



DOI:10.19609/j.cnki.cn10-1339/tn.2023.11.010

具身智能产业发展动向及创新能力研究

文/钟新龙、渠延增、王聪聪、樊炳辰、窦婉茹

具身智能具备巨大的市场潜力和广泛的应用前景。从目前的应用场景来看,得益于大模型技术的突破,智能助手实现优先普及,因此,当下智能家居的市场规模较大。未来,随着L4级别自动驾驶的落地及新能源汽车的加速普及,自动驾驶可能会发展为具身智能应用的主要板块。

党的二十大报告对建设现代化产业体系作出部署,强调“推动战略性新兴产业融合集群发展,构建新一代信息技术、人工智能、生物技术、新能源、新材料、高端装备、绿色环保等一批新的增长引擎”。当前,以大模型、类脑智能、具身智能、价值与因果驱动的通用智能体为代表的通用人工智能发展路径初现端倪,具身智能有望推进新一代人工智能实现跨越式发展,激发新一轮的技术和产业革命。世界主要经济体针对具身智能发展制定了相关的战略和政策文件,具身智能产业发展已步入正轨。我国也发布了《新一代人工智能发展规划》《“十四五”机器人产业发展规划》等文件,为我国具身智能路径探索指明了方向和目标。

本文以世界主要经济体具身智能产业为研究主体,重点梳理了美国、欧盟、日本、韩国、中国等主要经济体具身智能产业的发展现状及技术创新方向,从政策环境、关键技术、专利数量、创新主体等方面对我国类脑具身智能产业创新能力进行评估,并提出明确发展路径、深化跨学科合作、统筹配置创新要素、建立标准和评价体系等建议,希望对推动我国具身智能

产业发展有所启示。

具身智能概述

概念与内涵

具身智能是一种将人工智能与物理世界相结合的技术,即能够理解、推理并与物理世界交互的智能物理实体,其技术体系横跨智能科学多个方向,主要包括具身认知、具身常识、具身系统、具身感知、具身实体,主要产品包括智能机器人、虚拟助手、独特形态功能设备、自动驾驶汽车等。

自诞生以来,具身智能主要经历了两个发展阶段。第一阶段是概念成型期。1950年,图灵在他的论文*Computing Machinery and Intelligence*中首次提出具身智能的概念。在此后几十年里,由于技术发展不足,具身智能相关研究并没有取得很大的进步。1986年,布鲁克斯从控制论角度出发,强调智能是具身化和情境化的,传统以表征为核心的经典AI进化路径是错误的,而清除表征的方式就是制造基于

钟新龙、渠延增、王聪聪、樊炳辰、窦婉茹
赛迪智库无线电管理研究所(未来产业研究中心)

行为的机器人。Rolf Pfeifer在其著作*How the Body Shapes the Way We Think*中通过分析“身体是如何影响智能的”对“智能的具身化”做了清晰描述,阐明了“具身性”对理解智能本质与研究人工智能系统的深远影响。

第二阶段是快速发展期。当前,计算机视觉、计算机图形学、自然语言、认知科学等技术愈加成熟,人工智能通用大模型层出不穷,推动具身智能进入快速发展阶段。斯坦福大学计算机科学教授李飞飞认为,具身的含义不是身体本身,而是与环境交互并在环境中发挥作用的整体需求和功能。上海交通大学教授卢策吾在2022年机器之心AI科技年会上发表主题演讲“具身智能”,提出了PIE方案,即具身智能包括具身感知(Perception)、具身想象(Imagination)和具身执行(Execution)三个模块。2023年,清华大学教授刘华平等人在《基于形态的具身智能研究:历史回顾与前沿进展》中总结了海内外多方面研究后提出:相对于离身智能,具身智能更侧重关注“交互”,即智能受脑、身体与环境协同影响,并由身体与环境相互作用,通过信息感知与物理操作过程连续、动态地产生。

