岗位的用工数量，对提高我国煤矿安全生产水平具有十分重要的意义。

目前机械臂已经相对成熟，但如果考虑防爆要求，做出来的成品普遍过重。有煤矿企业曾定制了一款负载5kg 机器臂，本体自重就达到了300kg，难以在煤矿一线场景落地。而人形机器人、机器狗产品在关节集成化方面已有了显著进步，其体型足以应对煤矿中的狭小场景。

此前市场没有爆发，主要系煤矿机器人的发展时间很短，技术研发没有跟上现实需求，直至2020年左右才正式起步。无论是底层技术、人才培养、市场认知都还在摸索阶段。

根据中煤科工首席科学家&中煤科工机器人创始人王雷表示，目前全国共有4300个煤矿，90%都是井工煤矿，每个井工煤矿平均有10-20个巷道。如果一个巷道只用10台巡检机器人，全国至少有近40万台巡检机器人的需求。现在煤矿巡检机器人的单价基本在100万元以上，这意味着仅仅巷道巡检场景，也至少是个千亿级的市场。而这还仅仅是其中的一种类别，煤矿需要的机器人包括5大类38种煤矿机器人。部分企业在矿山机器人领域已做出了部分应用和尝试，如：

中信重工近年来围绕智能矿山建设需求，积极融入AI、大数据、物联网等信息技术，大力推进执行类机器人技术与应用创新，持续增强管控平台系统效能，形成70余款矿山智能装备，应用于陕煤集团、甘肃窑街煤电、龙煤集团等大型煤企。

图42: 中信重工研制的多款煤矿机器人在矿山中实际应用



资料来源：中信重工开诚智能官网，长江证券研究所

梅安森深耕矿山智能化20年，有丰富应用案例积累。目前梅安森已经向云深处采购了少量本体机器狗，下一步将结合矿山相关巡检场景进行二次开发，打造地下空间无人自主巡检解决方案；同时，公司仍在继续扩大考察范围，选择最优于公司二次开发以及矿山行业应用的本体机器人。

尤洛卡2023年新增了“矿山机器人业务”，计划研发和生产一系列矿山需要的机器人，以减少和替代人工作业，提高矿山安全生产水平。目前部分产品已拿到安标证书。

## 工厂搬运与拣选：从单机智能到群体智慧，兼顾负载与灵巧操作

在工厂搬运与拣选中的场景主要需求包括汽车制造(零部件搬运)、电子装配(精密抓取)、物流分拣(多规格商品处理)等。其中包裹处理和分拣是物流中的基本操作。这通常涉及将包裹从一条传送带转移到另一条传送带，同时确保运输标签正确朝向以便扫描。这项任务面临几个关键挑战：包裹的尺寸、形状、重量和刚性(如硬盒或软袋)，都各不相同。

### 痛点突破：安全、效率与成本的三重优化

传统工厂搬运与拣选依赖人工操作，存在高风险、低效率、高成本等痛点。而使用传统AGV依赖磁轨或二维码，柔性化程度低。人形机器人或机器狗的应用通过纯视觉感知实现动态路径规划，可精准解决这些问题。具体来看，可通过以下几方面来解决痛点：

**提升安全性：** 重型工件搬运易引发工伤事故，机器人替代人工从事搬运重物、接触危险设备等高风险作业，机器人通过力控柔顺技术(如优必选联合规划控制系统)实现碰撞预警与自主避障。如在汽车工厂的带电高压零部件安装中，傅利叶人形机器人可避免工人暴露于危险环境，降低工伤事故率。

**提高效率：** 搬运工重复劳动强度大，拣选错误率高，而机器人通过算法优化与硬件升级，机器人搬运速度和分拣准确率能够提升，且能24小时连续作业，避免人工疲劳导致的效率波动。例如，优必选Walker S1在极氪智慧工厂第二阶段的实训搬运速度较第一阶段提升约25%，工作范围扩大30%，质检时间减半且准确率超99%。此外，异形件、软包装等非标品难以自动化，人形机器人通过多模态感知(视觉+触觉融合)实现自适应抓取，适用性扩展至鞋服退货处理等场景。

