



核电人形机器人专题报告

—— 工业应用场景巡礼

机械分析师：鲁佩 贾新龙

核电人形机器人专题报告

—— 工业应用场景巡礼

2025年6月16日

核心观点

- **国内核电人形机器人产业发展提速：**自2024年3月起，国家地方共建人形机器人创新中心联合上海电气中央研究院，针对核电行业极端环境需求，开展了大量技术攻关与联合实验，成功部署首款针对核电产业日常生产的人形机器人并进驻核电场景训练场，相关项目也顺利完成阶段性验收。同时，国家和上海、杭州、北京、深圳等地纷纷出台人形机器人相关政策，从技术研发、应用推广等多方面给予支持，为人形机器人深度融入核电产业、推动核电智能化发展奠定了坚实基础。
- **核机器人是针对核电厂严苛环境设计的高度智能化自动设备：**按形态结构分为人形和非人形机器人，核电人形机器人融合传统核电智能机器人技术，集成先进传感器、精密控制算法等，具备高辐射耐受性、智能决策等八大特性。按功能用途可分为检测、维修、应急等类别，按应用场景又有巡检、高精度上下料等区分。在巡检场景可监测设备、投送物资；在高精度上下料场景能处理乏燃料；在工作清理及精修加工场景可进行去污、切割等作业，极大提升核电运维效率与安全性。
- **核机器人产业链涵盖上游原材料供应、中游生产加工和下游应用环节：**产业链上游涉及金属材料、电气元器件等原材料供应及环境感知等核心技术；中游负责产品设计研发、制造组装等；下游应用于核燃料更换、设备检修等多个核电领域。随着核电产业扩张和乏燃料处理需求增加，市场空间广阔，技术也向智能化、高精度化发展。目前挑战包括：人形机器人成本高昂，底层算法模型不成熟，数据采集和精细操作存在局限。
- **多家上市公司在核电人形机器人领域积极布局，推动产业不断向前发展：**其中，景业智能深耕核工业，在乏燃料后处理业务上持续发力，其“胡狼1号”四足巡逻机器人备受关注，通过收购和战略合作拓展业务；申昊科技与云深处科技合作，借助双方优势开发核工业智能巡检机器人；上海电气启动“麒麟”具身智能训练场，研发工业级人形机器人；亿嘉和推出 RK100 人形机器人，探索核电巡检应用；沈阳新松机器人开发核应急机器人，并在海外市场取得突破，加速全球化进程。
- **投资建议：**核电领域作为危险、重复、繁重的工业应用场景，有望率先实现具身智能赋能与落地，我们建议关注深耕核电领域且已布局相关产品的景业智能、上海电气、申昊科技、亿嘉和、机器人等公司。
- **风险提示：**核电人形机器人研发进展及商业化落地不及预期的风险；全球核电安全事件对核电行业发展不利影响的风险；报告假设造成的测算偏差的风险；人形机器人潜在供应商环节竞争加剧的风险。

机械设备行业

推荐 维持评级

分析师

鲁佩

盒：021-20257809

区：lupei_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130521060001

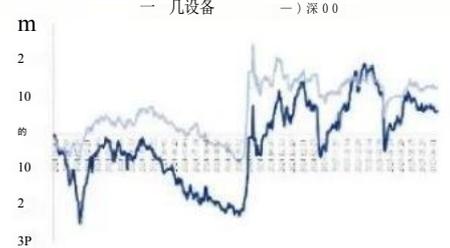
贾新龙

盒：021-20257807

凶：jiaxinlong_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130524070006

相对沪深300表现图 2025-06-16



资料来源：中国银河证券研究院

相关研究

一、核电人形机器人产业发展提速

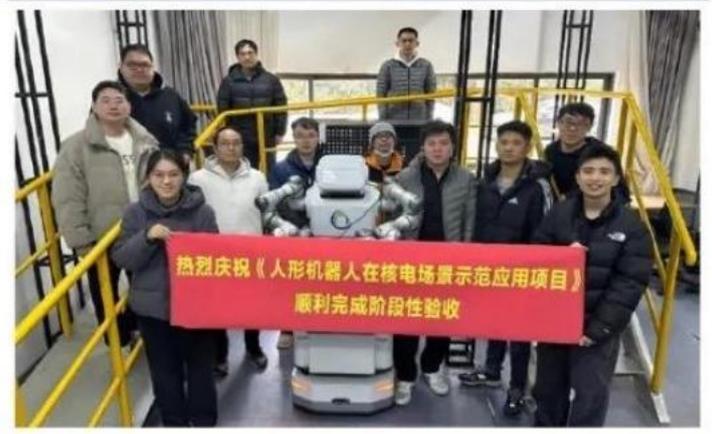
国内核电人形机器人产业取得一系列积极进展。人形机器人有望成为核电全产业链智能化的核心支撑，为核电智能化发展开启新篇章。自2024年3月起，基于国家工信部对人形机器人在特种应用领域的明确要求，国家地方共建人形机器人创新中心(下称“国地中心”)联合上海电气中央研究院，以核电行业作业环境为背景探索人形机器人应用，聚焦核电行业极端环境需求，通过“机器换人”提升作业安全性与效率；2024年12月1日，双方经过长期的技术攻关与联合实验，成功部署首款针对核电产业日常生产的人形机器人，并顺利进驻核电场景的训练场；2025年1月13日，国地中心《人形机器人在核电场景示范应用项目》顺利完成训练数据采集系统和工艺自主化实现的阶段性验收，标志着人形机器人在核电行业应用迈向重要阶段；2025年2月17日，人形机器人创新中心“麒麟”具身智能训练场正式启动，可初步满足100台人形机器人同时训练，未来还将进行扩容，预计2027年前后可容纳1000个人形机器人同时训练，为加速人形机器人技术发展与应用拓展提供了有力保障。

图1:国地中心携手上海电气，部署核电日常生产首台人形机器人



资料来源:上海市国有资产监督管理委员会,中国银河证券研究院

图2:《人形机器人在核电场景示范应用项目》顺利完成阶段性验收



资料来源:中国核电网,中国银河证券研究院

宇树科技CEO 王兴兴预测,2025年底前AI人形机器人将会达到一个“新量级”,2026-2027年人形机器人将在服务业、工业等部分场景落地。2025年2月18日,民营企业座谈会圆满落幕,宇树科技CEO 王兴兴在会后接受了媒体专访并表示:AI的赋能使得人形机器人的进化速度远超预期,各项性能与功能都在不断实现新的突破。他做出预测:在2025年底前,AI人形机器人将达到“新量级”,其技术成熟度、应用能力等都将上升到一个新的台阶。按照当前蓬勃的发展态势,到2026-2027年,AI人形机器人将彻底走出实验室,摆脱仅作为概念展示品的阶段。它们将真正走进服务业、工业等部分场景,深度融入实际的生产生活。通过高效地完成各种任务,为相关行业的发展注入全新的活力,准动行业实现更高效、更智能的转型升级。

图3: 宇树科技CEO 王兴兴预测, 2025年底前AI 人形机器人将达到“新量级”



资料来源: 央视新闻, 中国银河证券研究院

在阿布扎比防务展上, 景业智能“胡狼一号”智能巡逻机器人以其在复杂环境下的作业能力及模块化技术优势, 吸引众多行业客户及专业机构的关注。2025年2月17日, 在阿联酋举办的阿布扎比国际防务展上, 杭州景业智能科技股份有限公司带来的“胡狼1号”四足巡逻机器人首次亮相。该机器人机体搭载高清摄像头, 可实时捕捉、分析环境关键信息, 搭配远程喊话、声光警示功能, 能及时震慑潜在威胁, 并向指挥中心精准回传情报; 该机械狗还备防暴网枪模块, 极大提升应急处置能力; 此外, 其应用的自组网通信技术, 可实现数公里外的实时数据传输与超远程精准操控, 降低人员涉险风险。在极端温度环境中, 通过智能巡航系统与多传感器融合技术, “胡狼1号”皆能自动调整步态与行进策略, 保障全天候、全地形作业可靠性。因此, 凭借在复杂环境下的出色作业能力以及模块化技术优势, 该机械狗吸引了众多行业客户和专业机构的目光。

在国家产业政策引领下, 上海、杭州、北京、深圳等地分别出台人形机器人相关政策及方案, 为核电人形机器人的技术研发和应用推广提供了有力支持, 有助于推动其在核电领域的广泛应用。

国家层面,以工信部为主导, 确立了人形机器人产业的市场发展战略目标: 2025年实现整机产品批量生产, 到2027年推动产业规模化发展, 使其深度融入实体经济, 促进人形机器人产品规模化落地; 2024年印发的《关于推动未来产业创新发展的实施意见》中指出, **智能制造和特殊环境作业**等领域有望首先应用人形机器人作业。**地方层面,**2024年10月11日, 上海市发布《浦东新区人形机器人产业高质量发展三年行动计划(2024-2026年)》, 将在**民爆、核电等特种作业**领域打造一批人形机器人**危化品分拣、安防巡检**等典型应用场景; 2024年12月20日, 杭州市印发促进人形机器人产业创新发展的政策措施, 围绕工业制造、市政巡检等多领域打造优质应用场景; 2025年2月28日, 北京市科学技术委员会印发《北京具身智能科技创新与产业培育行动计划(2025-2027年)》, 该计划明确加快**危险、重复、繁重岗位作业**的具身智能机器人替代, 鼓励相关领域央企国企开放应用场景, 促进技术方和场景方联合研发; 2025年3月3日, 深圳市科技创新局印发《深圳市具身智能机器人技术创新与产业发展行动计划(2025-2027年)》, 聚焦人工智能终端产业, 重点发展包括工业级人工智能终端在内的九大产品品类, 在工业制造等领域打造典型应用场景。

图4: 景业智能“胡狼1号”机器狗在阿布扎比防务展上亮相



资料来源: 新华网, 中国银河证券研究院

图5: 深圳市宣布将推出人形机器人专项政策, 支持人形机器人发展



资料来源: 央视新闻, 中国银河证券研究院

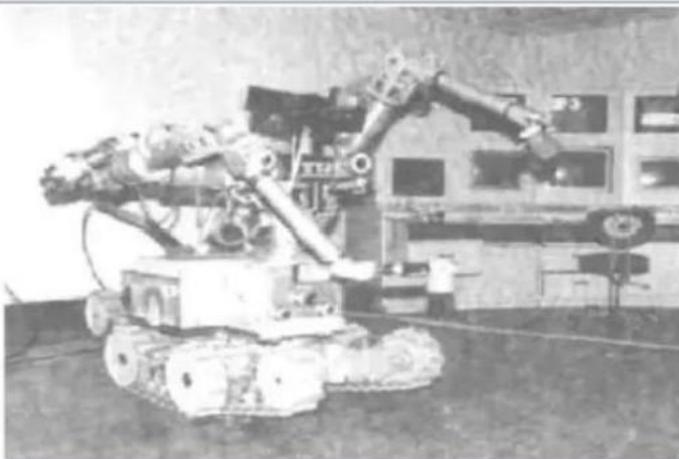
二、核电人形机器人：基本情况与定义分类

(一) 自20世纪40年代至今核电人形机器人发展取得显著成果

1. 核电机器人是提升核电运维效率的关键装备之一，自20世纪40年代起，国际上便开始了对核电机器人及人形机器人领域的探索。1948年，美国阿贡实验室开发出可操作放射性物质的遥控式机械手M1，有效降低了人员受照剂量，后续推出Odex系列机器人；1977年，日本早稻田大学研发出世界上首台用于核电站巡检的双足机器人，能完成检查、开关电站阀门等操作；美国三里岛、苏联切尔诺贝利核事故后，美、法、德、日等多国加大核电站机器人开发力度，提升其在动作种类、灵活性、电池工作及传送信号方面的性能，提升核电站安全性与应急处理能力；2011年福岛核事故后，日本千叶工业大学开发的Quince机器人率先进入高辐射区探查，因通讯中断和复杂地形而失效，随后，美国iRobot公司经紧急改造的PackBot和Warrior军用机器人投入现场，成为首批进入福岛反应堆的国际救援机器人；2017年，日本研发的Mini-Manbo水下机器人突破性进入3号反应堆，首次传回熔毁燃料棒影像；2024年，日本东电力推出Telesco伸缩臂机器人执行核燃料熔块采样任务，标志着核电机器人精密操作能力取得突破。

