

探路机器人产业(中)

# 人形机器人站上风口

当前,以人形机器人为代表的新技术、新产品、新业态快速发展,成为全球科技创新的制高点、未来产业的新赛道和经济增长的新引擎。目前我国人形机器人产业发展情况如何?应用场景是否成熟?未来又将如何突破瓶颈、蓬勃发展?

本报记者

纪文慧

黄

鑫

及。面对新赛道,全球人形机器人产业竞争按下加速键。

3月13日,美国开放人工智能研究中心(OpenAI)与Figure AI合作推出通用型机器人Figure 01;一周内,全球AI算力龙头企业——英伟达发布人形机器人通用基础模型Project GR00T;4月,波士顿动力新版Atlas人形机器人亮相,正式转向纯电驱动;5月5日,特斯拉发布人形机器人Optimus最新进展视频,展现其已具备分拣电池、行走、执行工厂任务的能力。

“巨头入局竞速,初创公司涌现,人形机器人正迎来产业高速发展窗口期。”工业和信息化部科技司相关负责人告诉记者,人形机器人集成人工智能、高端制造、新材料等先进技术,有望成为继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品,将深刻变革人类生产生活方式,重塑全球产业发展格局。

“你好,很高兴认识你。”走进达闼机器人股份有限公司实验室,传来人形机器人Ginger的清脆问好声。几番互动下来,Ginger跟随音乐起舞,关节灵活转动,动作自然柔和,一改记者对机器人刚性生硬的印象。不远处展示区摆放的智能柔性关节揭开了Ginger的运动秘密。

“人形机器人带来的是一场生产力变革。”达闼机器人股份有限公司副总裁陈原表示,多年来,几乎所有从事机器人产业的人,都梦想着做出可以走进千家万户、完全替代人类的服务机器人,而具身智能技术的进步,让多年的期盼有了可能。冲泡一杯咖啡、轻松端起瓶子、表演一段舞蹈,人形机器人的动作更灵活、反应更敏捷,将在重复性大、危险性高、陪伴性强的领域解放对劳动力的束缚,为人类生活带来更多改变。

在激烈竞争的市场环境下,我国人形机器人产业也呈现出蓬勃发展的态势。优必选Walker、小米CyberOne、达闼Ginger、傅利叶GR-1等一批国产人形机器人陆续面市。根据赛迪智库未来产业研究中心梳理,目前国内人形机器人产业呈现四大格局。

一是以优必选、傅利叶、智元等为代表的初创公司,在人形机器人关节伺服、运动控制等方面有技术积累,根据市场需求推出助老助残、陪伴机器人等实用性产品。二是专注产业链整合,如以达闼、越疆、大疆等为代表的传统机器人企业在这一领域积累多年,具有先发优势。三是小米、阿里等互联网巨头,在人机交互、AI、物联网等方面有一定技术积累。四是华为、比亚迪等科技制造业巨头,拥有雄厚的技术和资金实力,在云计算、智能制造等领域经验丰富。

赛迪产业研究院院长赵刚表示,得益于我国强大的供应链体系和较为完备的制造业基础,我国人形机器人企业在多个关键技术领域取得突破,相关技术专利申请量全球领先,部分产品已经在工业制造、生活服务、教育娱乐、特殊作业等领域开展应用示范。当人形机器人产品具备量产条件时,就能快速形成批量化生产能力。

近一年来,以ChatGPT为代表的通用人工智能开启新一轮技术革新,人形机器人赛道成为资本市场新宠。IDG、红杉等风投表现活跃,特斯拉、三星、华为、小米等科技巨头纷纷入局。赛迪智库未来产业研究中心梳理的数据显示,截至去年11月底,我国人形机器人行业的投资金额已突破800亿元人民币。

“从市场空间看,人形机器人有望形成万亿级市场规模。”在赵刚看来,人形机器人是居于首位的未来产业创新标志性产品,是前沿技术创新的重要载体,是未来产业协同发展的关键装备,也是市场潜力巨大的未来爆品。

高水平技术创新引领制造业升级。赵刚分析,人形机器人作为一个高度集成的智能化前沿科技创新载体,包含人工智能大模型、六维力传感、高转矩密度伺服电机、高动态运动规划与控制、仿生感知与认知、智能灵巧手、电子皮肤等多项前沿技术研发和应用。一系列关键核心技术的突破,将直接推动相关学科创新发展,为人形机器人产业迈向高端化、智能化注入持续动能。