**降低成本：** 长期来看，机器人的规模化应用可减少人力成本，且通过轨迹规划与负载辨识技术，降低物料损耗与设备维护成本。

### 技术突破：从单机智能到群体智慧的跨越

人形机器人在工厂场景的落地，依赖多项关键技术的突破：

**群体智能技术：** 优必选创新性提出人形机器人神经网络(BrainNet)架构，结合人形智能网联中枢(loH)，实现多机器人的动态任务拆解与协同。通过端云结合的决策机制，机器人可实时共享全局地图并优化路径，显著提升复杂场景下的协作效率。

**多模态感知与控制技术：** 跨场域纯视觉感知技术支持机器人在动态环境中连续跟踪目标，而高精度力触觉反馈与自适应控制技术，使其能精准抓取易变形物体(如柔软薄膜)，避免损伤。例如，Walker S1在精密装配中通过动态调整抓取力度，确保零件无偏移。

**工业大模型与具身智能：** 基于亿级工业数据集训练的多模态推理大模型，赋予机器人类似人类的常识推理能力，支持复杂任务的高效规划与调度。结合语义VSLAM导航与学习型运动控制技术，机器人可快速适应不同工位需求，泛化能力显著提升。

### 应用场景：柔性化、协同化的工业新范式

在智能制造转型背景下，人形机器人凭借其类人形态与灵活交互能力，已深度融入工厂搬运与拣选环节。以优必选Walker S系列为例，其在东风柳汽、吉利汽车、比亚迪等

多家车企的总装车间、质检区及物流仓储场景中，实现了多任务协同作业。具体来看，人形机器人及机器狗在工厂物流中的核心应用场景包括：

**大负载物料搬运：**如汽车制造中的发动机、电池包等重型部件搬运（优必选Walker S1 负载达15kg，支持跨车间动态调整姿态）。

**精密拣选与装配：**针对电子元件、柔性薄膜等易损物品，通过高精度抓取与自适应控制实现无损伤操作（如优必选Walker S1 在车门装配区完成薄膜精准贴合）。

**多任务协同作业：**群体智能技术支持下，机器人集群可同时完成分拣、运输、质检等任务（例如极氪5G 智慧工厂的“群建群享”全局地图协作）。

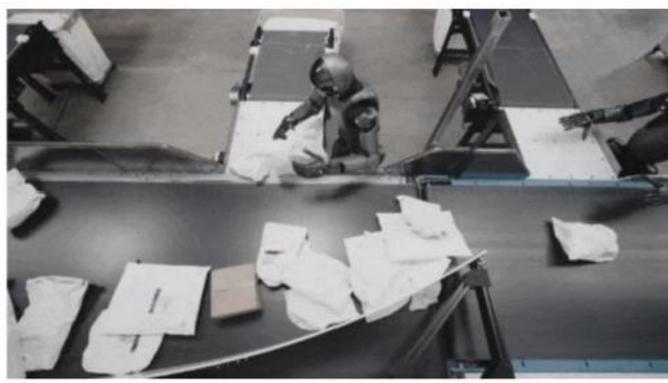
**非结构化环境适应：**机器狗在狭窄空间、复杂地形中的灵活移动能力，弥补传统AGV 局限（如矿山场景中的崎岖地面运输）。

**跨工序无缝衔接：**通过端云协同决策系统，实现搬运与产线节拍的动态匹配（优必选“人形智能网联中枢”支持任务拆解与调度）

在搬运方面，去年8月，人形机器人企业 Agility Robotics 宣布部署在全球最大的纯合同物流供应商 GXO 的 GXO Spanx 仓库的人形机器人 Digit，已经完成了10000个物流订单的履约。Digit 有两只胳膊、两条腿，身高约1.75米，体重65公斤，相当于中等男子的身材，最多可承载16公斤，能够向前和向后移动，转身和弯曲身体。在这个场景中，Digit 从 AMR（自主移动机器人）上卸下货箱，将其装入传送带系统，传送带系统将它们送到下游订单的包装/运输地点，这个过程完全不需要人为遥控操作。

