

■未来五年产业前瞻(五)

人形机器人:形成未来新质生产力的关键抓手

□ 中国宏观经济研究院 徐 策 中国经济信息网 何 赛

人形机器人是形成未来新质生产力的关键抓手,将深刻变革人类生产生活方式,加速人工智能技术的突破,同时也是未来大国产业和科技竞争的重要舞台。伴随着技术加速演进,人形机器人已成为科技竞争的新高地、未来产业的新赛道、经济发展的新引擎。当前,我国发展人形机器人的条件和产业基础不断增强,中央和地方出台一系列政策规划布局人形机器人产业,相关完整配套产业链条正在加速形成。同时,国内超大规模市场蕴藏多种现实应用需求,加速推进人形机器人商业化应用。未来5年,要实施重大举措,推进产业、人形机器人与人工智能融合;落实重大改革,释放人形机器人产业增长活力;推进重大工程,夯实人形机器人产业发展底座。

一、人形机器人是打开未来新质生产力大门的关键抓手

人形机器人技术加速演进,有望在未来5至10年实现在工业生产、家庭生活等各个场景的应用,成为形成新质生产力的重要工具,将深刻变革人类生产生活方式,重塑千行百业发展格局。同时,人形机器人也是人工智能的理想载体,通过与真实世界交互,加速培育多模态大模型,加快人工智能技术的突破。人形机器人还是国家产业和科技实力的集大成者,其实用化并投入量产后也将影响世界主要强国的竞争格局。

(一)人形机器人是新劳动工具,将重塑千行百业发展格局

人形机器人是新劳动工具的典型代表。工业和信息化部发布的《人形机器人创新发展指导意见》明确指出,人形机器人有望成为继计算机、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。通过模仿人类的外观、形态和行为能力,人形机器人可以无缝对接人类所有现有基础设施和工具,在各种应用场景帮助人类执行难以操作的任务,并且具有与人类相当甚至超越人类的灵活性和泛用性。与传统工业机器人相比,人形机器人不再依赖预设程序来执行任务,而是具备感知环境、学习和自主决策的能力,使其能够适应多样化的场景,执行更加复杂的任务,并实时调整策略以应对不确定因素,突破传统工业机器人只能在固定地点按固定程序工作的弊端。人形机器人上述特性使其必将成为组成新质生产力的新劳动工具之一,有望颠覆千行百业的发展格局。

(二)人形机器人是人工智能的理想载体,将加速人工智能技术的突破

人形机器人是人工智能大脑和机器人身体的结合。英伟达创始人兼CEO黄仁勋指出,人工智能的下一个浪潮将是具身智能,是能理解、推理、并与物理世界互动的智能系统。作为通用人工智能的理想载体,人形机器人将引领人工智能的前沿研究方向,促进人工智能在多模态和智能交互方面的发展。人形机器人在与真实环境交互时,通过视觉、听觉和触觉等多种传感器获得复杂的感知信息,必然会收集和海量数据,并将其加工喂给大模型,实现端到端的大规模训练与计算,培育大模型多模态信息融合能力,进而加速人工智能突破性进展。

(三)人形机器人是产业和科技实力的集大成者,将是未来竞争的关键场景

人形机器人是高性能芯片、控制软件、视觉听觉传感器、电动液压关节、柔性人造皮肤、移动通信等一系列高新技术的集大成者。发展人形机器人产业需要产业链上下游从零部件到整机,以及人工智能、通信网络等各个环节完善的产业配套体系。人形机器人一旦实用化并走向量产,将迅速成为生产生活中必不可少的工具,数量有望超越人类,带动工业全产业链的快速发展。发达国家大量装备人形机器人之后,将有望抵消其人口老龄化及劳动力短缺的劣势,从而加速实现再工业化,并在劳动生产率上与仍依靠人力的发展中国家再次拉开显著差距。从世界范围内看,各主要强国都已将发展人形机器人产业提升至国家战略高度,人形机器人产业势必成为未来大国产业和科技竞争的重要舞台。