上下游联动打造未来产业集群。人形机器人涉及产业众多,产业链带动能力强。比如,其外形构造需要新材料;行动控制需要传感器、电机、机械臂、减速器、自动控制系统、激光雷达等协同合作;感知系统则需要搭载智能芯片、智能大脑以及平台软件、应用APP等。人形机器人实现量产后将为上述产业带来更多机遇,形成体量庞大的高科技产业集群。

广阔市场需求赋予人形机器人更多可能。一方面,人形机器人所具备的高负荷与高容错率将进一步优化社会劳动分工,缓解老龄化带来的劳动力难题;另一方面,在工业领域以外,高度智能化的人形机器人可应用于医疗康复、教育辅导、家庭服务等民生领域,成为人们在工作、学习和生活上的有力助手。

中国信通院人工智能研究所高级业务主管张蔚敏表示,在人工智能技术赋能下,人形机器人核心部件性能不断优化,整机设计和制造实现规模化,未来整个产业有望加速小规模结构化场景应用,并在中远期向更广泛的工业、公共服务等半开放应用场景过渡,最终实现全场景通用应用。届时,其市场规模或将与当前的电动汽车产业旗鼓相当。

一组组数据彰显了外界对人形机器人产业的期待。据高工产业研究院(GIIG)预测,2030年,人形机器人全球市场规模将超200亿美元;国际投资银行高盛则预测,到2035年,人形机器人市场规模或将达到1540亿美元。

多位业界人士指出,未来10年至20年人形机器人产业将保持高速增长,成为引领新一轮科技革命和未来产业变革的重要引擎。

“我们不仅要抬头仰望星辰大海,也要低头看看脚下的黄土地。”这是来自赛迪智库未来产业研究中心人工智能研究室主任钟新龙的一线调研体会。连日来,钟新龙奔走于国内多家机器人企业,了解当下产业的发展痛点。

纵观人形机器人发展历程,1973年,世界上第一款人形机器人问世,尽管彼时的人形机器人外形粗犷且不灵活,却以全新形态打破了数字世界壁垒,完成了到物理世界的跨越。此后,深度学习、感知系统、交互能力等技术不断进步,人形机器人逐步智能化,运动能力、感知能力、交互能力持续提升。

当前,人形机器人已进入商业化的全新阶段,但由于人形结构设计复杂、成本偏高,一台人形机器人动辄几百万元的售价往往令消费市场望而却步。

在钟新龙看来,一个科技产品能否走向千家万户,主要由两方面因素决定:一是能否实现技术突破,二是能否形成产业规模。前者是基础和前提,决定了“能不能用”和“好不好用”;后者则在商业化过程中十分关键,即通过多种方式控制成本,满足市场需求,让更多消费者买单。

从技术层面看,我国人形机器人在底层技术原理与关键技术方面仍有较大提升空间。以感知交互为例,如何赋予机器人在复杂动态环境下精准感知周围环境的能力,高效理解人的语言表情、情绪意图等,难题尚待攻克。此外,减速器、伺服电机、控制器等核心零部件的国产化率仍需提升。

《人形机器人创新发展指导意见》提到,要突破关键技术,从打造人形机器人“大脑”和“小脑”、突破“肢体”关键技术,健全技术创新体系等多方面入手,提升人形机器人技术创新能力。

陈原认为,和人一样,决定机器人灵活度的是关节。每个关节都离不开计算、通信和传感。智能柔性关节是解决机器人“刚性有余、柔性不足”问题的关键。

灵活的关节、精巧的控制,可以让机器人实现类人运动。

智能开启新一轮技术革新,人形机器人赛道成为资本市场新宠。IDG、红杉等风投表现活跃,特斯拉、三星、华为、小米等科技巨头纷纷入局。赛迪智库未来产业研究中心梳理的数据显示,截至去年11月底,我国人形机器人行业的投资金额已突破800亿元人民币。

“从市场空间看,人形机器人有望形成万亿级市场规模。”在赵刚看来,人形机器人是居于首位的未来产业创新标志性产品,是前沿技术创新的重要载体,是未来产业协同发展的关键装备,也是市场潜力巨大的未来爆品。

高水平技术创新引领制造业升级。赵刚分析,人形机器人作为一个高度集成的智能化前沿科技创新载体,包含人工智能大模型、六维力传感、高转矩密度伺服电机、高动态运动规划与控制、仿生感知与认知、智能灵巧手、电子皮肤等多项前沿技术研发和应用。一系列关键核心技术的突破,将直接推动相关学科创新发展,为人形机器人产业迈向高端化、智能化注入持续动能。