近期，Figure 在物流包裹分拣中实现了机器人应用的落地。Figure 机器人军团同时走向自己的工位，站成一排，同步开启打工模式。灵活的双手拿起包裹后，识别物流码逐一分拣。整条流水线上，全由 Figure 完成，无需人类插手。

图 13：figure 在分拣产线中的应用



资料来源：新智元公众号，长江证券研究所

图14：Digit 从AMR（自主移动机器人）上进行卸货



资料来源：物流沙龙公众号，长江证券研究所

近期，优必选在极氪5G 智慧工厂开展全球首例多台、多场景、多任务的人形机器人协同实训探索建立面向多任务工业场景的通用人形机器人群体作业解决方案。目前优必选与东风柳汽、吉利汽车、一汽-大众青岛分公司、奥迪一汽、比亚迪、北汽新能源、富士康、顺丰等企业达成合作，其自主研发的工业人形机器人 Walker S 系列已在多家车厂完成第一阶段的单机自主智能实训。今年，优必选迈入实训2.0阶段，数十台人形机器人应用“群体智能”技术在展开协同实训。

在极氪5G 智慧工厂的分拣物料、搬运料箱、精密装配等场景中， 一群人形机器人协同工作。这些Walker S1 机器人分布于总装车间、SPS 仪表区、质检区及车门装配区等多个复杂场景，成功实现了协同分拣、协同搬运和精密装配等多任务协同作业。

图15: 优必选Walker S1进行协同分拣



资料来源：广东发布公众号，长江证券研究所

图16: 优必选Walker S1协同进行大负载大尺寸料箱搬运



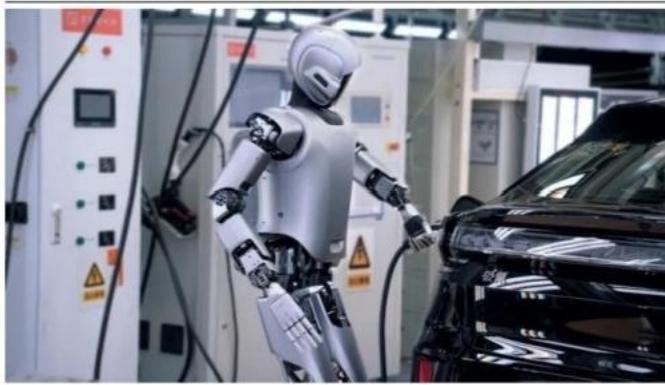
资料来源：广东发布公众号，长江证券研究所

图17: Walker S1 完成精准操作类任务



资料来源：广东发布公众号，长江证券研究所

图18: Walker S1执行柔软物体灵巧操作任务



资料来源：广东发布公众号，长江证券研究所

## 深海科技应用：极端环境下，水下机器人具有重要战略意义

深海环境面临高水压、能见度低、复杂环境等不利因素，需要多部门学科结合、采用机械化手段进行作业。自主水下机器人(AUV) 作为一种常用的深海探测工具，能够搭载各种传感器进行海洋探测，在军事、民用以及科学研究中发挥着越来越重要的作用。

**深海观测/探测：**水下机器人(如 ROV、AUV) 逐渐发展成为水下探索和作业的重要装备。近年来，美国、俄罗斯、挪威、日本等国家已研制出具备深海作业能力的水下机器人，并应用于海洋科学、资源开发、军事等领域。除此之外，欧洲、美国、日本、俄罗斯、澳大利亚等构建了锚系潜标观测网。目前，国际上的深海观测/探测与感知传感器朝着更高精度、更大作业水深、更多细分功能的方向发展。在潜水器领域，大水深环境机器人成为未来的主流发展方向。

**深海水下施工：**深海水下施工作业装备主要用于海底开沟埋管、海底地形平整、疏浚、维修维护等，以保护海底光缆、管道及桩基等基础设施，具有广阔的应用前景。例如，

法国 SIMEC 公司的 HECTOR 水下无人机器人可适应海底3000 m 海况；英国ACSM 公司开发的 CMROV 电缆检修机器人可在全球范围内极端环境条件和各种海底土壤中运行，额定水深为2000 m。