二、我国发展人形机器人的条件和产业基础日趋完善

我国高度重视人形机器人产业,从中央到地方均出台一系列政策规划加快产业布局。在政策激励下,我国发展人形机器人的完整配套产业链正在加速形成,关键环节正逐渐实现国产替代。国内企业创新研发实力不断增强,呈现百花齐放态势,一批国产人形机器人产品被陆续推出。近年来我国快速发展的新能源汽车产业也为

人形机器人是未来产业中最重要的领域之一。随着技术加速演进,人形机器人有望在未来5至10年实现在工业生产、家庭生活等各个场景的应用,成为形成新质生产力的重要工具,将深刻变革人类生产生活方式,重塑千行百业发展格局

我国高度重视人形机器人产业。在政策激励下,我国发展人形机器人的完整配套产业链正在加速形成,关键环节正逐渐实现国产替代。国内企业创新研发实力不断增强,一批国产人形机器人产品陆续推出

未来人形机器人市场需求量巨大,整体市场规模将超过汽车,并将带动上游配套产业链体系高速发展,为关键零部件及核心技术的国产替代带来发展机遇。用于人形机器人的专用大模型也将迎来高速发展,成为新一代“人工智能+”发展的重点领域

激活人形机器人产业创新发展动能,需要深化科技体制改革,推进产业融合,完善产业发展基础条件。要进一步推进应用场景建设,增强产业支撑能力,深化国际交流合作,完善治理体系,培育壮大企业创新主体,构建人形机器人制造

百花齐放态势,一批国产人形机器人产品被陆续推出。近年来我国快速发展的新能源汽车产业也为人形机器人提供绝佳测试场景,加速推进人形机器人商业化应用。

(一)支持政策体系及产业布局不断完善,推动人形机器人产业加速发展

我国高度重视人形机器人产业的发展,提出了一系列政策和计划。2021年,“十四五”规划纲要就将机器人产业提到了重要位置。工业和信息化部、国家发展改革委等十五部门制定的《“十四五”机器人产业发展规划》中明确提出,到2025年,我国要成为全球机器人技术创新策源地、高端制造集聚地和集成应用新高地。2023年工业和信息化部印发的《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,“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破;到2027年,人形机器人技术创新能力显著提升,综合实力达到世界先进水平,产业加速实现规模化发展,相关产品深度融入实体经济,成为重要的经济增长新引擎。各省市也围绕着重人形机器人产业加速布局:杭州市提出到2026年实现智能机器人全产业链工业产值突破500亿元;上海在《上海市推动制造业高质量发展三年行动计划(2023—2025年)》中,将智能机器人产业作为重点投资领域;深圳、北京、湖北、重庆、江苏、山东、安徽等地也陆续出台政策,明确提出发展人形机器人产业。

(二)人形机器人产业链体系正加速形成,关键环节正逐渐实现国产替代

我国发展人形机器人的完整配套产业链正在加速形成。在“大脑”方面,我国人工智能产业正处于快速发展期,技术创新能力不断增强,相关基础已相对完备。大模型作为当下最热的科技领域,是国内创业投资的新风口,科研院所、大专院校、科技巨头及创业企业均布局大模型,呈现“百模大战”局面。同时,优必选、傅立叶智能、智源、科大讯飞、银河通用等企业均已接入人工智能大模型,华为盘古大模型5.0版本也已经植入具身智能载体“夸父-MY”人形机器人。