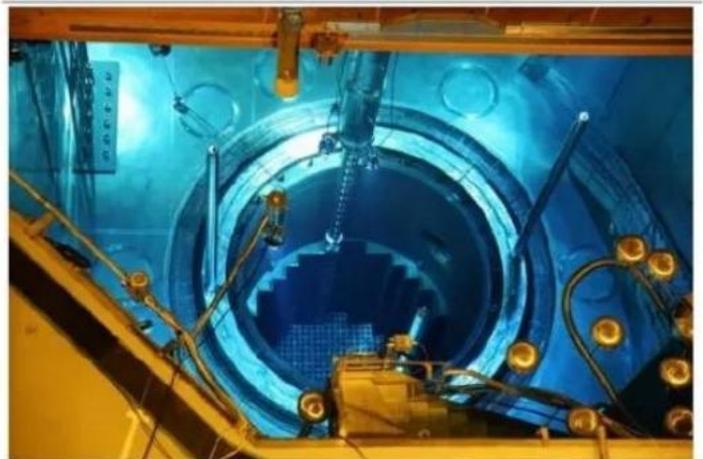
2. 中国在核电机器人及人形机器人领域的研究起步相对较晚，但凭借着积极的科研投入与不懈的探索精神，在相关技术领域加速追赶。20世纪80年代末，在国家“863”计划智能机器人项目的支持下，我国开始研究核环境作业机器人；1994年，中国科学院沈阳自动化研究所和上海交通大学牵头联合多家国内单位，推出我国自主研发的第一款以核工业实际应用为背景的“勇士号”遥控移动作业机器人；2012年，中国科学院光电技术研究所研制的多功能水下智能检查机器人通过鉴定，填补国内核电智能机器人空白，为多家单位提供支持；2015年5月，中广核集团下属中科华核电技术研究院联合国内多领域相关单位组建“核电智能装备与机器人技术创新联盟”，奠定特种机器人长远发展基础；同年9月，中科华核电技术研究院自主研发的反应堆换料机器人和压力容器整体式螺栓拉伸机分别在防城港核电1号机组核燃料组件装载及2号机组压力容器开关盖工作中成功应用；2024年，国地中心联合上海电气中央研究院针对核电行业极端与高风险作业环境展开深入研究，并于同年12月1日成功部署首款面向核电产业日常生产的人形机器人，标志着中国核电人形机器人从理论探索迈向实际应用，开启了核电运维的新篇章。

图6:勇士号：我国核工业首台自主研发遥控移动作业机器人



资料来源：科普中国，中国银河证券研究院

图7:中广核自主研制核电站反应堆换料机器人完成核燃料组件装载



资料来源：国家原子能机构，中国银河证券研究院

(二) 核电人形机器人的定义与特性

1. 核电人形机器人是针对核电厂严苛环境所打造的高度智能化自动设备。它融合传统核电智能机器人技术，借鉴人类形态与动作模式设计理念，集成先进传感器、精密控制算法、人工智能技术以及仿人机械结构，旨在应对核电厂高温高压、高辐射等极端复杂的工作环境。核电人形机器人具备高度自主决策与智能交互能力，能够依据预设任务目标灵活做出科学决策，并以模拟人类的行动方式高效适配各类核电任务场景，显著提升核电运维的安全性和效率。

2. 核电人形机器人的八点特性

(1) **高辐射耐受性。**人形机器人采用含硼聚乙烯等屏蔽材料与冗余设计技术，能够在高温高压、高辐射等极端核电环境中稳定运行，有效阻挡辐射对内部精密部件的损害；运用先进的抗辐射电子元件和冷却技术，确保机器人在恶劣环境中电子系统正常运作，保障其可靠执行任务。

(2) **智能决策能力。**人形机器人借助人工智能技术，依托高效算法与强大计算能力，能够快速处理海量来自环境、任务和目标等多方面的信息数据，自主做出最优决策，这是实现自主导航、精准任务执行以及流畅人机交互等关键功能的最重要特性。

(3) **运动控制能力。**人形机器人关节运动依赖高精度电机与传动装置，精准把控角度、速度与扭矩，多关节协同规划保障动作流畅自然；能按需生成多样步态，并依环境实时调整参数。此外，凭借冗余自由度与先进系统，人形机器人展现出高灵活性与敏捷性，适配复杂任务与场景。

(4) **自主导航定位。**人形机器人配备集成激光雷达、视觉传感器和惯性测量单元(IMU) 等的先进导航系统，能够在复杂核电环境中自主移动、精准定位并智能避障。类人化的身形使其在定位和移动时，能够巧妙地利用空间，在狭窄通道和设备间隙间精准穿梭，有效提升工作效率。

(5) **远程操控便捷。**人形机器人配备的远程操控和监控系统，方便操作人员实时掌握机器人状态并进行手动控制，在特殊情况下进行人工干预。类人化设计符合人类的操作习惯，操作人员能够凭借对人类动作的熟悉，实现高效、精准的远程操控。

(6) **多传感器协同。**通过运用先进的多传感器融合技术，人形机器人可精确感知周围环境，为决策提供可靠依据。其类人化的传感器布局模拟人类多维度感知环境的方式，能够从不同角度收集信息，进而深入理解和分析环境状况。

(7) **多功能作业能力。**通过快速换装各类专用功能模块，人形机器人能够在不同核电作业场景下迅速切换工作模式，使其在核电全生命周期中，无论是日常的设备巡检、维护，还是突发事件的应急处理，都能精准适配任务需求，极大地提升了核电作业的整体效率和质量。

(8) **长期续航能力。**人形机器人采用高性能电池与能量管理系统，结合低功耗设计理念，使人形机器人能够在核电站长时间连续作业，减少充电频次，且具备自我诊断与故障预警功能，提前发现潜在问题，维持运行稳定性。

(三) 核电智能机器人的分类：形态、功能与应用场景视角

1. **按形态结构划分，核电领域智能机器人可分为人形机器人和非人形机器人。人形机器人凭借其独特优势，在诸多方面可替代人类和现有的非人形机器人。**

在替代人类层面，核电环境中的高辐射、高温高压等危险因素，对人体健康危害极大。人形机器人借助特殊材料与先进技术，具备出色的辐射耐受性，能在这类危险环境中稳定运行，有效避免人员暴露于危险之中，保障人员安全。此外，核电工作任务繁重且持续时间长，人类长时间作业极易疲劳，从而影响工作效率与质量，而人形机器人无需休息，可保持稳定的工作节奏，确保工作的连贯性。在对精度要求极高的精细作业中，人类操作易受生理和情绪因素干扰，而人形机器人凭借精密的控制算法和传感器系统，能够实现高精度操作，确保工作质量。

在替代现有的非人形机器人层面，核电环境复杂，存在狭窄通道和复杂地形，四足、轮式、履

带式等非人形机器人在移动时往往受到限制，而人形机器人凭借类人形态，行动更为灵活，能够通过攀爬、弯腰、侧身等动作，抵达其他机器人难以触及的区域。伴随国家核电业军工升级，对核设施、核装备的制造与维护精度要求提高，机械臂等非人形机器人功能相对单一，多执行特定的重复性任务，在面对大规模、复杂的军工生产任务时，效率也难以满足战略需求的快速响应。相比之下，人形机器人的类人上肢结构和多关节设计赋予其操作灵活性，不仅可完成复杂动作，还能使用各类工具，执行多样化任务。此外，在人机协作场景中，人形机器人的类人外观和行为模式，使其与人类的交互更加自然流畅，更容易理解人类的指令意图，从而实现高效的沟通协作。

2. 按功能用途划分，核电领域智能机器人可分为检测、维修、应急机器人；将应用场景的技术难度按由易到难顺序划分，可分为巡航、高精度上下料、工件清理及精修加工机器人。

按功能用途划分：检测/监测机器人用于对核电设备和环境参数进行检测，如反应堆压力容器检查机器人借助传感器和摄像头，检查容器的结构完整性和运行参数，蒸汽发生器传热管检查机器人，深入管内检测管壁状况；维修/维护机器人负责核电设备的维修、保养和清理，如水下在线维修机器人，在水下对相关设备进行修复；应急/救援机器人在核电站发生事故时执行抢险、救援和评估任务，如日本的QUINCE 和 SAKURA 机器人，可进入高辐射危险域，为救援提供现场信息和协助。

按应用场景划分：巡航机器人可实现简单人机交互与视觉识别，能节律行走，抗干扰并动态调节步态，还可通过“感知-位置控制一体化”抓取物品；高精度上下料机器人具备高精度环境感知和三维空间精准重构能力，能在“感知-力位控制一体化”下实现类人灵巧抓取；工件清理及精修加工机器人拥有多模态感知与环境建模能力，借助刚柔耦合、大模型驱动实现多样行为平滑切换，配备高紧凑仿生上肢和灵巧抓取装置，可进行类人灵巧操作并与人协作。

表1:核电机器人可按形态结构、功能用途、应用场景等三种情况分类

分类标准	类型	介绍	
按形态结构分类	人形机器人	外观和肢体结构模仿人类，能够在复杂核电环境中模仿人类动作且移动灵活，可使用人类工具完成任务	
	非人形机器人	机械臂类	安装于固定基座或移动平台，拥有多个自由度，用于核电设备的精准检测与维修
		履带式机器人	以履带为移动机构，稳定性和越障能力强，能够在复杂地形执行任务，多用于核事故应急救援
		轮式机器人	依靠轮子移动，速度较快，适用于核电厂房平坦区域的快速巡检，配备多种检测设备采集数据
		腿式机器人	如四足或六足机器人，地形适应性佳，在不平整地面作业，用于核电场地巡检和简单物品运输
		球式机器人	外形呈球形，可在特定空间滚动移动，便于进入狭窄或不规则空间进行检测
按功能用途分类	检测/监测	用于对核电设备和环境参数进行检测	
	维修/维护	负责核电设备的维修、保养和清理	
	应急救援	在核电站发生事故时执行抢险、救援和评估任务	
按应用场景分类	巡检机器人	可实现人机交互，具备行走、抗干扰等功能，可通过感知-位置控制一体化抓取物品	
	高精度上下料机器人	具备环境感知、空间重构能力，在感知-力位控制一体化下实现类人抓取	
	工件清理及精修加工机器人	拥有多模态感知与建模能力，配备仿生上肢和抓取装置，可进行类人操作并与人协作	
	防卫机器人	具备多感知能力，可排查隐患、持续监控和灵活调整巡逻策略，实现全方位、全时段安防监控	

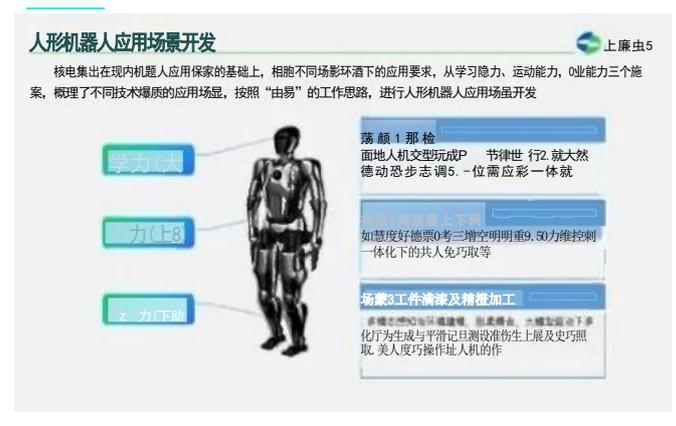
资料来源：上海电气，中国银河证券研究院

图8: 核电机器人按功能分为检测监测、维修维护、应急救援三类



资料来源: 上海电气, 中国银河证券研究院

图9: 核电人形机器人应用场景分为巡航、上下料、工件处理三类



资料来源: 上海电气, 中国银河证券研究院

(四) 核电人形机器人：细分应用场景介绍

1. 按照“从易到难”的工作思路，人形机器人于巡检、高精度上下料、工件清理及精修加工等应用场景中，凭借多种设备与技术实现对应的功能，为核电相关工作的推进提供有力支持。