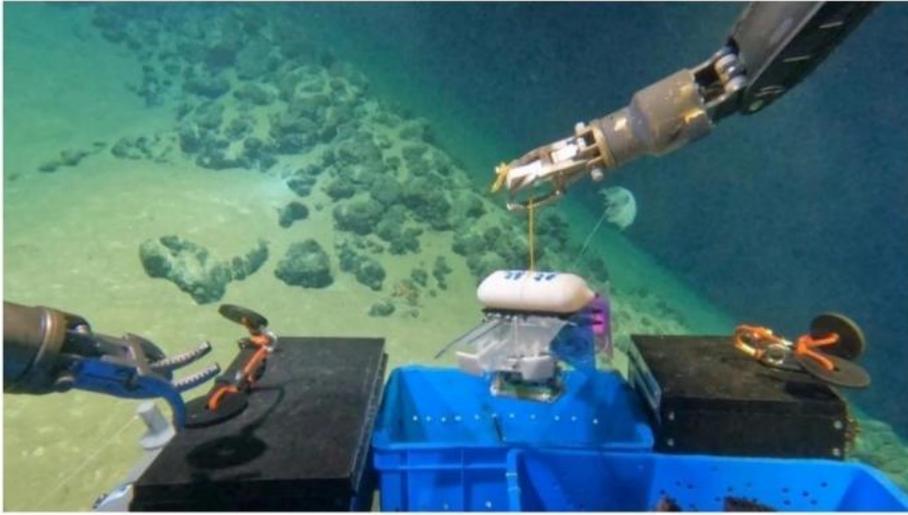
尽管深海科技有着广泛的应用空间，但是过去也存在一系列挑战。

在深海观测/探测方面：1) 面临极端环境挑战。深海环境具有高压、低温、黑暗、腐蚀性强等特点，对观测/探测与感知装备提出了极高的要求。2) 水的高吸收性使得深海水下无线通信困难，而有线通信又受到深海环境的限制，发展超远距离、高效通信是深海观测/探测与感知系统面临的重要挑战。3) 在深海中进行长时间观测/探测需要可靠的能源供应，高效的能源供给系统至关重要。

在深海水下施工方面：精确导航与定位、设备密封性与抗压性、高效动力系统等方面都面临严峻挑战。进一步确保水下施工设备性能稳定、降低故障率，加强设备有效维护和保养，成为维持水下设备可靠性和高效率的关键问题。

目前随着技术进步，已有部分产品在进行测试中，并取得良好效果。例如由北京航空航天大学机械工程及自动化学院研究团队联合中科院深海所、浙江大学，历经6年共同研发，从蝙蝠鱼的运动模式中汲取灵感，设计出能够游动、滑翔、爬行的多模态机器人，并利用手性双稳态超材料结构实现0.75s 内的游动-走动快速转换，适应不同的海底地形和任务需求。