在“小脑”和“肢体”方面,高性能芯片、传感器、控制器、伺服系统、谐波减速机等关键环节正加快实现国产替代,部分零部件的国产替代性能已接近国际先进水平,且性价比优势明显。在电机领域,国内有步科股份、雷赛智能、禾川科技、鸣志电器、兆威机电等知名公司;在减速器领域,有绿的谐波、科峰智能、精锐科技、双环传动、昊志机电等厂商;在六维力传感器领域,宇立仪器、坤维科技、鑫精诚正逐渐获得市场话语权;在高端伺服系统领域,奥普光电正在打破国际龙头企业在中高端光栅编码器的垄断。近年来我国新能源汽车产业的高速发展,使我国在电机、电控、电池等方面具有领先地位,同时零部件小型化、安全性和能量密度的提升,也使得大批零部件可以复用于人形机器人。优必选Walker S、傅里叶GR-1型人形机器人从芯片到零部件的国产化率已经超过90%。关键零部件的国产替代将推动我国人形机器人的生产成本进一步下降,加速我国人形机器人实用化进程。

(三)企业创新研发实力不断增强,呈现百花齐放态势

我国人形机器人企业呈现百花齐放态势。优必选、宇树科技、傅里叶智能、开普勒、乐聚等企业迅速发展,小米、华为等科技巨头也纷纷入局。优必选Walker S、宇树H1、傅里叶GR-1、智元远征A1等一批国产人形机器人产品被陆续推出。京津冀、长三角、粤港澳已成为我国机

器人产业发展的三大高地,具备人形机器人整机能力的企业超过25家。根据人民网研究院发布的《人形机器人技术专利分析报告》,截至2023年5月底,我国人形机器人专利申请量居全球第一,人形机器人专利申请集中度为20%至30%。这表明人形机器人企业之间,技术竞争激烈,发展活力强劲。

(四)超大规模市场蕴藏多种现实应用需求,加速推进人形机器人商业化应用

工业制造、商用服务和家庭陪伴是未来人形机器人三大商业应用场景。依托我国超大规模市场蕴藏的多种细分垂类场景,我国人形机器人率先实现走出实验室,收集真实场景数据,为人形机器人升级迭代产品,进而在未来实现大规模商业化应用奠定基础。

在工业制造领域,汽车生产环节具有大量装配、搬运、质检等细分场景,为人形机器人商业化应用提供理想测试场景。近年来,我国新能源汽车产业迅猛发展,并在5G+工业互联网、数字孪生技术的加持下建成高度数智化的生产线,极其适合测试人形机器人大规模应用及收集真实数据。优必选Walker S、智元远征A1等型号机器人均已经开始在汽车总装车间中“实训”打工。

在商用服务领域,热度较高的智慧文博、文旅及快递物流行业为机器人商用服务创造大量应用场景。成都市机器人创新中心已经开发出全球首个服务文旅会展场景的生成式数字人机器人。中科源码(成都)服务机器人研究院也发布了全国首个基于物流场景的具身智能机器人,应用于仓储物流分拣、楼宇快递分拣等场景。

在家庭陪伴领域,近年来我国人口老龄化趋势日益明显,护理人员存在长期短缺问题,养老领域成为人形机器人加快商业化应用的又一场景。比如,乐聚机器人正以智能陪伴、社交互动、巡检监护等为切入点推动人形机器人应用于智慧康养领域。

三、推动人形机器人产业发展将为经济发展带来新动能和新空间

未来人形机器人市场需求量巨大,整体市场规模将超过汽车,并将带动上游配套产业链体系高速发展,为关键零部件及核心技术的国产替代带来发展机遇。用于人形机器人的专用大模型也将迎来高速发展,成为新一代“人工智能+”发展的重点领域。人形机器人最终将赋能千行百业,在工业生产、生活服务等领域发挥重要作用。

(一)未来人形机器人需求数量远超汽车,市场规模将迅速增长

人形机器人在未来生产生活中的丰富应用场景将使其市场需求量极其庞大。特斯拉CEO马斯克认为,人形机器人普及程度将是汽车普及程度的10倍,最终在数量上有望超越人类,达到100亿台至200亿台规模。MarketsandMarkets则预计到2027年,全球人形机器人市场规模将达173亿美元,复合增长率为63.5%,市场发展广阔。国际机器人协会预测,从2021年至2030年,全球人形机器人市场规模年复合增长率将高达71%。据今年召开的首届中国机器人产业大会上发布的《人形机器人产业研究报告》预测,至2024年,中国人形机器人市场规模将达到约27.6亿元;到2029年,该市场规模有望扩大至750亿元,占据全球市场的32.7%;到2035年,中国人形机器人市场规模有望达到3000亿元。