在巡检场景中，涉及日常维护与检查、辐射监测与测绘、特种物资投送等。在实际应用中，搭载视觉传感器、超声波设备或伽马射线探测器的人形机器人，可对核设施内外部管道、储罐开展自主巡检，实现腐蚀检测和焊缝完整性评估；配备激光雷达、辐照检测传感器及自组网模块的人形机器人，可替代人工完成高辐射区域的实时监测与数据建模；同时，借助温湿度、振动传感器和4D语义地图，人形机器人可实现对核电站高价值设备的动态环境感知与故障预测；此外，具备强地形适应能力的人形机器人可将备用的检测设备、关键零部件等特种物资及时投送至指定地点，突破复杂地形的投送瓶颈。

例如，国地中心与北京亦利和能源公司合作推出的“天工”人形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，凭借强大的具身运控和操作能力突破复杂环境下的移动与操作难题，可完成电力设备巡检和倒闸等操作任务，为电力行业及核工业等领域的智能化转型提供强大助力；华东理工团队研发“面向核电站巡检的具身智能机器人”采用多模态大模型融合图像等信息提升场景理解和规划能力，通过构建4D语义地图，结合深度强化学习控制运动，实现灵活移动和环境感知，借助数字孪生和抗辐射技术，实现设备实时监控和故障预测。

图10: “天工”人形机器人可完成电力设备巡检和倒闸操作



资料来源: 国家地方共建具身智能机器人创新中心, 中国银河证券研究院

图11: 华东理工团队研发融合多模态大模型的具身智能巡检机器人



资料来源: 华东理工大学, 中国银河证券研究院

在高精度上下料场景中，涉及乏燃料后处理、核设施退役中的封装操作等。在乏燃料池中，具备柔性机械臂的人形机器人，可实现对燃料棒毫米级精度的抓取、转移，并封装至屏蔽容器；对于退役核设施中拆除的高放射性部件，可通过远程操控人形机器人进行封装，避免人员直接接触；在后处理厂中，人形机器人能够精准投放铀环分离工艺所需的化学试剂，降低临界事故发生的风险。

例如，美国能源部阿贡国家实验室牵头多个机构，结合数字孪生软件，构建双臂机器人系统并对其远程操作功能进行测试：操作人员通过佩戴虚拟现实耳机和触敏触觉手套，可实现对机器人的物理与虚空同步控制；当操作员移动手臂时，机器人模仿相应动作，同时手套上的传感器会向操作人员提供反馈，从而提高操作精度。在测试里，机器人成功打开模拟核废料罐，完成对内部物品的检查、分类并关闭容器。未来，该机器人系统有望应用于高放射性部件封装，操作人员可在安全区域远程操控机器人完成任务，有效避免人员直接接触高放射性物质。

图12: 美国能源部阿贡实验室牵头多个机构，结合数字孪生软件研发双臂机器人系统并测试其远程操作功能



资料来源：中国核技术网，中国银河证券研究院

在工件清理及精修加工场景中，涉及核设施退役与拆除、放射性废物处理、事故应急响应等。实际操作时，配备高压水射流或激光清洗装置的机器人通过多传感器融合技术(如深度相机、气体检测传感器)实现工件表面去污；在退役反应堆中，利用抗辐射材料和亚毫米级路径规划，机器人可执行放射性管道的激光切割或机械切割；在核应急响应中，配备有防爆装备的人形机器人携带紧急通讯、抢修工具等物资，凭借自主路径规划快速规划路线以尽快抵达核心区域，实时精准监测辐射剂量，为指挥决策提供依据。

例如，英国格拉斯哥大学等机构的工程师联合开发的共生多机器人舰队(SMuRFs) 系统，在核电站退役工作中展现出关键作用。SMuRF 系统由轮式、四足和空中机器人协同构成，借助传感器数据共享实现紧密协作，操作人员可远程监控，确保各机器人高效配合。其核心技术网络物理系统(CPS)能与大量传感器、机器人等实时通信，并创建精确的3D 数字孪生模型。这不仅帮助机器人在充满辐射风险和复杂地形的核电站环境中自主导航、执行任务，还为操作人员提供直观的数字仪表盘，便于其全面掌握情况并及时决策。

天创机器人发布的全球首款防爆人形机器人“天魁1号”获得 IIC T6 级防爆认证，在运动结构、电源系统、电气线路等方面进行特殊处理，具备卓越的防爆性能，能够在严苛的易燃易爆环境下稳定运行。该机器人基于人形双臂、大负载移动平台等模块化设计，适用于核电领域等对安全性要求极高的特殊场景；其腰部采用折叠升降结构，手臂垂直展开最高末端高度可达3m，大臂展手

臂运用高刚度一体化关节，单臂水平全展开形态下末端负载可达15kg，可用于核岛内微辐射场景下的代人检修作业，在防爆的同时精准操作相关设备，安全高效执行如阀门开关、设备检修等任务，有效降低人员安全风险，提升核电作业的安全性及效率，为核电行业的稳定运行提供有力支持。

图13:英国工程师联合开发共生多机器人舰队(SMuRFs) 系统



资料来源: University of Glasgow, 中国银河证券研究院

图14:天创机器人发布全球首款防爆人形机器人“天魁1号”



资料来源: 新华报业网, 中国银河证券研究院

2. 在现代安防需求日益复杂、对安全性与高效性要求不断攀升的背景下，四足机器人集群正逐渐成为构建全天候安防体系的关键力量，其在军事基地、重要设施等防卫场景中的应用潜力巨大。在实际部署中，四足机器人集群可实现全方位、全时段监控巡逻：白天，各机器人凭借自身传感器与视觉系统，对周边环境进行细致排查，及时发现人员异常聚集、可疑物品等安全隐患；夜晚或恶劣天气条件下，其搭载的红外热成像、微光夜视等特殊传感器不受影响，继续保持安防监控。部分机器人还能携带生命探测仪等设备，对被监控区域进行深层次检测，确保无潜在安全威胁遗漏。此外，通过智能算法，机器人集群可根据不同时段、区域风险等级，灵活调整巡逻路线与重点监控区域，实现资源合理分配，最大化发挥安防效能。

例如，以景业智能“胡狼1号”为代表的四足机器人凭借其在复杂环境下的出色作业能力以及模块化技术优势，为全天候安防体系奠定基础；中国兵器装备集团有限公司研发的“机器狼”四足机器人集群系统也极具代表性。该系统由综合打击、侦察探测、运输保障等多型仿生四足机器人构成，可在城镇街道、厂矿山洞等复杂场景协同执行任务。各型“机器狼”通过“人-车-狼”互联互通、信息共享和动态自主协同，达成复杂环境下的侦、打、破、评、保一体化无人集群式综合作战能力，解决了复杂环境下通信差、突击弱、通行难等问题，为安防力量提供集群式综合作战手段。

图15: 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司自主研发的“机器狼”四足机器人首次在中国航展现场动态展示



资料来源: 央视军事, 中国银河证券研究院

(五) 核电机器人参与主体扩容, 协同发展态势渐显

2024年10月, 中核集团发起的“核工业机器人与智能装备协同创新联盟”理事会暨技术交流会召开, 200余名行业专家及企业代表参会。核机器人与智能装备协同创新联盟成立于2018年, 初始成员包括核动力运行研究所、中国原子能科学研究院、哈尔滨工业大学等32家理事单位和3家会员单位, 聚焦核工业机器人关键技术攻关、系统集成开发、工程应用等领域的深度合作。本次会议期间, 中核资本、中国核电、中核智库、中核武汉共同签署“中核机器人产业化合作框架协议”, 为相关产业后续天使轮融资提供有力支持。中核资本是中核集团设立的科技孵化转化创新投资平台, 致力于为核工业新质生产力提供资本赋能, 此次大会为中核集团发挥资本运作平台作用的重要实践。中核机器人产业化项目作为中核科创首批“核能前沿科技十大首单项目”之一, 依托核工业骨干科研院所在特种作业、应急处突、巡检排障等机器人领域的研发经验基础, 通过强化外部协同、开放合作和技术创新, 推动我国核工业高质量协同发展。

图16: “核工业机器人与智能装备协同创新联盟”理事会暨技术交流会召开, 中核机器人战略框架协议顺利签署

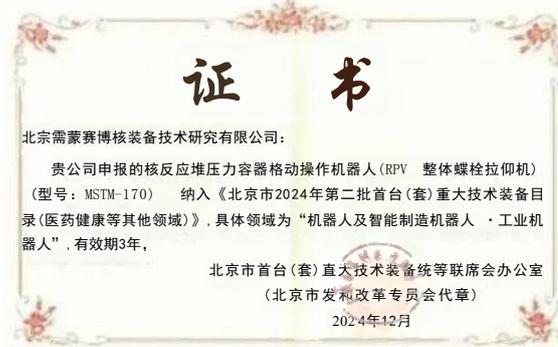


资料来源: 中国核工业集团资本控股有限公司, 中国银河证券研究院

2024年12月, 北京雷蒙塞博核装备技术有限公司与中国核电工程有限公司联合研发的核装备机器人被纳入首台(套)重大技术装备目录。北京市首台(套)重大技术装备统筹联席会议办公室公布

2024年第二批首台(套)重大技术装备目录,雷蒙赛博与中核工程联合研发的核反应堆压力容器移动操作机器人(RPV整体螺栓拉伸机)成功入选,有效期3年。该机器人依托中和工程在核工业领域技术积累,聚焦核反应堆压力容器的打开和关闭操作需求,凭借其高精度、高可靠等特点,在复杂危险的核辐照环境中完成关键任务,最终该核装备在技术水准、性能表现等多方面均达到预期,有效提升核工业运维效率和安全性,成为创造相关技术的国内“首个”。

图17:雷蒙赛博与中核工程联合研发的核装备机器人成功入选首台(套)重大技术装备目录



资料来源:北京雷蒙赛博核装备技术有限公司,中国银河证券研究院

三、核电机机器人产业链

(一)核电机机器人产业链主要包括上游原材料、中游生产、下游应用环节

核电机机器人产业链主要包括上游供应商,中游机器人生产加工及下游行业应用三个环节组成。上游可分为生产原材料与核心技术供应,核电机机器人原材料种类丰富,构造复杂,需要来自金属材料、电气元器件、传感器、电池等多类产品供应商,核心技术包含环境感知、AI视觉、运动控制等智能化算法与系统。中游生产加工环节主要包括设计研发、制造组装、质量控制与测试等内容,为适配核电站高辐射、强腐蚀等严苛的工作环境和多样化作业需求。下游需求应用范围广泛,涵盖安全巡检、材料运输、维护等应用需求,智能机器人在核电行业的广泛利用可有效提高核电作业的工作效率和安全性。

图18: 核电智能机器人产业链包括上游供应商、中游机器人制造和下游应用三个环节



资料来源: 北京博研智尚信息咨询有限公司、鞍钢集团官网、首钢集团官网、汉威科技官网、宁德时代官网、埃斯顿自动化官网等、中国银河证券研究院

产业链上游为核电机器人提供关键原材料及核心技术系统，是保障产品性能与可靠性的关键环节，目前我国核电机器人上游各领域皆有具备较强技术水平与市场竞争力的供应商企业。金属材料领域，宝钢股份、鞍钢集团等凭借在钢铁和特种合金领域的丰富经验与强大生产能力，为核电设备关键部件广泛提供基础原料；电子元器件领域，基于核电机器人的集成电路、微处理器和存储器等生产需求，中芯国际、长电科技和华天科技为首的企业为机器人提供高性能电子元器件；传感器领域，主要供应商包括汉威科技、航天科技和歌尔股份，生产供应温度、压力、辐射等多种传感器，帮助机器人更加精准地感知环境；电池供应环节，宁德时代、比亚迪等企业为核电机器人行业提供高质量锂电池及燃料电池，确保机器人具备持续运行能力。在核心技术支持方面，商汤科技、依图科技、云从科技为首的企业为机器人提供图像识别、路线规划等智能算法，各类环境感知与分析模型依据大量数据训练，为机器人提供信息判断依据，提升其应对复杂环境的能力。上游零部件质量与价格、技术水平对中下游成本控制、产品性能及市场竞争力均有重要影响。