具身智能有感知、理解和交互三个主要特征:感知是指具身智能设备可以通过各种传感器(摄像头、麦克风、雷达等)感知周围环境中的物体、声音、光线等信息,并将其转化为数字信号进行处理;理解是指具身智能设备可以通过各种算法(深度学习、计算机视觉、自然语言处理等)对感知到的信息进行分析 and 解释,并生成相应的语义表示或知识图谱;交互是指具身智能设备可以通过各种方式(语音、图像、动作等)与人类或其他设备进行沟通和协作,并根据反馈进行自适应和学习。

具身智能是人工智能的集合式概念,它涉

及人工智能领域的主要研究方向,包括机器视觉、自然语言理解、认知和推理、机器人学、博弈伦理、机器学习等,分为智能系统和物理实体两大体系。

智能系统包括具身认知、具身常识和具身系统三部分:具身认知涉及利用自然语言理解、机器视觉等,对外界环境信息进行处理和分析;具身常识涉及机器学习、计算机图形学、物理学、生物学等,对物理实体所接收的数据进行训练并生成多个常识模型;具身系统涉及软件工程和体系结构等,将多个模型统一组合封装成系统。

物理实体包括具身实体和具身感知两部分:具身实体涉及机器人学和芯片设计,包括机器人能源电池系统、执行机系统和智能芯片等;具身感知涉及计算机视觉、语音识别、力觉触觉传感器和其他传感器。

此外,具身智能还包括在机器学习、自然语言处理、认知科学、心理学、社会学、脑科学等学科的支撑下,进行智能系统与物理实体的交互。综合来看,具身智能是新一代人工智能的重要发展方向,跨智能科学多个方向。

发展趋势

在技术趋势方面,具身智能将向着感知、理解和交互多方面能力结合的方向发展。清华大学教授刘华平等人在《基于形态的具身智能研究:历史回顾与前沿进展》中提到,未来,具身智能有望获得突破的发展方向包括形态涌现、感知进化、物理实现、多体协同等。刘教授等人也强调,尽管具身智能很重要,但也有自身的局限性,与离身智能的紧密结合才是实现通用人工智能的必由之路。

在应用趋势方面,具身智能可以应用到工业制造、建筑、医疗、家庭、康养等多个领域。

例如,波士顿动力公司的具身智能体已经在

工业制造、建筑施工等领域得到应用；日本的ASIMO（仿生机器人）已经在医疗卫生领域得到应用，可以协助医生进行手术和护理工作。

具身智能将朝着智能化、多元化、协作化、安全化和伦理化的方向发展。智能化是指具身智能体将具备更高的智能化水平，能够更好地感知周围环境、理解人类语言和行为，并进行自主学习和决策；多元化是指具身智能体的形态和功能将会更加多样，可以根据不同的工作场景和需求进行定制化设计和开发；协作化是指具身智能体将更加注重与人类的协作和交互，实现人机共生和智能化生产；安全化是指具身智能体的安全问题将会被进一步重视，通过多种技术手段和安全措施可以保障工作场所的安全；伦理化是指具身智能体的伦理问题也将会被重视，并在技术开发和应用过程中考虑人类的价值观和道德规范。

战略意义

具身智能有利于促进多学科交叉融合创新。实现具身智能需要多个学科的交叉互助，包括机器人学、深度学习、强化学习、机器视觉、计算机图形学、自然语言、生物学、物理学、认知科学等。2019年，教育部公布的《普通高等学校自设交叉学科名单》明确其主要任务是解决学科“交叉”“融合”“跨界”这三个关键词所对应的难题，提出高校开设一批涉及不同领域的交叉学科，培养出社会需要的创新型、复合型、应用型人才。发展具身智能技术可以促进不同学科之间的交流和合作，推动技术融合创新，带动关联产业发展，促进经济社会进步。

具身智能带来的AI价值更大。具身智能最大的特质就是能够以主人公的视角自主感知物理世界，用拟人化的思维路径自主学习，从而做出人类期待的行为反馈，而不是被动的等待数据投喂。人形机器人是具身智能的重要应用场