(二)配套产业链体系高速发展,为国产替代带来发展机遇

人形机器人是先进制造业的集大成者。人形机器人产业的发展,将会带动机械、电子、传感、软件、通信、人工智能等高端产业的共同发展。例如,如果特斯拉Optimus销量达百万台,上游环节的线性关节总成、旋转关节总成的市场空间会超过500亿元;力矩传感器、行星滚柱丝杠、谐波减速器等的市场空间将超过100亿元。

从具体零部件来看,目前人形机器人执行器关键零部件如丝杠、减速器、电机等高端领域的产品国产化率较低,特别是行星滚柱丝杠、空心杯电机及六维力矩传感器等产品。例如,在2023年,中国行星滚柱丝杠市场的国产品占比仅为15.09%。在电机方面,根据浙商证券研报,预计2029年全球无框力矩电机市场规模超300亿元,其中人形机器人下游占比达73%。在传感器方面,GGII预测,到2030年,全球人形机器人领域力传感器市场规模将达328亿元,其中人形机器人领域六维力传感器市场规模将达138亿元。在丝杠方面,华鑫证券认为,到2030年,用于人形机器人的行星滚柱丝杠价值量为229.6亿元,复合年均增长率达到154.1%。未来人形机器人上千亿规模的市场空间将给相关领域企业大规模布局国产替代、赶超国际龙头企业提供发展机遇。

(三)人形机器人大模型成为发展新热点,涌现出相关配套需求

专用大模型是推动人形机器人未来发展的关键力量。自然语言模型已经不能满足人形机器人发展的需求,必须开发模态覆盖面更广、模态联系能力更强、具有强可扩展性的多模态大模型,才能够突破单一模态不足以应对复杂实际场景的限制,真正成为人形机器人的“大脑”。因此,强调智能体在真实物理环境中的身体存在,通过与环境的直接交互学习的具身智能成为当前“新一代人工智能+”发展的新方向。国内外多家机构都在组织开发专用于人形机器人的大模型,以多模态大模型赋予人形机器人语言理解、场景认知和动作规划等关键能力,使机器人能够在复杂环境中实现高度的适应性和交互能力。比如,英伟达发布世界首款人形机器人通用基础模型GROOT;成都市机器人创新中心也研发出国内首个基于视觉分散架构的人形机器人任务生成式R-DDPRM模型。

训练具身智能需要构建数据集和训练场配套体系。数据是人形机器人未来的灵魂,而当下缺少规模化数据是阻碍具身智能进步的主要痛点,也是人形机器人实用化落地的主要障碍。不同于训练传统大模型具备丰富的数据资源供给,训练具身智能所需的真实数据资源较为稀缺且采集难度较高,一些企业不得不采用“少量真实数据+大量合成数据”的方案训练。因此构建数据集和训练场十分关键,高质量、多样化的真实数据成为决定人形机器人发展速度的核心要素。人形机器人训练场作为人形机器人大模型数据生产和实现数据规模化的重要基础设施,将成为各地重点发展的新基建,赋能整个人形机器人生态。

(四)人形机器人赋能千行百业,带来生产力巨大提升

人形机器人将转化为“生产力工具”,支撑丰富应用场景体系,推动新质生产力加速发展。在工业领域,人形机器人能够作为技术工人的补充,分担危险或枯燥的任务,极大提升生产效率,大幅降低人口红利逐渐减弱、老龄化趋势日益严重、劳动力成本快速上升背景下的企业人力成本负担。从优必选的工厂实

测来看,虽然目前人形机器人在汽车工厂的效率约为人工的20%,但通过未来1至2年的优化,其工作效率将提升至人工的100%,并且可以通过24小时不间断工作,在综合效率上超过人工。