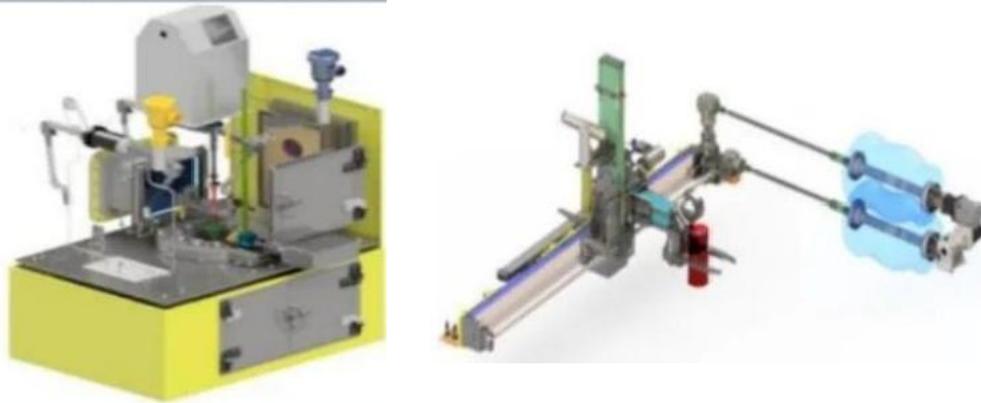
图19: 产业链上游包括传感器、电机等核心零部件及AI视觉系统等核心技术



资料来源: 汉威科技集团, 汇川技术, 云从科技, 中国银河证券研究院

产业链中游作为核电机器人从设计构思到成品交付的核心阶段，涵盖多个重要流程。中游涵盖产品设计研发、制造组装、质量控制与测试、成本与效益分析环节，其技术水平和产能对核电机器人产品质量、市场竞争力具有决定性影响。景业智能在核电机器人设计研发上成果显著，掌握高精度辐照适应性技术、可重构与应急技术等技术创新，生产关键技术达到国际先进水平；沈阳新松机器人自动化股份有限公司和广州数控设备有限公司通过自动化、智能化生产线升级，在制造组装、成本控制环节占据市场优势；国核自仪系统工程有限责任公司和中国核动力研究设计院为首的大型企业及研究机构凭借长期积累的生产经验。在设计研发、质量监控环节的表现位居国内前沿。中游环节的技术实力和生产效能，直接影响着产品在市场中的竞争力以及整个产业链的协同发展，目前我国企业在中游环节生产能力逐步提升，在国际核电智能机器人市场竞争中崭露头角，有望获得更加广阔的市场空间。

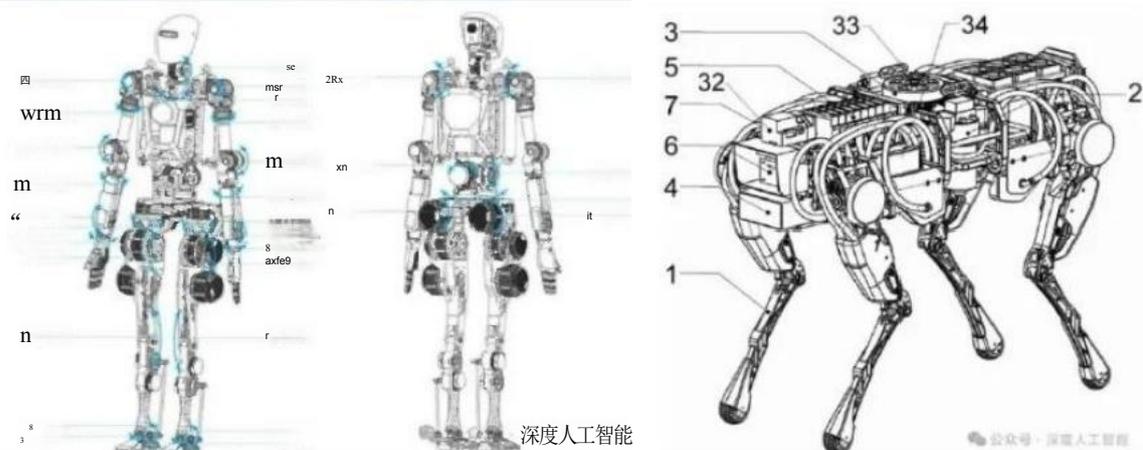
图20：我国部分中游企业实现技术领先，下图为景业智能分析用取样机器人(左)和耐辐照机器人(右)



资料来源：景业智能官网，中国银河证券研究院

中游机器人种类繁多，其中人形机器人和四足机器人较有代表性，在机器人设计和技术架构上各有其突出之处。设计构造方面，人形机器人采用仿人结构设计，具备双足行走、多自由度手臂及高精度操作能力，能够适应人类工作环境并执行复杂任务，以高精度传感器、先进控制算法及人工智能为核心，可实现精细操作与智能决策。四足机器人则采用仿生设计与多自由度运动系统，可在崎岖、狭窄及非结构化地形中稳定行走与跨越障碍，其技术架构融合了激光雷达、机器视觉及自主避障算法，适用于复杂环境下的巡检与应急响应任务。人形机器人与四足机器人设计具有一定互补性，前者侧重于高精度操作与复杂任务执行，后者则擅长复杂环境下的巡检与应急响应。

图 21：人形机器人和四足机器人在构造设计上各有偏重



资料来源：景业智能官网，中国银河证券研究院

产业链下游应用广泛，全面覆盖核电站多个关键领域，包括核燃料更换、设备检修、废物处理及应急响应等环节，有效保障电站运行的安全性与高效性。在核燃料组件更换环节，核机器人可有效弥补人工操作的不足，发挥重要作用。核燃料组件结构复杂，由264根燃料元件棒、24根导向管和一根堆内测量导管组成，随核电站运行，燃料中裂变元素消耗至不足以维持裂变反应，需定期对反应堆进行乏燃料更换作业。核燃料更换周期为12-18个月，每次燃料循环周期后需完成所有燃料组件的卸载、占比约三分之一的乏燃料组件替换以及相关组件的顺序倒换，装卸料操作繁琐。由于机器人可在高辐射环境下长时间稳定工作，通过高精度机械臂与传感系统完成精细操作，核机器人可承担核废料拆解、处理及核燃料更换等高风险任务，降低人员辐射暴露风险和操作误差风险。

图22:燃料组件装卸操作复杂



资料来源：科学网，中国银河证券研究院

图23:核机器人可高效承担巡检、上下料等任务



资料来源：上海市国有资产监督管理委员会，中国银河证券研究院

其他下游应用中，巡检机器人通过高效数据采集与全面智能分析，为核电站设备日常管理提供全新的技术解决方案。核电站内部环境复杂，涉及大量高温、高压及高辐射区域，传统人工巡检方式存在效率低、风险高等局限性。巡检机器人通过搭载传感器、热成像仪及辐射检测等设备，实时采集温度、振动、辐射剂量等关键参数，可实现对核电站关键设备的全方位、多维度监测。目前巡检机器人已在国内部分电厂投入使用，海东供电公司自2023年起对15座110千伏变电站实施变电站智能巡检系统建设，利用智能巡检机器人实现高空巡检全覆盖，从“人眼判别”升级到“机器视觉和 AI 缺陷识别”，为设备运维提供更为可靠的诊断结果；2025年2月，国地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合作宣布研发完成首个在电力行业完成操作和巡检的人形机器人“天工”，该人形机器人突破复杂环境的移动与操作难题，能够精准完成合闸、分闸等倒闸操作任务，展现巨大的工业应用潜力。随机器学习算法与数字孪生技术的发展，巡检机器人将进一步提升故障诊断精度与预测性维护能力，为核电站的安全稳定运行提供更加全面的技术保障。

图24:巡检机器人可自动采集温度、表计等数据



资料来源: 中国新闻网, 中国科技网, 中国银河证券研究院

随着核安全要求的不断提高, 在核应急救援领域, 核电机机器人对人工操作的替代需求将逐步提升。核电站运行环境存在强辐射、非结构化、狭窄空间核水下等特点, 传统应急响应方式依赖人工操作, 不仅效率受限, 且人员面临极高的辐射暴露风险。核应急响应机器人可实现事件应对系统性预案的提前制定, 通过自主路径规划与实时检测功能, 在事故发生时快速进入现场进行设备状态检测、泄漏封堵及污染物清理等作业, 提升事故处置效率。2022年9月, 我国新松机器人自动化股份有限公司推出核应急机器人, 实现核电站环境中的高越障能力、可视化远程操控、辐照加固材料等技术。适配核工业应急抢险、灾难救援、退役拆解等应用场景。核电机机器人凭借其自主作业能力与耐辐射特性, 在未来核电站事故应急处置中将逐步替代人工操作, 实现更加安全的电站运营模式。

图 25 : 新松针对核应急需求痛点推出核应急机器人



资料来源: 沈阳新松机器人官网, 中国银河证券研究院

四足机器人凭借其出色的地形适应能力和自主导航能力, 在核电站应用环境中也可发挥独特优势。核电站内部环境复杂, 存在强辐射、狭窄空间及非结构化地形等挑战, 相比于传统轮式或履带式机器人, 四足机器人通过仿生设计与多自由度运动系统, 可在崎岖地形中稳定行走、攀爬及跨越障碍, 更加适用于核电站巡检、设备维护等场景。人形机器人则因其能够模仿人类操作行为进行互动, 拥有多样化的工业应用场景。在核电站应用中, 适用于核燃料更换、设备检修及核废料处理等场景, 凭借其仿人操作能力完成高精度、高风险的作业任务, 人形机器人替代人工进行精细化操作,

可有效降低安全风险，提升工作效率。2024年10月，国际电工委员会(IEC)发布由上海核工院主导制定的国际标准《核设施-仪表、控制与电气系统-人工智能应用》，明确了核设施人工智能领域未来十年国际标准制定的路线图，随相关规定的完善、机器人制造技术的进步和电站安全性、稳定性需求的持续提升，核机器人应用比例将逐步提高，有望实现无人工操作环节的“黑灯工厂”，为核电产业发展注入强劲动力。

图26：四足机器人和人形机器人在核工业领域应用场景广泛



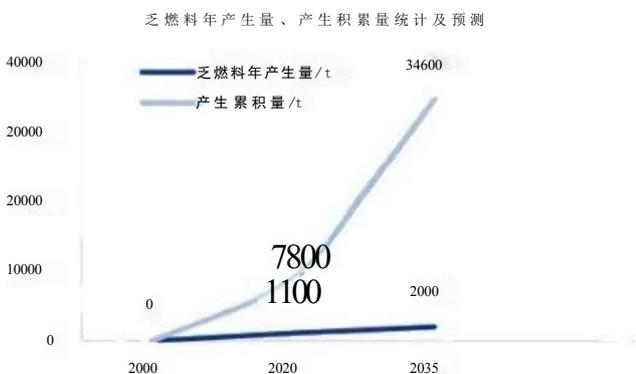
资料来源：深度人工智能，中国银河证券研究院

(二)核机器人行业的未来发展潜力

1. 核电产业发展，核机器人迎来广阔前景

核电产业扩张与乏燃料处理难题，为核机器人创造了广阔的市场空间与发展契机。日前，全球对清洁能源需求日益增长，核电在能源结构中的地位愈发重要，加之国家对核工业军工升级的战略需求，核工业建设规模持续攀升，传统的人工作业模式或难以适应。据国家能源局统计数据，截至2023年底，我国在建核电机组26台，核电工程完成投资949亿元，同比增长20.8%，核机器人作为解决核电站关键环节难题的重要手段，正迎来黄金发展期。尤其在乏燃料后处理环节，据中国核能行业协会《中国核能行业智库丛书》预测，至2035年，我国乏燃料离堆贮存累积量将达到13900t，与我国后处理量、离堆贮存能力间将存在约2400t-3200t 缺口，我国核电行业面临乏燃料管理压力增大、核燃料循环后段需求日益迫切的难题，乏燃料处理厂的产能建设需求将进一步带动相关核电设备的市场增长。此外，由于乏燃料后处理环节高辐射、高毒性的特殊工作环境，人工操作存在高风险与低效率问题，核工业对智能机械取代人工的需求极为迫切，为核机器人行业带来广阔的发展空间。