上下游联动打造未来产业集群。人形机器人涉及产业众多,产业链带动能力强。比如,其外形构造需要新材料;行动控制需要传感器、电机、机械臂、减速器、自动控制系统、激光雷达等协同合作;感知系统则需要搭载智能芯片、智能大脑以及平台软件、应用APP等。人形机器人实现量产后将为上述产业带来更多机遇,形成体量庞大的高科技产业集群。

广阔市场需求赋予人形机器人更多可能。一方面,人形机器人所具备的高负荷与高容错率将进一步优化社会劳动分工,缓解老龄化带来的劳动力难题;另一方面,在工业领域以外,高度智能化的人形机器人可应用于医疗康复、教育辅导、家庭服务等民生领域,成为人们在工作、学习和生活上的有力助手。

中国信通院人工智能研究所高级业务主管张蔚敏表示,在人工智能技术赋能下,人形机器人核心部件性能不断优化,整机设计和制造实现规模化,未来整个产业有望加速小规模结构化场景应用,并在中远期向更广泛的工业、公共服务等半开放应用场景过渡,最终实现全场景通用应用。届时,其市场规模或将与当前的电动汽车产业旗鼓相当。

一组组数据彰显了外界对人形机器人产业的期待。据高工产业研究院(GIIG)预测,2030年,人形机器人全球市场规模将超200亿美元;国际投资银行高盛则预测,到2035年,人形机器人市场规模或将达到1540亿美元。

多位业界人士指出,未来10年至20年人形机器人产业将保持高速增长,成为引领新一轮科技革命和未来产业变革的重要引擎。

## 探寻应用场景

“我们不仅要抬头仰望星辰大海,也要低头看看脚下的黄土地。”这是来自赛迪智库未来产业研究中心人工智能研究室主任钟新龙的一线调研体会。连日来,钟新龙奔走于国内多家机器人企业,了解当下产业的发展痛点。

纵观人形机器人发展历程,1973年,世界上第一款人形机器人问世,尽管彼时的人形机器人外形粗犷且不灵活,却以全新形态打破了数字世界壁垒,完成了到物理世界的跨越。此后,深度学习、感知系统、交互能力等技术不断进步,人形机器人逐步智能化,运动能力、感知能力、交互能力持续提升。

当前,人形机器人已进入商业化的全新阶段,但由于人形结构设计复杂、成本偏高,一台人形机器人动辄几百万元的售价往往令消费市场望而却步。

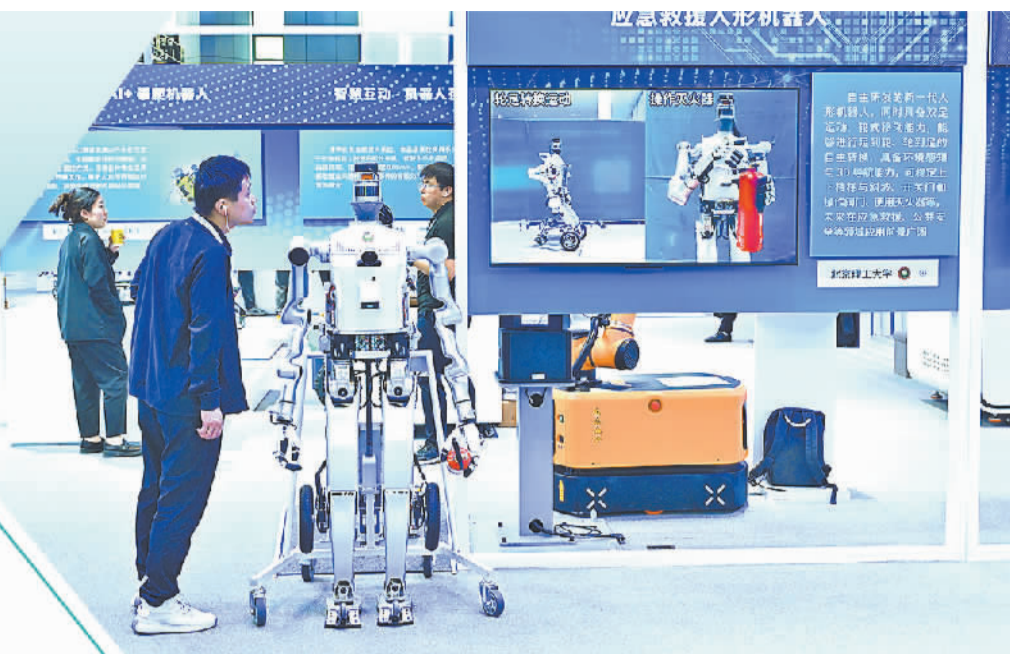
在钟新龙看来,一个科技产品能否走向千家万户,主要由两方面因素决定:一是能否实现技术突破,二是能否形成产业规模。前者是基础和前提,决定了“能不能用”和“好不好用”;后者则在商业化过程中十分关键,即通过多种方式控制成本,满足市场需求,让更多消费者买单。