在生活应用方面,人形机器人在文旅、医疗、养老、家庭等领域均有丰富应用场景。在养老领域,根据前瞻产业研究院报告,2024年我国养老机器人的市场规模约为79亿元,未来5年将会以15%左右的复合增长率快速成长,预计到2029年,我国养老机器人的市场规模将会达到159亿元。在家庭生活中,人形机器人将是每个家庭必不可少的工具。国家统计局公布的第二次全国时间利用调查结果显示,我国居民每日用于无酬劳动的平均时间为2小时42分钟,其中做家务时间为1小时26分钟,超过健身锻炼、休闲娱乐时间,并且女性家务劳动时间为男性2倍以上。人形机器人进入家庭将极大节约人们用于家务琐事的时间,使人们可以投入更多时间用于学习和休闲。

四、完善配套体系建设,激活人形机器人产业创新发展动能

激活人形机器人产业创新发展动能,需要深化科技体制改革,推进产业融合,完善产业发展基础条件。未来一个时期,特别是“十五五”时期,要进一步推进应用场景建设,增强产业支撑能力,深化国际交流合作,完善治理体系,培育壮大企业创新主体,构建人形机器人制造业技术创新体系。

(一)实施重大举措,推进产业、人形机器人与人工智能融合

一是推进应用场景建设。出台支持和鼓励企业使用人形机器人的相关政策,培育人形机器人市场,利用好我国庞大工业体系和超大规模市场的优势,在特种、制造、民生服务等场景推广示范应用,通过场景运用加快我国人形机器人产业实用化,抢占全球产业链高地。

二是增强产业支撑能力。建设人形机器人产业链中试平台、中试公共服务机构,提升工程开发、样品试制、数据模拟、工艺改进等能力,加速推进科技成果工程化、产品化和产业化。

三是深化国际交流合作。拓展人形机器人国际合作空间,推动产业国际化发展,深度参与国际规则和标准制定,为全球人形机器人产业发展贡献中国智慧。

四是完善人形机器人治理体系。加强技术标准和规范建设,确保人形机器人的智能化设计 and 应用符合人类伦理,及时制定人形机器人应遵守的伦理准则和道德规范。

(二)落实重大改革,释放人形机器人产业增长活力

落实党的二十届三中全会关于构建支持全面创新体制机制精神,深化科技体制改革,夯实人形机器人产业发展底座。

一是强化企业创新主体地位。培育壮大企业群体,加强与高校及科研院所的技术成果转化对接服务,推动科技金融超前开展企业孵化;围绕核心部件及关键技术,梯次培育科技型企业和专精特新企业,打造具有生态主导力和全球竞争力的人形机器人“链主”企业。

二是构建人形机器人技术创新体系。加大基础研究支持力度,支持龙头企业牵头联合产学研组成创新联合体;加快人形机器人与元宇宙、脑机接口等前沿技术融合,探索跨学科、跨领域的创新模式。

三是加强人才引育。加大人形机器人相关学科专业人才培养力度,创新产学研合作培养模式;加强高端人才海外交流引进,健全人才服务体系。

(三)推进重大工程,夯实人形机器人产业发展底座

一是构建聪慧的“大脑”。推进算力设施建设和人工智能基础研究,开发具备国际领先水平的人形机器人大模型,增强环境感知、行为控制、人机交互能力。

二是建设灵活的“身体”和敏捷的“小脑”。系统布局高性能芯片、运动控制系统、行星滚柱丝杠、空心杯电机及六维力矩传感器等关键技术和核心零部件国产替代产业,突破“卡脖子”技术。

三是充实“灵魂”的养料。推进人形机器人高质量数据集及训练场建设,建设人形机器人数据采集、治理与应用验证平台,通过多种复杂场景,规模化生产人形机器人大模型所需的真实数据,加快人形机器人与真实应用场景的融合。