图27：乏燃料年产生积累量预计2035年达到34600吨



资料来源：中国核能行业协会、中国银河证券研究院

图28：乏燃料离堆储存累积量预计2035年达13900吨



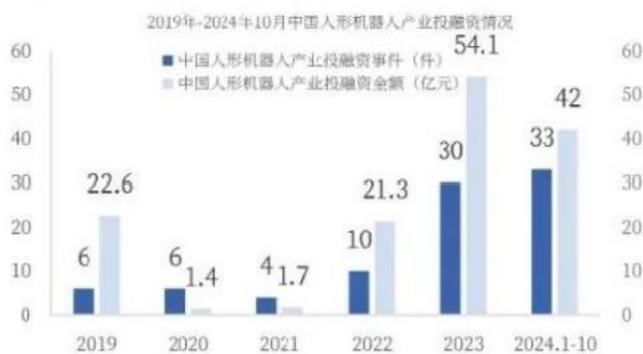
资料来源：中国核能行业协会、中国银河证券研究院

2. 我国智能机器人发展潜力巨大，人形机器人有望形成千亿元市场

我国智能机器人行业展现出强劲发展势头，核电站作为智能机器人领域应用的重要场景，正迎来蓬勃发展的机遇。截至2024年12月底，我国已有45.17万家智能机器人行业企业，注册资本累计达到64445.57亿元，企业数量较2020年底增长206.73%，较2023年底增长19.39%，资本持续涌入机器人行业。2022年中国工业机器人市场规模约553亿元，预计2024年将达到700亿元，其中，我国人形机器人市场规模2024年预计达到27.6亿元，2029年达到750亿元，将占到世界总量的32.7%，至2030年有望发展成千亿级别市场。投融资方面，2021年后，我国人形机器人投融资金额及数量整体呈现上升趋势，2023年我国人形机器人产业融投资事件30件，年度融投资金额共54.1亿元，2024年1-10月前投融资事件已达33件，融投资金额42亿元，我国智能机器人产业的不断发展为核电机器人带来更加成熟的技术与产业链。

图29: 我国人形机器人产业规模预计2029年达750亿元

图30: 我国人形机器人产业投融资规模2021年起恢复增长



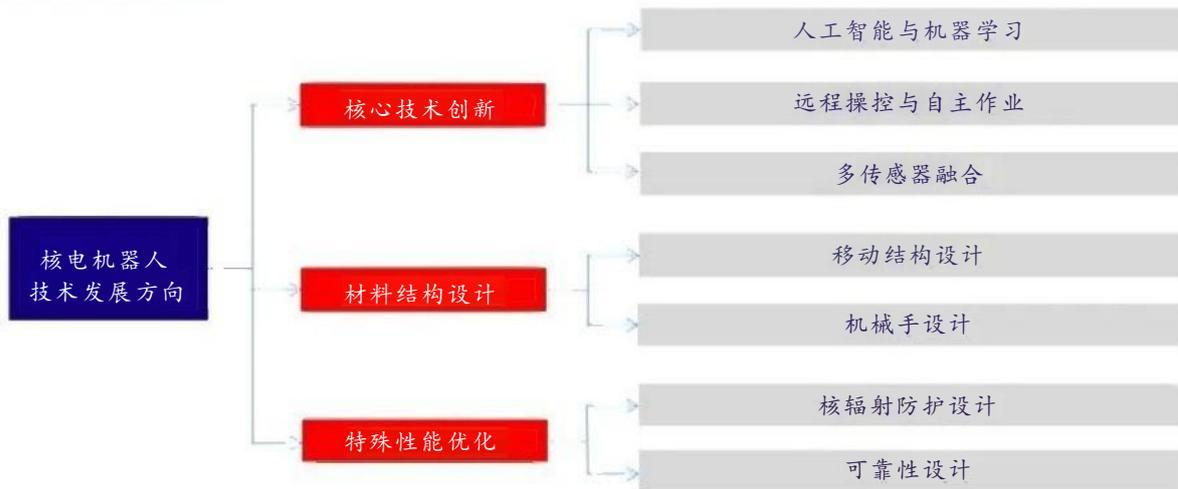
资料来源: 深圳前瞻产业研究院, 中国银河证券研究院

资料来源: 深圳前瞻产业研究院, 中国银河证券研究院

3. 未来核电机器人技术多方向全面发展，为其稳定高效运行提供保障。

我国智能机器人技术在核电行业应用日益广泛，核电机器人技术发展呈现多维度、全方位的发展态势。在核心技术领域，智能化算法的引入有助于提升机器人在核电站复杂环境下的智能识别、自主决策能力；远程操控技术与自主作业能力的协同配合，是核电机器人作业高效化、安全化的关键驱动因素；多传感器融合技术升级可有效增强智能机器人对周边环境的全方位感知能力与响应灵敏度，提升系统决策的准确性。在材料与结构设计领域，核电机器人的移动结构呈现出由传统轮履式向仿生结构转型的发展趋势，同时伴随设备尺寸的微型化演进，以适应各类作业环境、改善姿态稳定性和运动精度；机器人机械手设计则对灵巧性和可操作性要求不断提升，向高精度、高负载能力方向发展。在特殊性能领域，由于高辐射的特殊服役环境，核电站机器人关键部位和系统必须持续优化耐辐射设计，确保其在强核辐射环境下稳定运行；机械系统可靠性同样为机器人热点研究方向，核电机器人可靠性关键技术包括机械结构、电控系统的可靠性设计及系统故障容错控制等。这些技术发展为核电机器人未来稳定高效运行提供重要保障。

图 31：核机器人技术趋向智能化和高精度化发展，并持续推进稳定性优化



资料来源：马永红《核电站机器人技术现状及发展方向》、中国银河证券研究院

4. 核机器人产业未来发展面临成本、技术等挑战

目前国内外机器人产业降本周期存在不确定性，实现商业化量产存在挑战。尤其在人形机器人方面，目前本田、通用汽车、波士顿动力等企业成本或售价均超过250万美元，未来成本下降可能性较大。马斯克估计其人形机器人 Optimus 的最终成本将低于特斯拉电动汽车的一半，并表示人形机器人的成本需低于2万至3万美元之间才能实现量产；我国新希望公司创始人刘永好则认为，当一台机器人售价等于两个工人的年薪时，企业将选择购买机器人替代人工操作，两年收回成本。在家用人形机器人方面，深圳市人工智能与机器人研究院具身智能中心主任刘少山博士表示，当机器人价格下降至30万元左右，买机器人做家务的消费概念将逐渐接近买小汽车出行。目前，人形机器人制造所需减速器、伺服电机、控制器等核心零部件占整机成本的70%以上，未来如何实现控制这些零部件生产制造成本的同时，保障机器人高适应性、高可靠、高性能的产品质量以实现商业化量产，仍是机器人厂商需要突破的关键问题。

图32:国内外部分企业人形机器人产品制造成本偏高，市场化难度大

研发团队	代表产品	成本/售价	研发团队	代表产品	成本/售价
本田	AS IMO	约250万美元	KAIST、Rainbow Robotics	DRC-Hubo+	32万美元
NASA、通用汽车	Robonaut 2	约250万美元	RoboCub联盟、意大利理工学院	iCub	30万美元
波士顿动力	Atlas	约250万美元	川田工业、日本产业技术研究院	HRP-4	30万美元
PAL Robotics	TALOS	约90万欧元	韩国科学技术院	Kibo	27万美元(仅硬件)
北京理工大学	汇童机器人系列	70万美元(BHR-3M型号)	Agilty	Digit	低于25万美元
苏黎世大学	Roboy	约50万美元	Figure	Figure-01	10万-20万美元之间
UT Austin、Meka Robotics	Dreamer	40万美元	1X	EVE	约15万美元
Meka Robotics	M1	32万美元(取决于配置)	Engineered Arts	Ameca	超过13万美元

资料来源：前瞻产业研究院，中国银河证券研究院

在技术层面，机器人底层算法模型不成熟的问题仍未解决，在数据采集及精细操作上存在局限性。现阶段人形机器人的数据采集技术发展仍停留在初期，目前主要的数据采集方法包括视频数据引导学习及生成式仿真学习，但视频数据学习存在信息表征的局限性和相对真机的还原性等问题，生成式仿真存在模型鲁棒性不足、数据质量高度依赖物理模型等局限性，两种方法都无法较完美地

实现完整真实的数据采集，对机器人的学习与适应能力造成较大的制约。此外，由于目前尚未开发出统一的底层算法，机器人不同组件、系统间都需要依靠各自不同的算法类型，导致机器人各部分间存在兼容性和互操作性不足的问题，对机器人运行效率造成限制。

（三）核电机机器人技术突破，实现智能创新发展

2024年10月，中广核研究院有限公司牵头完成的《大型核反应堆燃料组件高效安全运维机器人关键技术研究及应用》项目获2023年度广东省科学技术奖科技进步奖一等奖，本次为中广核在核电智能装备领域第二次获得该奖项。该项目由国家科技部重点研发计划等国家重点项目支持，成功攻克组件检查、诊断、修复等多项机器人智能运维关键技术，填补国内相关领域的技术空白，达到国际前沿水平；同时解决了如何实现高辐射超精密燃料组件安全高效运维问题，实现全流程一体化机器人检修作业体系，研发生产外观检查、内部诊断、故障修复等9款专业机器人，实现多个国际首创。项目研发过程中申请专利112项，相关研发成果已在30余个核电站投入使用，可满足国内所有在建及在运的核电机组组件运维要求，为我国核电机组运维的智能化和安全性水平发展提供了重要技术支撑。

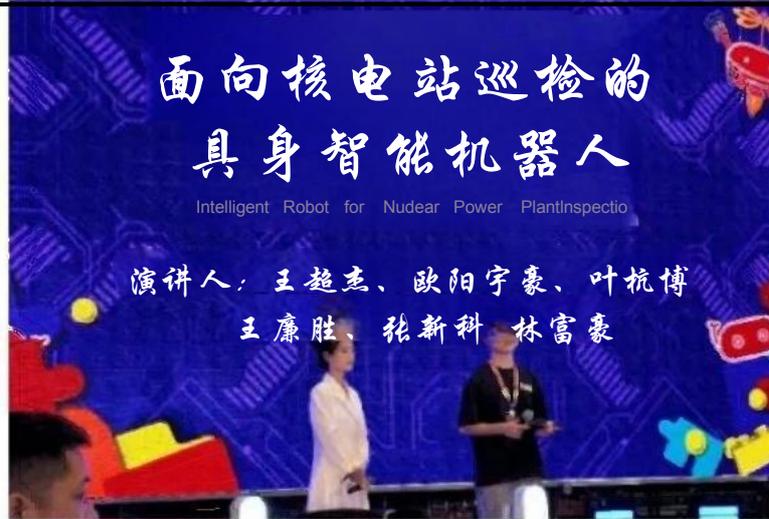
图33：中广核核电机机器人项目获科学技术奖科技进步奖一等奖。下图为中广核大亚湾核电站