景，它提供了各种基于人类行为的学习和反馈系统，为实现更复杂行为语义提供了迭代的基础和试验场，因此，人形机器人的逐步完善也为具身智能的落地提供了方向。而面向工业场景的具身智能应用并非一定是人形机器人，因此，具身智能背后的技术和方法论才是核心，意味着具身智能所带来的价值要远远高于人形机器人本身。

具身智能是新一代人工智能发展的重要方向。具身智能是具备自主决策和行动能力的机器智能。《新一代人工智能发展规划》明确提出“到2025年，人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平，人工智能成为我国产业升级和经济转型的主要动力，智能社会建设取得积极进展；到2030年，人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心。”人工智能下一个浪潮将是具身智能，具身智能是当前人工智能领域发展的前沿方向，是一条通向通用人工智能的研究道路。研究具身智能是人工智能研究领域重大的、范式级别的变革，具有深远的意义。

发展具身智能有助于抢占未来产业发展优势，提高国际竞争力。当前，未来产业发展水平已经成为衡量一个国家科技创新和产业发展实力的重要指标，世界各国都在积极布局以具身智能、人形机器人为代表的未来产业领域，争取在未来产业的发展中占据先机。因此，积极发展具身智能有助于引领前沿技术发展方向，保障国家在重要产业领域的发展优势和产业安全，掌握未来国际竞争的主动权。

世界主要经济体具身智能的发展动向

近年来，世界主要经济体及国家高度重视具身智能产业发展，不断提升对细分领域的关

表1 世界主要经济体及国家具身智能技术重点发展方向

主要经济体及国家	政策着力点	重点发展方向
美国	基础研究及前沿领域	在通用协作机器人、多机器人协作、鲁棒计算机视觉识别、建模和系统级优化方面开展研究,实现较高水平人机互动、人智互动
日本	工业及服务机器人	制定制造业和服务业行动计划,聚焦以自动驾驶为代表的下一代机器人和人工智能核心项目,升级制造业生产服务系统和运营模式
韩国	具身智能技术创新	着力提高机器人核心零部件和软件方面的技术创新能力,推动智能机器人与各领域融合
欧盟	具身智能安全性及友好性	将公认的机器人技术优势与人类先进的批判性思考等认知能力结合,利用具身智能引发的变革造福于民

注度,尤其是机器人和自动驾驶汽车两个方向。美国在具身智能全领域保持领先地位,不断推进基础研究;日本专注于机器人方向,重点聚焦工业机器人;韩国在机器人、自动驾驶等方向都出台了多项政策规划,加速具身智能发展;欧盟注重研究与立法并行,着力于使具身智能朝着更加安全、友好的方向发展。

美国

美国的具身智能基础研究处于领先地位,掌握着前沿技术,是全球具身智能产业发展领先的国家。

在机器人领域,美国计算机社区联盟(CCC)于2009年推动工业界和学术界联合制定了《机器人路线图:从互联网到机器人》,并在2013年、2016年、2020年进行多次修订,力求在未来十五年内研发出具有更高感知能力、半自主操作、对环境持续适应、数据驱动学习和控制、精准抓取刚体和柔体、在完全非结构化环境中自主且强健地运作、实现较高水平人机互动的机器人,在多机器人协作、鲁棒计算机视觉识别、建模和系统级优化方面开展深入探索,并力求实现较高水平人机互动、人智互动。

2019年,美国多个政府部门联合美国国家科学基金会发布“国家机器人计划”(以下简称“NIR”),2020年修订为NIR2.0,提出重点研制通用协作机器人,推动具身智能应用发展。2020年,美国国家科学基金会投资2.2亿美元用于新一代人工智能研发,力求使具身智能发展领先于世界其他国家。美国在智能机器人研发与应用方面成果显著,微软发布的*ChatGPT for Robotics:Design Principles and Model Abilities*一文显示,通过使用ChatGPT生成机器人的高层控制代码,研究者可以用自然语言和ChatGPT交流,实现使用ChatGPT来控制机械臂、无人机、移动机器人等。2022年,特斯拉推出的“擎天柱”智能机器人已经拥有电机转矩控制、环境探索与记忆能力,可以实现多个机器人同步独立向前流畅行走、基于人类跟踪运动的AI训练和物体操纵。