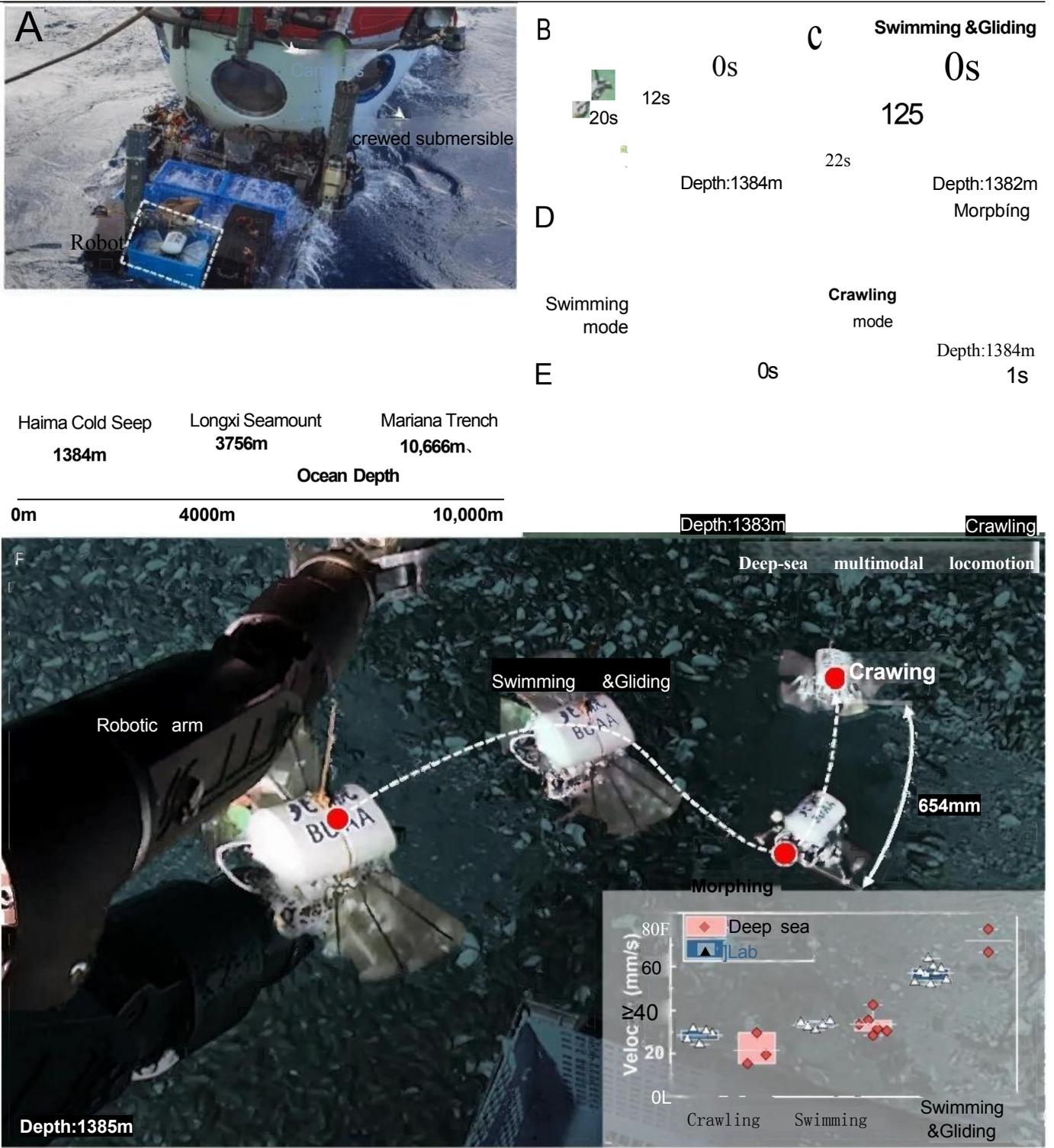
图19: 深海机器人于中国南海中南海山 (3756m) 测试运动能力和任务执行能力



资料来源：《Minature deep-sea morphable robot with multimodal locomotion》Fei Pan et al., 长江证券研究所

多模态运动能力使得机器人能够在复杂的深海环境中灵活应对，完成多样化的任务。在游动模式下，机器人通过尾鳍的摆动产生推力，最高速度可达5.5cm/s；在滑翔模式下，展开的背鳍利用水的升力实现长距离滑行；在爬行模式下，机器人利用各向异性足部设计，能够实现3cm/s 的沙地行走。通过在海马冷泉、龙溪海山和马里亚纳海沟的深海实际应用测试，该团队展示了机器人在高压、低温环境中的稳定表现，还验证了其在复杂海底地形中的适应性和多功能性。

图 20：深海机器人的多模态运动



资料来源：《Miniature deep-sea morphable robot with multimodal locomotion》Fei Pan et al., 长江证券研究所