资料来源：中国核技术网，中国银河证券研究院

2024年10月，华东理工大学机械与动力工程学院的创新团队成功研发“会思考”的巡检机器人——“面向核电站巡检的具身智能机器人”，以提升核电站安全管理水平。研究团队针对核电站巡检安全性问题，突破了传统巡检机器人功能单一、地形适应性弱、复用性差的不足，通过融合多模态大模型技术，实现智能机器人自主避障、跟踪追踪、温箱设备读取等功能，通过图像、语音、文本等多模态信息提升机器人的场景理解和任务规划能力，使机器人能够在复杂环境中灵活运动。同时，项目团队通过使用数字孪生的信息化监督调度和抗辐射加固的核心技术，实现对核电站设备状态的实时监控和故障预测，能够有效提升核电站巡检的智能化水平和安全性。该项目在第24赛季 Robotex 世界机器人大赛亚洲总决赛中荣获亚洲创新创业挑战赛创新赛道总决赛亚军，已申请并获授权发明专利8项，发表高水平学术论文5篇，并取得多项软件著作权。

图34:华东理工大学创新团队“面向核电站巡检的具身智能机器人”获Robotex 亚洲创新创业挑战赛创新赛道总决赛亚军



资料来源: 华东理工大学官网, 中国银河证券研究院

2025年1月, 国家地方共建人形机器人创新中心与上海电气核电集团合作开展的“人形机器人在核电场景示范应用项目”宣布取得阶段性成果。该项目自2024年3月启动, 围绕核电行业的高风险作业环境, 探索人形机器人技术在核电领域的应用, 旨在通过“机器换人”战略提升核电作业的安全性和效率。2024年12月, 研究团队成功部署首款机器人, 并顺利进驻核电场景的训练场, 攻克设备通信不畅、环境干扰强烈、作业条件复杂等多项难题, 完成阶段性验收, 标志着人形机器人在核电场景的应用迈出重要一步。国地中心计划进一步与上海电气中央研究院团队紧密合作, 将核电实际工业场景数据迁移至大型专用人形机器人训练场, 继续推进人形机器人在核工业场景的训练, 进一步积累工业场景数据, 为未来搭建更加精确的机器人大模型提供数据支撑。

(四) 产业链下游从业者涵盖企业、高校、核电集团等

我国核电机器人行业起步较晚, 企业参与主体数量相对有限, 市场集中度较高。国内企业中, 杭州景业智能科技股份有限公司在核电机器人领域占据龙头地位, 拥有耐辐照关节式机器人、耐辐照坐标式机器人、分析用取样机器人等特种机器人产品; 沈阳新松机器人自动化股份有限公司依托在工业机器人领域积累的丰富技术底蕴与工程经验, 积极布局核工业场景应用, 其研发的核应急机器人、长臂展高柔性机器人等产品已成功投入应用; 江苏铁锚科技股份有限公司利用自身在精密制造等方面的优势, 凭借全系列机械手、防辐射铅玻璃及窥视窗、防护及屏蔽装置、热室/箱室类产品切入核工业机器人市场; 成都航天烽火精密机电有限公司则作为国内核工业机械手专业制造企业, 为核动力院、中国原子能科学研究院、核理化等单位提供核工业机械手、机器人等设备; 东核能源科技(深圳)有限公司专注于核电领域能源科技服务, 该公司旗下已有轮式或履带式爬行式机器人、水下浮游式作业机器人、其他特种机器人等核用机器人产品。截至目前, 越来越多国内企业在核工业机器人领域有所布局, 但整体规模与技术实力与国际领先企业仍存在一定差距, 国内核工业机器人市场仍以国际企业为主导, 以法国 La Calhene、德国 Wälischmiller 为代表的外资企业在国内市场仍占较大份额。

图35: 东核能源已推出轮式或履带式爬行式机器人、水下浮游式作业机器人、其他特种机器人等核用机器人产品



资料来源: 东核能源官网, 中国银河证券研究院

此外, 中核集团及多所高校、科研院所积极投身核电机机器人研发设计。中核集团承担国家“863”等重大科研项目, 实现各类核电关键设备检修机器人的工程应用; 东南大学与南京军区防化研究所研发推出我国首个核化侦察与应急处理遥操作机器人, 可以在核辐射和有毒有害环境下协助人类抢险; 上海交通大学、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、中南大学、华东理工大学、中广核研究院、中国科学院光电技术研究所等7家单位共同参与“核电站紧急救灾机器人的基础科学问题”项目, 实现了核电站紧急救灾机器人核心技术掌握等突破; 中广核研制成功首套由陆地、水下应急机器人和异物打捞机器人、小型水下观测机器人组成的核电应急机器人, 并顺利交付大亚湾核电站; 中建二局于2023年深圳国际核能产业创新博览会上展示多项自主研发的核电“智”造机器人及相关技术, 包括等离子自动焊设备、埋件焊接机器人等, 大幅提升核电建设的效率和质量。高校与国企的参与有力推动我国核电机机器人产业蓄势发展。

图36: “核电站紧急救灾机器人的基础科学问题”项目由中广核等七家单位共同承担

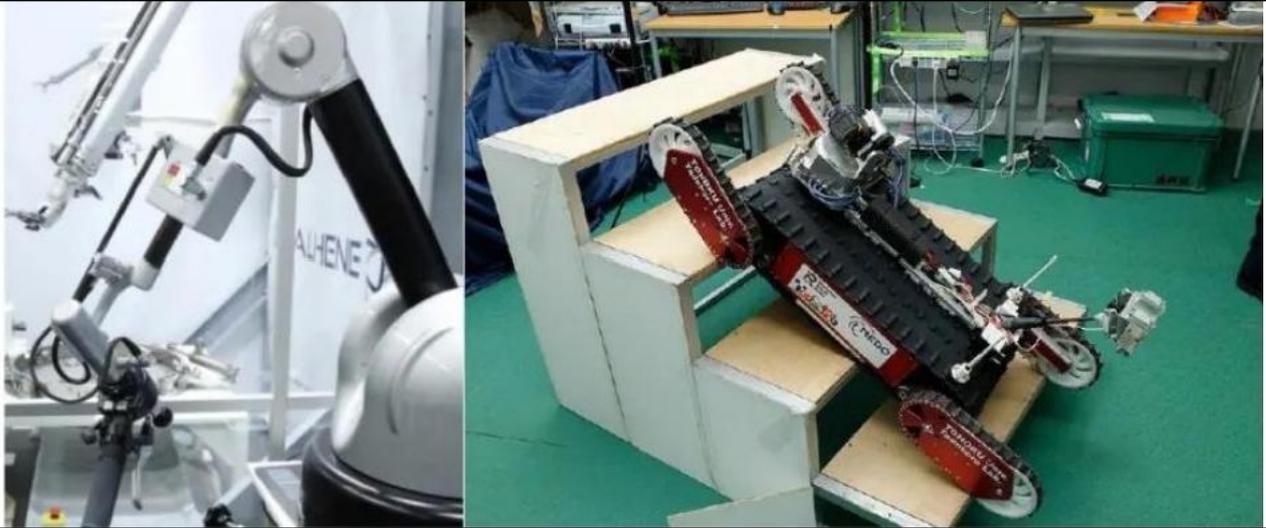


资料来源: 上海交通大学新闻学术网, 中国银河证券研究院

国际上, 核电机机器人行业布局与全球核电站分布相关, 发达国家在核电机机器人行业起步较早, 技术积累深厚, 市场格局趋于稳定。目前国际较大的核电机机器人企业主要集中在美国、德国、法国、日本等国家, 全球核工业机器人领域的知名企业包括法国Getinge 集团旗下子公司La Calhene、德国Carr 集团旗下子公司Wälischmiller, 以及美国Destaco 公司旗下子公司CRL 等, 这些企业在技术研发、产品应用及市场占有率方面均处于领先地位。行业入局时间上, 早在1977年, 日本早稻田大学研发出第一台用于核电站巡检的双足机器人样机, 可完成阀门的检查和开关、放射性污水

处理等操作；2011年，日本千叶工业大学、国际救助系统研究机构、日本东北大学等联合研发推出用于核电站内部检测与清理Quince 机器人；2013年，日本政府联合几家公共事业公司和私人企业，成立国际核退役研究所，致力于研发适用于高辐射环境的机器人技术，推动福岛核电站的清理与退役工作。总体来看，发达国家在核电机人领域的占据技术积累与市场份额优势。

图37:核电机人行业以发达国家企业领先，图为法国La Calhene的 MT200 TAO(左)及日本Quince 机器人(右)



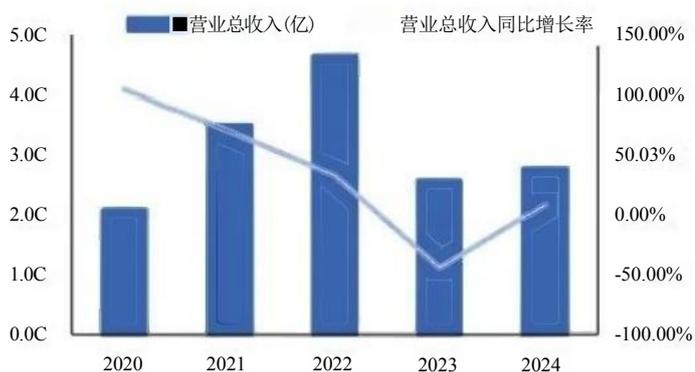
资料来源: LaCalhene 官网, nippon, 中国银河证券研究院

四、相关上市公司介绍

(一) 景业智能：国家核工业智能装备领跑者

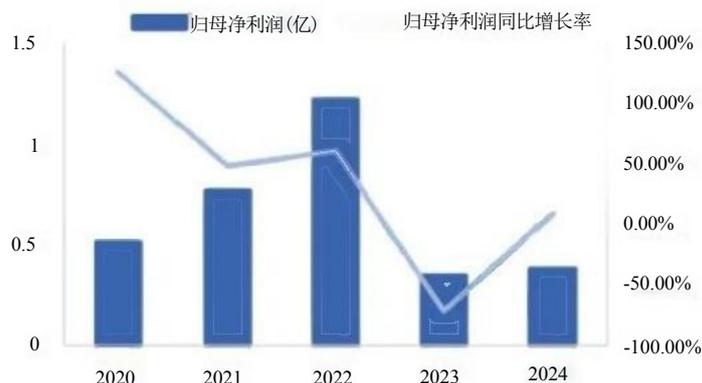
景业智能是全国最早批量生产机械手产品的企业，于“核工业遥操作电随动机械手关键技术及重大工程应用”中获国内首台(套)认定。杭州景业智能科技股份有限公司成立于2015年，其总部位于杭州，致力于智能制造技术在核工业中的应用，主要从事特种机器人及智能装备的研发、生产及销售，主要产品包括核工业系列机器人、核工业智能装备、非核专用智能装备等，核心产品为“核工业电随动机械手”和“核工业自动取样系统”。公司2023年全年营业收入与上年同期相比下降44.92%，归母净利润与上年同期相比下降71.31%。2024全年公司营业总收入达2.76亿元，同比增长8.07%；归母净利润为0.38元，同比增长9.51%，以逐步实现业绩平稳恢复及后续增长。

图 3.8：景业智能总营收 2024 年同比增长 8.07%



资料来源：景业智能，中国银河证券研究院

图 3.9：景业智能归母净利润 2024 年同比增长 9.51%



资料来源：景业智能，中国银河证券研究院

景业智能持续深耕核工业，积极布局乏燃料后处理等核燃料循环产业，核燃料板块业务形成增量，其产品新型四足巡逻机器人“胡狼1号”在阿布扎比国际防务展中亮相。乏燃料后处理环节是核工业产品的主要应用领域之一，国内乏燃料产生量与后处理能力之间严重不匹配，而公司立足并深耕核工业后处理业务，乏燃料后处理领域的产品收入与订单逐步提高。在2025的阿布扎比国际防务展中，公司最新研发的四足机器人“胡狼1号”亮相。“胡狼1号”集成了多项前沿技术，堪称安防领域的“全能战士”，其核心竞争力在于技术内核的突破。通过智能巡航系统，“胡狼1号”可根据地形自动调整步态与行进策略，无论在何种环境下均能稳定运行。在展会上，景业智能演示了机器人在复杂场景中的多任务执行能力，赢得观众高度评价。