在独特形态功能设备与虚拟助手领域,美国在《国家人工智能研发战略规划》中提出进一步推动相关产业发展,以充分理解人类与人工智能的协作并协同开发新研究范式来促进人机交互。苹果、微软、谷歌、亚马逊等企业



都已开发虚拟助手产品, 苹果在2023年推出的Vision Pro头戴式VR设备就是典型代表。

在自动驾驶汽车领域, 2014年, 美国交通运输部与ITS联合项目办公室共同提出《ITS战略计划2015—2019 (ITS Strategic Research Plan, 2015—2019)》, 以汽车自动化、网联化为战略核心, 牵头产业界、学术界参与智能交通项目。2016年, 美国交通运输部公布了《联邦自动驾驶汽车政策》, 并于2017年、2020年接连推出升级版, 制定道路交通新规、建设示范区, 为自动驾驶汽车的开发和集成提供联邦指导方针, 旨在推动自动驾驶技术创新及自动驾驶汽车产业化。Mobileye、Waymo、Zoox、Aurora、特斯拉等公司在自动驾驶技术方面都处于业界领先地位。

日本

日本聚焦工业机器人和服务机器人领域, 提高人机协同能力, 推进智能机器人研发。

在机器人领域, 2014年, 日本出台《机器人白皮书》, 强调实现产业机器人市场规模翻一倍, 主要增量将集中在服务机器人领域, 支持人形机器人产业发展。2015年, 日本发布《机器人新战略》, 并成立机器人革命行动协议会, 旨在将机器人与IT技术、大数据、人工智能等新兴技术进行深度融合, 提升机器人人机协同能力、感知及半自助操作能力等, 强调发展有感知、理解和交互能力的机器人。2016年, 日本正式提出“互联工业”概念, 即通过人工智能和数字信息技术, 实现人与机器间的连接和协作, 进而创造出新的附加值。2018年, 日本发布《制造业白皮书》, 确定以机器人智能技术为基础, 对制造业生产服务系统和运营模式进行优化升级。2022年, 日本政府提供了超过9.3亿美元的资金支持, 重点支持领域是制造业(7780万美元)、护理和医疗行业(5500万美元), 制定针对制造

业和服务业的行动计划, 包括以自动驾驶为代表的下一代机器人和人工智能核心项目。日本在机器人领域的技术处于世界领先水平, 工业机器人企业云集, 如发那科、安川、川崎、那智不二越、电装、爱普生等, 都是工业机器人龙头企业。日本在人形机器人领域产品研发积累较深, 2000年推出了ASIMO人形机器人, 2011年推出了A11-New ASIMO, 2023年推出了智能交互机器人ERICA。

在自动驾驶汽车领域, 2013年, 日本启动SIP项目, 确立推进自动驾驶相关基础技术研发、扩大合作领域, 并在后续几年发布了一系列政策确立自动驾驶推进时间表, 提出2020年实现L3级别自动驾驶车辆的量产销售, 并于2025年在高速公路实现L4级别的自动驾驶。该项目以丰田为首, 雅马哈、爱信、Mobility等汽车企业参与其中。2020年, 丰田推出e-Palette无人驾驶电动汽车, 该系统由车辆端和乘客端构成, 可以减少乘客的等候时间并避免拥挤, 从而提供安全、舒适的移动出行服务。

在独特形态功能设备与虚拟助手领域, 2007年, 日本将虚拟现实技术纳入了“创新25战略”中, 大力支持大型低功耗电显示、多语言交流等项目发展, 相关技术一直处于领先地位, 代表性的科技企业有索尼、Livedoor、CyberAgent等。其中, 索尼在2016年、2022年先后推出了两代PlayStation VR, 第二代增加了眼球追踪技术, 能更好地实现虚拟世界与物理世界的交互。