## 风险提示

- 1、人形机器人应用场景落地应用不及预期。当前人形机器人的大脑、小脑能力仍然具备持续提升空间，大部分人形机器人应用场景仍在处于探索阶段。大脑决定机器人感知、理解并规划任务等能力，小脑决定机器人动作执行的精确度和有效性。若后续大脑小脑的迭代能力不足，可能影响人形机器人在特定场景应用落地。
- 2、政策扶持不及预期。当前人形机器人行业发展方兴未艾，政府扶持力度比较积极。全国各省市、自治区均提出具体人形机器人产业发展政策，发布产业基金，推动人形机器人从零部件再到本体、应用场景的发展。若后续政策扶持力度不及预期，可能影响人形机器人产业化应用落地节奏。
- 3、人形机器人量产不及预期的风险。当前人形机器人量产化需解决量产工艺及成本问题，若量产化不及预期，将直接影响产业链整机设备、零部件的需求放量。
- 4、法律及伦理道德风险。人形机器人的发展对现有的法律法规提出了挑战，如机器人的法律责任、知识产权保护等问题。同时，人形机器人的发展引发了诸多伦理道德问题，如机器人的权利与责任、人类与机器人之间的关系等。若无法较好解决法律及伦理道德相关问题，可能导致行业发展受阻。

## 投资评级说明

行业评级 报告发布日后的12个月内行业股票指数的涨跌幅相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅为基准，投资建议的评级标准为：

看好： 相对表现优于同期相关证券市场代表性指数

中性： 相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平

看淡： 相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数

公司评级 报告发布日后的12个月内公司的涨跌幅相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅为基准，投资建议的评级标准为：

买入： 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于10%

增持： 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在5%~10%之间

中性： 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间

减持： 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%

无投资评级： 由于我们无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使我们无法给出明确的投资评级。

相关证券市场代表性指数说明： 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；香港市场以恒生指数为基准。

## 办公地址

### 上海

Add/ 虹口区新建路200号国华金融中心B栋22、23层  
P.C/(200080)

### 武汉

Add/ 武汉市江汉区淮海路88号长江证券大厦37楼  
P.C/(430023)

### 北京

Add/ 西城区金融街33号通泰大厦15层  
P.C/(100032)

### 深圳

Add/ 深圳市福田区中心四路1号嘉里建设广场3期36楼  
P.C/(518048)

## 分析师声明

本报告署名分析师以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。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。作者所得报酬的任何部分不曾与，不与，也不将与本报告中的具体推荐意见或观点而有直接或间接联系，特此声明。

## 法律主体声明

本报告由长江证券股份有限公司及/或其附属机构(以下简称「长江证券」或「本公司J) 制作，由长江证券股份有限公司在中华人民共和国大陆地区发行。长江证券股份有限公司具有中国证监会许可的投资咨询业务资格，经营证券业务许可证编号为：10060000。本报告署名分析师所持中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格证书编号已披露在报告首页的作者姓名旁。

在遵守适用的法律法规情况下，本报告亦可能由长江证券经纪(香港)有限公司在香港地区发行。长江证券经纪(香港)有限公司具有香港证券及期货事务监察委员会核准的“就证券提供意见”业务资格(第四类牌照的受监管活动)，中央编号为：AXY608。本报告作者所持香港证监会牌照的中央编号已披露在报告首页的作者姓名旁。

## 其他声明

本报告并非针对或意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许该报告发送、发布的人员。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本报告内容的全部或部分均不构成投资建议。本报告所包含的观点、建议并未考虑报告接收人在财务状况、投资目的、风险偏好等方面的具体情况，报告接收者应当独立评估本报告所含信息，基于自身投资目标、需求、市场机会、风险及其他因素自主做出决策并自行承担投资风险。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。本研究报告并不构成本公司对购入、购买或认购证券的邀请或要约。本公司有可能会与本报告涉及的公司进行投资银行业务或投资服务等其他业务(例如：配售代理、牵头经办人、保荐人、承销商或自营投资)。

本报告所包含的观点及建议不适用于所有投资者，且并未考虑个别客户的特殊情况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。投资者不应以本报告取代其独立判断或仅依据本报告做出决策，并在需要时咨询专业意见。

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，本公司可以发出其他与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告；本报告所反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表本公司或其他附属机构的立场；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。本公司及作者在自身所知范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

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、复制和发布给其他机构及/或人士(无论整份和部分)。如引用须注明出处为本公司研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的，应当注明本报告的发布人和发布日期，提示使用证券研究报告的风险。本公司不为转发人及/或其客户因使用本报告或报告载明的内容产生的直接或间接损失承担任何责任。未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。

本公司保留一切权利。