图 40：2025 年阿布扎比国际防务展展厅现场



资料来源：中国科技网，中国银河证券研究院

景业智能收购天津迦自机器人科技，并与云深处达成战略合作，进一步深度联合面向核工业需求拓展多个特种机器人应用场景。天津迦自是一家专注于智能物流机器人研发与生产的高新技术企业，与浙江大学滨海研究院共建“智能物流机器人研究中心”，为包括国企央企、汽车企业、航空航天等行业的多个重点客户提供行业智能物流解决方案。景业智能收购天津迦自，双方将充分发挥产品、人才、技术、资源等方面的互补优势，深耕“核+军工”战略产业，为国家强大和产业发展提

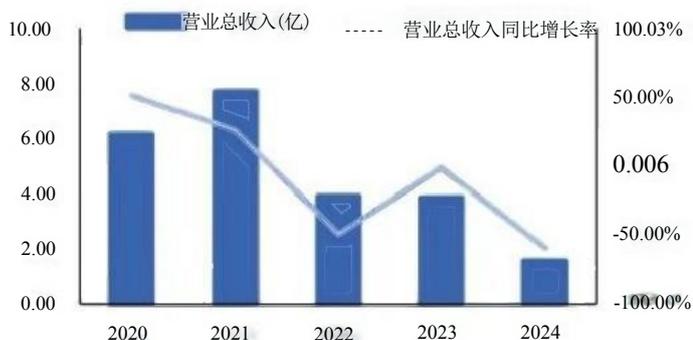
供更可靠智能的整体解决方案。此外，景业智能还与云深处达成战略合作，进一步深度联合面向核工业需求拓展多个特种机器人应用场景，针对四足和人形形态的机器人产品，确定了在核应急、要地防卫和物资投送等三个典型应用场景的研发方向，并已完成公司内部研发立项。

景业智能在核工业产能方面持续投入，抓住国内核素药物领域的发展机遇，研发医用同位素制备设备、新型高精度耐辐照机器人等产品。核素药物是含有放射性核素的特殊制剂，可用于医学诊断和治疗，应用于肿瘤、心脑血管显像、肾功能检查等多个领域。根据中国核药产业蓝皮书分析，中国放射性显像诊断和治疗用药物市场规模已经从2017年的22亿元人民币增至2021年的30亿元人民币，预计2030年市场规模将达到260亿元人民币，2025年到2030年的复合年增长率将达到22.7%。2024年，景业智能正式启动浙江海盐县高端装备制造基地的定增项目，该项目聚焦同位素及核药制备领域的自动化解决方案，并布局延伸至器产、堆产同位素的整线自动化设备，有望成为公司新的业绩增长点。此外，公司于2022年与四川红华、中科院东江实验室等机构达成战略合作。公司在推进杭州滨江产能扩建项目的同时，启动了富阳滨富合作区的新扩产计划。该项目建设完成后，预计可为公司带来约11.4亿元的新增产能。

（二）申昊科技：加速人形机器人在核工业等高危行业的产业化应用

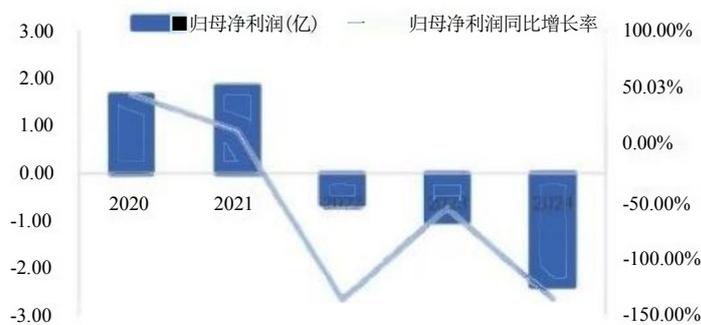
申昊科技紧跟国家重大发展战略，坚持技术创新，谋划“人工智能+工业大健康”战略目标，构建“海陆空隧”战略布局。申昊科技成立于2002年，是一家专注于工业设备检测与故障诊断的高新技术企业，公司以“远程智能巡视替代人工例行巡视”为理念，为工业设备安全运转和智能化运维提供全方位综合解决方案。截至2024年9月30日，申昊科技及其子公司共获得456项专利。其当前核心产品有智能机器人、智能电力监测及控制设备，广泛应用于电力、轨道交通、油气化工等行业。公司2023年全年营业收入与上年同期相比下降1.28%，归母净利润与上年同期相比下降55.38%。2024全年公司实现营收1.58亿，同比下降59.17%，归母净利润为-2.38亿，同比下降135.44%。

图 41：申昊科技总营收 2024 年同比下降 59.17%



资料来源：申昊科技，中国银河证券研究院

图 42：申昊科技归母净利润 2024 年同比下降 135.44%



资料来源：申昊科技，中国银河证券研究院

申昊科技与云深处科技签署战略合作协议，人形机器人技术有望在核工业领域实现突破。申昊科技与杭州“六小龙”之一的云深处科技于2025年3月2日签署战略合作协议，双方将在智能机器人、人工智能算法及工业设备状态检测领域深度协同。申昊科技凭借自身在人工智能与机器人领域的技术和经验，结合云深处科技四足、轮足、人形等机器人产品优势，共同推出智能解决方案，在电力巡检、应急消防、警务安全、油气化工等多领域应用，以促进技术创新、拓展市场，实现资源共享与互利共赢。公司将在核能设备的巡检与维护中有所突破，核电站设备巡检对安全性和精确性要求极高。凭借人工智能与机器人技术优势，结合云深处科技的四足、轮足及人形机器人，

公司可开发智能巡检机器人，在高温、高辐射等极端环境下执行任务，降低人工风险，提升巡检效率和准确性。

图43：2025年3月2日，申昊科技与云深处科技签署战略合作协议



资料来源：钱江晚报，中国银河证券研究院

申昊科技持续进行研发投入，推动产品创新及应用场景拓展，在近期取得多旋翼爬壁机器人与自平衡巡检机器人两项专利。公司在多传感器融合、人工智能、机器人本体设计、定位导航、运动控制、全数字仿真、大数据分析等领域构建了平台化核心技术体系，积累了丰富的人工智能机器人应用场景开发经验，可快速响应客户需求，开展场景开发工作。2025年2月7日，申昊科技取得了一项名为“自平衡巡检机器人”的专利证书，丰富了其智能巡检机器人产品线，并于2月24日取得一项名为“一种多旋翼爬壁机器人”的发明专利证书。

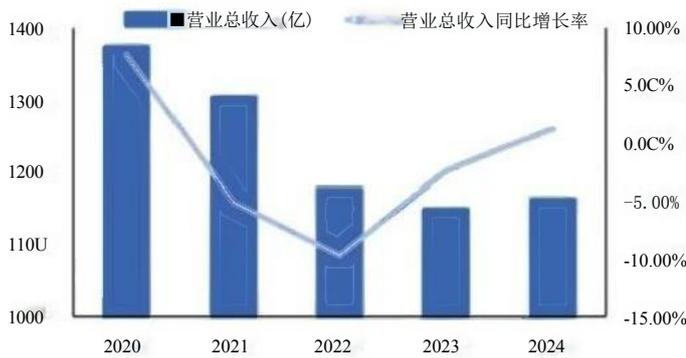
申昊科技在工信部第一届能源电子产业创新大赛和国网公司变电智能巡视图像算法年度验证比赛中展现研发实力。在工信部第一届能源电子产业创新大赛上，公司变电站轮式巡检机器人获得关键信息技术赛道一等奖，输电线路机器人和履带式巡检机器人获得该赛道二等奖。2024年1月，在国网公司变电智能巡视图像算法年度验证比赛上，公司以第三名再次跻身年度综合验证十强团队，在渗漏油、破损变形、表计状态场景识别及一键顺控四个关键赛道中均列前十，展现其品牌优势。

(三) 上海电气：人形机器人创新中心“麒麟”具身智能训练场启动

上海电气专注于能源与工业领域，业务覆盖能源生产传输、智能工业系统及全产业链配套。

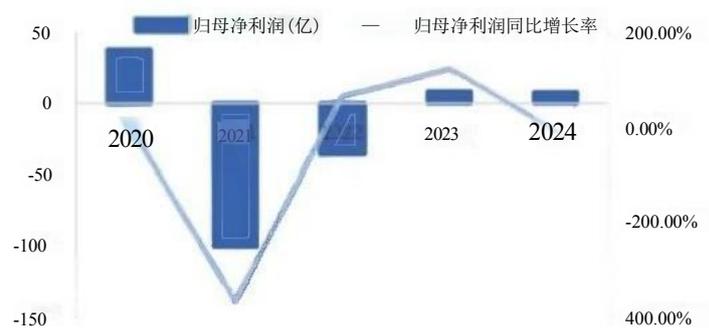
上海电气注册于2004年，是全球领先的工业级绿色智能系统解决方案提供商。在能源领域，公司提供“风光储氢多能互补”与“源网荷储一体化”解决方案，构建新型电力系统与零碳产业园区，覆盖电力能源全生命周期。在工业领域，公司聚焦船舶制造、轨道交通、航空航天、智能电网、油气化工五大核心产业链，配套工业母机、数字医疗、智慧楼宇等解决方案，并布局未来能源装备与高端工业装备技术研发。公司作为核心供应商，参与了核聚变全球首台全高温超导托卡马克装置“洪荒70”的建设，该装置已实现等离子体放电。同时，公司全面覆盖国内现有核电技术路线，在核岛主设备方面，国内综合市场占有率持续居于行业第一。公司2023年全年营业收入与上年同期相比下降2.4%，归母净利润与上年同期相比上升107.99%。2024年全年公司实现营收1161.86亿，同比上升1.21%，归母净利润7.53亿，同比下降6.23%。

图44:上海电气总营收2024年同比上升1.21%



资料来源:上海电气,中国银河证券研究院

图45:上海电气归母净利润2024年同比下降6.23%



资料来源:上海电气,中国银河证券研究院

上海电气积极探索工业场景应用,人形机器人创新中心“麒麟”具身智能训练场启动。根据工信部印发《人形机器人创新发展指导意见》,到2025年,初步建立人形机器人创新体系;到2027年,人形机器人产业加速实现规模化发展。依托国家工信部对特种应用领域的战略部署,上海电气联合人形机器人创新中心,正式投运“麒麟”具身智能训练场,该训练场首批便具备了100台机器人并行训练的能力。该项目通过与上海电气核电集团、海尔集团等20多家单位建立生态合作,聚焦核电高危作业场景突破,成功研发具备力控优化与多任务执行能力的首台工业级人形机器人,可替代传统巡检、搬运等高危工序。训练场同步构建跨行业数据协同网络,覆盖装备制造、汽车等十余个领域,计划在2027年前扩容至千台级训练规模,为产业链提供标准化智能升级解决方案。此外,公司全面覆盖所有的机器人RV减速器产品,参与制订相关国家标准,是国内机器人RV减速器用角接触球轴承品种最齐全、技术水平领先、质量最好的生产企业之一。

上海电气全资子公司上海电气自动化集团有限公司,拟以现金方式,收购上海宁笙实业有限公司100%股权,旨在增强公司在智能制造领域的市场竞争力。宁笙实业的核心资产为上海发那科机器人有限公司,上海电气强调将与其深化协同,依托发那科在工业机器人全产业链(涵盖260余种机器人系列、智能机械、自动化系统及AI软件解决方案)的技术积累,重点开发特种机器人及新一代智能机器人产品,聚焦高端装备、能源、安防等领域的特殊场景需求,融合发那科在运动控制与集成应用的技术优势,构建差异化竞争力,强化智能制造市场地位。