韩国

韩国重点关注机器人、自动驾驶汽车领域的技术创新, 着力布局打造机器人强国, 推动具身智能发展。

在机器人领域, 2004年, 韩国启动“无所不在的机器人伙伴”项目, 并于2009年提出“第一

次智能型机器人基本计划”，2014年发布了“第二次智能机器人行动计划”，2017年推出《机器人基本法案》，扶持机器人产业发展，加速人类智能和机器人智能的融合。2022年，韩国颁布《2022年智能机器人实行计划》，推动智能机器人与各领域融合，打造支柱产业，持续对工业和服务业机器人进行投资和支持，提高机器人核心零部件和软件方面的技术创新能力。2023年，韩国颁布机器人相关立法，提出提高机器人产业在社会中的认知度、加强机器人和人类的交互技术研究，使机器人更加智能化、亲和化。该立法旨在推进人类智能和机器人智能的融合，为未来智能时代的到来打下坚实基础。依托坚实的人工智能基础，韩国的机器人技术正快速追赶领先国家：LG在工业领域提供高品质协作型机器人；现代集团主要聚焦仿人机器人，希望机器人可以完成类人动作；韩国科学技术学院开发出了HUBO双足人形机器人，这是一款领先的商业化人形机器人。

在自动驾驶汽车领域，自2015年起，韩国就开始推进自动驾驶商用化，并着力提升韩国在自动驾驶汽车方面的技术创新水平，随后几年，韩国接连发布多项政策法规，包括《第三期汽车政策基本规划案》、“出行方式革新路线图”“未来汽车产业国家发展规划”等，设立自动驾驶示范区、修订道路交通规则、为自动驾驶汽车制定安全标准和保险计划。近年来，韩国在自动驾驶汽车方面发展成果丰硕，推出了现代汽车集团的全新概念车氢动智能无人运输车、摩比斯的新一代智能移动出行概念车M.Vision X等产品。此外，韩国Autonomous A2Z公司处于L4级自动驾驶汽车企业前沿梯队。

在独特形态功能设备与虚拟助手领域，韩国政府计划设立约3580万美元的VR/AR专项基金专门投资AR/VR方向，而韩国未来创造科学

部也曾计划在2016年后的五年内投资4050亿韩元集中培育虚拟现实产业，推动VR设备技术进步，三星在该方面技术较为成熟，自2018年以来接连推出5代Gear VR设备，并预计于未来两年内推出一款XR设备。

欧盟

欧盟全方位推进具身智能发展，加强相关领域立法，推动人智理解、人智写作、人智沟通，使具身智能向更加安全、友好的方向发展。

在机器人领域，2014年，欧盟启动“民用机器人”项目，推进工业机器人技术开发，提升智能化和感知交互能力；2021年，欧盟推出旨在实现人工智能卓越和信任的新规则及行动计划，打造可信赖的、安全性高的人机协作环境；2021年，欧盟发布“工业5.0”战略，提出将公认的机器人技术优势与人类先进的批判性思考等认知能力相结合。欧盟在机器人领域发展历史悠久、基础坚实，包括ABB、史陶比尔、库卡、徕斯、IX Technologies、Macco Robotics在内的众多公司发展迅速，其中，IX Technologies推出的EVE人形机器人可以在多种环境中执行任务并进行交互。

在自动驾驶汽车领域，2011年，欧盟发布《欧盟一体化交通白皮书》，提出推进车辆智能安全、信息化及交通安全管理；2012年，欧盟在推出的“地平线2020计划”中提出，推动汽车自动化、合作式智能交通、网联化及产业应用；欧盟于2018年发布《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》，计划2030年完全普及自动驾驶。随后，欧盟颁布了以《自动驾驶汽车技术的法律框架》为代表的多条相关法规，支持无人驾驶汽车发展，并于后续出台的车辆通用安全法规中规定，所有新发表车款都必须含ISA智慧速度辅助系统、疲劳监视系统。欧盟依托其雄厚工业基础，成为全球范围内率先规定自动