从技术层面看,我国人形机器人在底层技术原理与关键技术方面仍有较大提升空间。以感知交互为例,如何赋予机器人在复杂动态环境下精准感知周围环境的能力,高效理解人的语言表情、情绪意图等,难题尚待攻克。此外,减速器、伺服电机、控制器等核心零部件的国产化率仍需提升。

《人形机器人创新发展指导意见》提到,要突破关键技术,从打造人形机器人“大脑”和“小脑”、突破“肢体”关键技术,健全技术创新体系等多方面入手,提升人形机器人技术创新能力。

陈原认为,和人一样,决定机器人灵活度的是关节。每个关节都离不开计算、通信和传感。智能柔性关节是解决机器人“刚性有余、柔性不足”问题的关键。

灵活的关节、精巧的控制,可以让机器人实现类人运动。



上图 2024中关村论坛年会期间,中关村展示中心常设展上展示的一款应急救援人形机器人。

下图 达闼机器人股份有限公司研发的人形机器人在进行“千手观音”表演。

从产业规模看,要让人形机器人大批量走进工厂、进入家庭,将整机成本降低到用户能够接受并且具有国际竞争力水平是其中的关键。此外,目前我国人形机器人整机及配套产品中,经营主体仍以中小企业为主,科技领军企业、生态主导型企业、独角兽企业等较为缺乏,对产业链和生态的牵引集聚能力不足。

“人形机器人不见得一定是人形,概念不应成为产业发展掣肘。”这是多位业界人士对如何加速商业化给出的答案。陈原告诉记者,人形机器人的核心在于使用人的工具、人的设备来替代人的劳动,形态上可以做到相似人形,而更重要的是要找到更多能落地的应用场景。

对此,行业正积极探索。记者梳理发现,多家机器人企业从比较成熟的行业选取小场景入手,打造某几项功能较强的智能机器人,之后再逐步过渡到人形机器人阶段。

钟新龙分析,从控制成本和扩大应用的角度出发,可先通过尝试获得市场认可,给予整个产业更多的应用场景,让智能机器人在应用中完成自我优化迭代,最终形成良性健康的发展脉络。

## 破解发展难题

工业和信息化部科技司相关负责人表示,当前,我国人形机器人产业存在基础不牢、龙头不强、融合不深等问题。芯片、高端传感器、高精度伺服电机、精密减速器等底层技术,与世界领先水平差距较大;硬件门槛高、软件算法难、软硬解耦难等成为主要发展难题,导致出现同质化重复研发、中小企业创新难、成本居高不下、稳定性难以提升等现象。

同时,人工智能和机器人企业跨领域结合有待加强,基于动力学原理和人工智能大模型的协同创新有待突破,大模型引领赋能作用尚未充分发挥,制约了人形机器人研发训练效率和智能化水平提升。

赵刚分析,总体上看,我国人形机器人发展方向是技术高端化、产品系列化、应用场景化和产业生态化。

从技术高端化看,以大模型等人工智能技术突破为引领,我国将加快环境感知、行为控制、人机交互、智能认知以及高精度柔性传感、柔性减速、高强度本体结构、轻量化骨骼、灵巧手等关键技术突破。

从产品系列化看,我国将坚持整机带动、软硬协同的策略,面向不同应用场景需求,迭代开发低成本交互型、高精度型以及极端环境下高可靠型人形机器人整机产品,配套发展专用传感器、高功率密度执行器、专用芯片等基础组件和智能软件系统。

从应用场景看,我国将发挥场景丰富的优势,面向特种领域、工业制造、医疗、家政、教育、娱乐等领域率先探索应用场景,培育形成成熟的人形机器人应用市场。

从产业生态化看,我国将在广东、北京、上海、安徽等基础好、潜力



大的地区,打造人形机器人产业集群,推动产业链上下游集聚发展,构建产业协同生态,推动机器人、人工智能、新材料等企业跨领域合作,开展技术联合攻关,增强软硬协同适配能力,提升产业链供应链韧性。