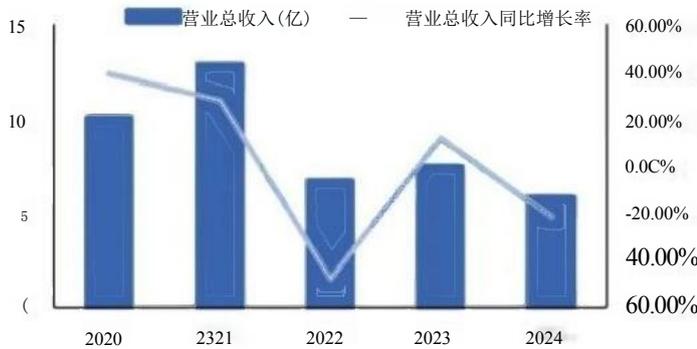
上海电气积极对接国家战略,构建能源与工业国内国际双循环并持续锻造核心竞争力。公司加速全球化布局,在海外市场实现重大突破:主导承建迪拜950MW光热光伏综合电站(全球单体规模最大,年减碳量达160万吨),并成功签约法国温贝格5MW光伏制氢站项目,实现电解槽设备海外商业化首单。在国内市场,公司依托“工业+能源”双轮驱动战略,通过工业产线能效优化与能源系统集成设计的深度协同,构建起涵盖方案设计、装备制造、工程实施的全链条服务体系,持续巩固在高端工业装备与清洁能源领域的综合优势。

(四) 亿嘉和: 探索布局赋能全行业的具身智能机器人

亿嘉和依托跨领域技术积淀,聚焦具身智能,布局全场景机器人生态,驱动产业智能化升级。亿嘉和科技股份有限公司是一家成立于1999年的国家级高新技术企业,专注于智能机器人研发与应用服务,并于2018年在A股主板上市。公司聚焦电力、商业清洁、新能源充电、轨道交通等领域,提供智能机器人及设备的研发、生产、销售与全场景智能化解决方案,多次获央视财经新闻联播报道。目前已在南京、深圳、松山湖、香港、新加坡、美国等地设立研发中心及分支机构,形成全球化技术网络。作为电力特种机器人领域的领先者,公司产品涵盖巡检、操作等特种机器人,通

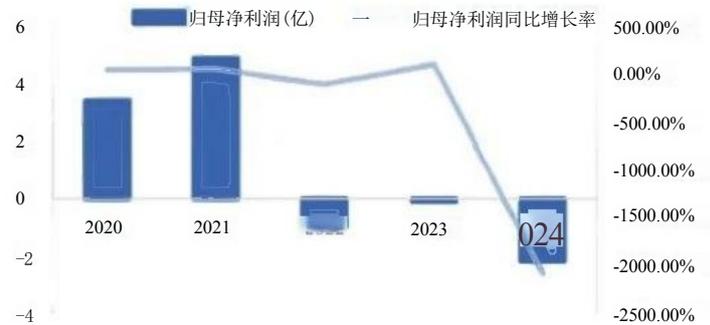
过技术创新助力行业客户实现无人化、智能化管理、推动工业场景的智能化升级。公司2023年全年营业收入与上年同期相比上升11.81%，归母净利润与上年同期相比上升89.80%。2024年全年公司实现营收5.85亿，同比下降21.79%，归母净利润-2.18亿，同比下降2080%。

图46: 亿嘉和总营收2024年同比下降21.79%



资料来源: 亿嘉和, 中国银河证券研究院

图47: 亿嘉和归母净利润2024年同比下降2080%



资料来源: 亿嘉和, 中国银河证券研究院

亿嘉和在具身智能领域取得突破性进展，RK100 人形机器人应运而生，将在核电巡检方面有所突破，近期与四足巡检机器人一同于南京市秦淮灯会亮相。公司成功推出RK100 人形机器人，率先在核电等高危场景完成商业化应用，并同步拓展至康养、家居服务领域。该产品以自研具身智能控制器、关节模组为核心，结合多模态高维数据采集训练系统，构建了涵盖人体动作映射、VR 全场景视觉控制及“强化学习+模仿学习”统一模型的全栈技术体系。同时，公司四足巡检机器人凭借强化学习步态规划算法，可实现行走、奔跑、跳跃等多模态动作自如切换，已在全国复杂地形高危场景规模化应用，近期更在大型灯会中完成动态巡检首秀，充分展现其地形适应性与智能化水平。通过关键技术自主研发与多场景产品矩阵的协同布局，公司持续引领机器人行业的技术迭代与产业升级

图48: 亿嘉和最新研发具身智能机器人RK100



资料来源: 亿嘉和, 中国银河证券研究院

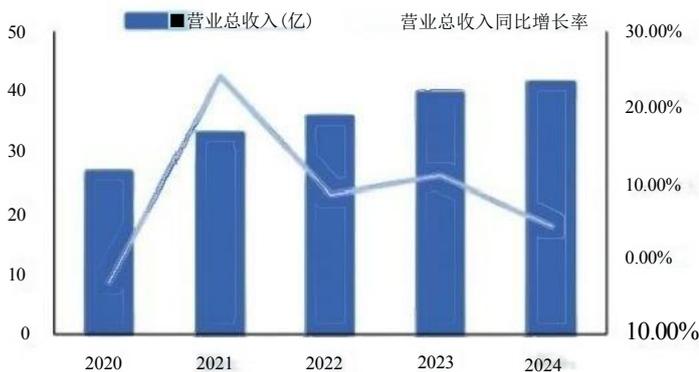
亿嘉和结合AI 建立了基于多模态超融合技术的大模型YJH-LM, “机器人+行业”全面发展

公司于2023年深化电力、清洁能源及轨道交通等垂直领域的专业化布局，自主研发并推出多模态超融合大模型YJH-LM，集成语音交互、图像解析、自主任务规划等智能模块，实现 AI 技术与工业级机器人场景的深度融合。该模型通过“云-边协同”架构，在持续优化云端智能算力的同时，重点强化边缘端轻量化部署能力，同步推进标准化接口设计与通用化场景适配体系建设。依托核心算法与硬件模组的双向突破，公司构建起覆盖高危作业、设备运维等场景的智能化解决方案闭环，加速传统行业向AI 驱动型生产模式转型升级。

(五)沈阳新松：核应急机器人创新先锋与全球市场拓展者

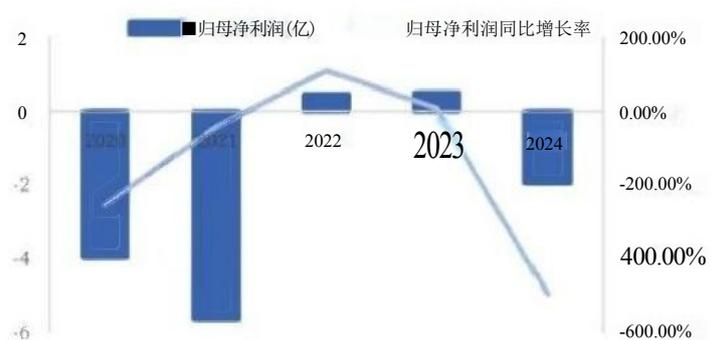
沈阳新松机器人自动化股份有限公司(简称机器人(300024.SZ)) 沈阳新松深耕核心技术“硬实力”，加快布局技术与产品的标准化应用。沈阳新松机器人自动化股份有限公司成立于2000年，是专注于机器人技术与智能制造解决方案的高科技上市企业。公司以工业机器人、移动机器人、特种机器人三大核心产品为基础，围绕焊接自动化、装配自动化和物流自动化三大技术方向，为汽车工业、电子制造、半导体、新能源、智慧城市等领域提供全链条智能制造服务。作为国家机器人产业化基地，公司产品及解决方案已出口至全球40多个国家和地区，服务超过4000家国际企业，并在新加坡、德国、美国等10余个国家设立分支机构，与多家世界500强企业建立长期合作关系。公司2023年全年营业收入与上年同期相比上升10.93%，归母净利润与上年同期相比上升8.89%。2024全年公司实现营收41.38亿，同比上升4.31%，归母净利润-1.94亿，同比下降495.92%。

图49: 沈阳新松机器人总营收2024年同比上升4.31%



资料来源：沈阳新松机器人，中国银河证券研究院

图50: 沈阳新松机器人归母净利润2024年同比下降495.92%



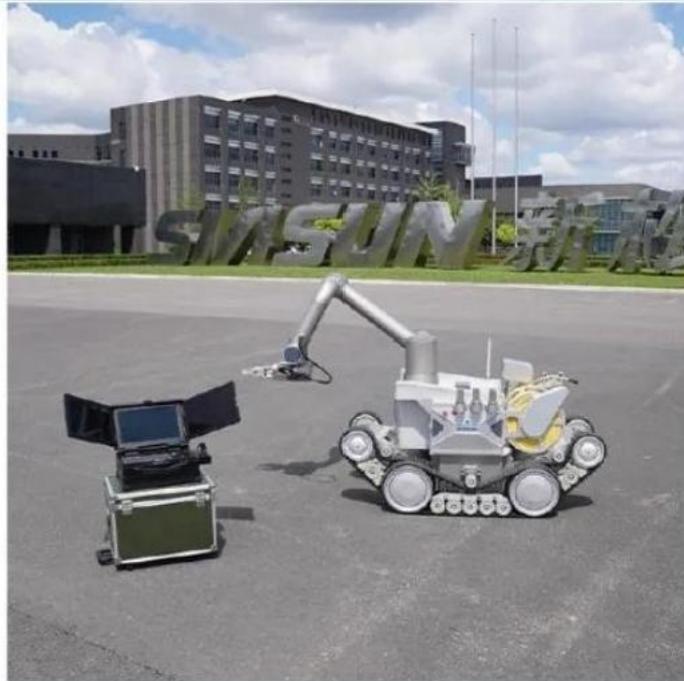
资料来源：沈阳新松机器人，中国银河证券研究院

沈阳新松充分结合核应急环境强辐射、非结构化、空间狭窄等特点，创新开发核应急机器人，以智能化手段帮助核从业者远离恶劣危险环境。该机器人本体收缩状态尺寸为1200mm×750mm×1100mm，便于运输及在狭小空间作业，其底盘搭载6自由度电动机械臂、辐射剂量率探头及定制工具，并配备耐辐射摄像头提供视觉支持，可遥控完成清除障碍、开关门、操作阀门等动作。该机器人支持有线和无线数据传输，增强了在应急场景中的适应性和稳定性，可代替人类进入强辐射环境，获取并回传图像视频信息，协助制定方案，并搭载不同功能工具进行应急处置操作。此外，该机器人具备强大的越障能力，可跨越障碍物和上下楼梯，前后摆臂增强了地形适应能力，适用于应急抢险、灾难救援及退役拆解等任务。

沈阳新松推动布局“机器人+AI”技术产业，机器人产品矩阵出海，加速推进全球化进程。2024年上半年，公司聚焦“机器人+AI”融合创新领域，以开放式协同发展模式推进技术布局：通过重点投入 AI 大模型、智能视觉感知、数字孪生及结构仿生等关键技术研发，着力填补行业技术空白；同步推进人工智能产业化应用，加速孵化创新业务单元，重点探索“人形机器人”与现有业务体系协

同发展的产业化路径，构建具有商业价值的垂直应用场景。

图 51：新松工业核应急机器人



资料来源：沈阳新松机器人，中国银河证券研究院

沈阳新松开启欧洲新能源市场新篇章，在市场拓展中取得里程碑式突破。公司自主研发的智能物流解决方案成功完成欧洲顶级新能源客户的首批交付。在与8家国际厂商的20个月竞标周期中，新松凭借领先的集群调度算法和模块化工程设计能力胜出。首批发往法国工厂的装备包含百余台V型槽叉车移动机器人、300余套智能缓存架及400余套定制化对接站台，英国超级工厂项目设备即将启运。此次装备输出标志着新松在国际高端新能源装备领域实现从技术对标到标准引领的跨越式发展，为后续开拓欧盟工业4.0市场奠定技术验证基础。

五、风险提示

核电人形机器人研发进展及商业化落地不及预期的风险，产业发展早期，因技术路线及项目建设的时间存在不确定性；

全球核电安全事件对核电行业发展不利影响的风险，全球历史发生过福岛等核电事故，导致国家政策收紧或延缓行业发展的风险；

报告假设造成的测算偏差的风险，报告部分数据根据合理依据进行假设，测算结果存在误差的风险；

人形机器人潜在供应商环节竞争加剧的风险，核电领域人形机器人产业链环节较长，涉及供应商较多，存在因某个环节竞争加剧的风险。