“我国人形机器人发展方向主要集中在提升核心技术、拓展应用场景和推动产业化进程方面。国内众多科技企业如小米、腾讯、智元机器人等,正在积极投入研发资源,推动人形机器人技术创新和产品商业化。同时,跨界公司也在纷纷入局,探索将AI大模型等先进技术应用于人形机器人,以期未来在机器人产业中占据有利地位。”张蔚敏说。

工业和信息化部科技司相关负责人介绍,工信部围绕全身动力学控制算法、电机驱动、力传感器等机器人关键技术,开展未来产业(人形机器人赛道)创新任务“揭榜挂帅”。同时,指导北京、上海等地加快推进人形机器人领域省级制造业创新中心建设,通过汇集行业领军企业、知名高校、国家级科研机构和行业组织力量,加强人形机器人领域的技术攻关、产业协作和应用推广。

## 工信部印发的《人形机器人创新发展指导意见》提出

- 到2025年 人形机器人创新体系初步建立一批关键技术取得突破 确保核心部件安全有效供给
- 到2027年 人形机器人技术创新能力显著提升 形成安全可靠的产业链供应链体系 产业加速实现规模化发展 综合实力达到世界先进水平

赛迪顾问发布的最新报告显示,2023年人形机器人产业进入爆发期,预计到2026年中国人形机器人产业规模将突破200亿元,未来功能型整机将逐步占据主流,发展潜力巨大。

人形机器人是我国明确的未来产业标志性产品。去年10月,工业和信息化部印发《人形机器人创新发展指导意见》,提出到2025年,人形机器人创新体系初步建立;到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。

当前人形机器人正处于从实验室研发到产业化转化的关键时期,产业规模快速增长,研究创新越发活跃,生态活力不断提升。

## 布局未来赛道

动作流畅地完成各项指令,用眼睛与观众进行互动交流。在近日举行的2024中国人形机器人生态大会上,琳琅满目的人形机器人不负参展观众期待。仿真机械手、智能柔性关节、机器眼等多类核心零部件分区展示,解开了人形机器人的构造密码。科幻电影中的场景,终于走进了现实。

大模型问世是人工智能发展的分水岭,人形机器人拥有感知、思考、决策等能力不再遥不可及。

## 调查手记

# 拓展应用场景强化创新牵引

黄鑫

当前,人形机器人发展面临三大挑战,一是产品成熟度较低,多项基础部件亟待优化;二是生产制造与维护成本高,距离产业化较远;三是高价值应用场景有局限,商业化落地较难。

这其中,解决技术问题的路径很明晰,靠的是引导集聚资源推动关键技术创新。产业链上下游集体努力,构建完善人形机器人制造业技术创新体系,由龙头企业牵头联合产学研用组成创新联合体,加快人形机器人关键技术攻关,探索跨学科、跨领域的创新模式。

难点在于应用场景。人形机器人成本较高,没有刚性的应用需求,就很难吸引消费者买单。市场需求驱动技术创新,如果有明确而巨大的市场应用前景,就更易形成产业规模,技术创新步伐自然会加快,生产成本也会随之下降,形成良性循环。

有研究认为,人形机器人更擅长与人类交互,处理复杂多样的工作任务,在人类工作生活的环境中辅助或替代人类工作。人形机

器人有望率先在工业领域实现示范应用,在特种领域将逐步替代人类,并将于发展成熟度较高后在民生领域实现大规模应用。

因此,针对拓展应用场景,工信部明确了三类方向,分别是特种领域、制造业典型场景、民生及重点行业。其中,特种领域如恶劣条件、危险场景作业等场景;制造业典型场景如3C、汽车等行业;民生及重点行业如医疗、家政等行业,都是人形机器人的重点应用场景,拥有巨大的发展潜力。

技术创新也要紧扣应用场景。比如,特种领域需要强化人形机器人在复杂环境下的本体控制、快速移动、精确感知等能力;制造业典型场景下,人形机器人的工具操作与任务执行能力有待提升;民生及重点行业则要提升人机交互、灵巧抓取、分拣搬运、智能配送等作业能力。

总而言之,释放人形机器人更大的市场空间,就要着重发挥牵引作用,推动人形机器人向重点领域广泛渗透,进而成为继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品。

本版编辑 王薇薇 闫伟奇 美编 王子莹



科大讯飞股份有限公司机器人首席科学家在介绍团队研发的人形机器人。

新华社记者 张 瑞摄