驾驶伦理规则的地区,并推出多款产品。其中,法国Gaussin公司于2022年推出了氢动力燃料电池自动导引车;EasyMile在比利时落地自动驾驶巴士车项目,并推出了EZ10自动驾驶汽车。

在独特形态功能设备与虚拟助手领域,欧盟发布《数字时代的欧洲媒体:支持复苏和转型的行动计划》,启动虚拟现实媒体实验室项目,建立欧洲VR和AR产业联盟,联盟成员超过200家,其中,Homido、MindMaze、StarBreeze、VideoStitch等企业皆为VR硬件头部厂家。

具身智能厂商动向

国外厂商

谷歌发布具身视觉语言模型,打造机器人“大脑”。2023年3月,谷歌和柏林工业大学的研究团队推出了视觉语言模型——PaLM-E,参数量达到5620亿,是GPT-3的三倍多。PaLM-E集成了5400亿参数的语言模型PaLM-540B和220亿参数的视觉模型ViT-22B。研究人员通过将多模态信息嵌入预训练大语言模型的向量空间,构建具身语言模型。作为一款多模态具身视觉语言模型(VLM),PaLM-E表现出色,不仅可以理解图像,还能够生成文本,并将二者结合起来,处理复杂的机器人指令。PaLM-E的强大之处在于它能够利用视觉数据来增强文本处理能力。经过单张图像的提示训练,作为“大脑”的PaLM-E不仅可以指导规划机器人完成各种复杂的任务,还可以生成描述视觉图像的文本。此外,PaLM-E可以通过自主学习来完成先前需要人工协助才能完成的长距任务,如“从抽屉里拿出薯片”这样包含多个单元步骤的指令。PaLM-E展现出的正向迁移能力代表该模型能够将从一件任务中学习到的知识和技能迁移到另一项任务中,与仅能从事单一任务的模型

相比,性能显著提高。同时,研究人员计划探索PaLM-E在家用机器人与工业机器人等现实世界场景中的诸多应用,如通过PaLM-E激发更多关于多模态具身AI的研究。

微软以ChatGPT为内核,可通过对话来指挥机器人操作,进一步简化人机交互模式。2023年4月,微软宣布开源最新研究ChatGPT-Robot-Manipulation-Prompts,用户可以通过对话的方式,指挥ChatGPT赋能的具身机器人完成诸多操作。在传统模式下,机器人完成人类自定义的操作只能通过手动编码来实现,整体流程烦琐,对使用者的要求较高,需要使用者同时掌握生产需求与编程能力。现在,通过该技术,用户通过对话就能指挥机器人执行诸多操作,如“帮我打开冰箱,拿一杯果汁放在桌上”。以ChatGPT为内核进一步简化人机交互模式,扩展功能,开发更多应用场景,可以有效增强用户体验。该技术的出现大幅降低了传统人机交互所需的高昂成本,将该技术运用于工业机器人会进一步提高一线工人工作效率,工作人员可通过日常对话的方式指挥机器人完成操作。因此,人机交互的升级会为制造业带来不可估量的发展前景。

英伟达发布多模态具身AI系统,它能够在视觉文本提示的指导下执行复杂的任务。2023年5月,英伟达创始人兼首席执行官黄仁勋在ITF World 2023半导体大会上提出“人工智能的下一个浪潮将是具身智能”的观点。黄仁勋将新型人工智能称为“具身人工智能”,即能够理解、推理并与物理世界互动的智能系统,如机器人、自动驾驶汽车和智能助手等。同时,黄仁勋公布了多模态具身人工智能系统NVIDIA VIMA,该系统能够在视觉文本提示的指导下执行复杂的任务,通过概念学习、知识涌现和知识表达采取相应的行动。此外,VIMA系统

的数字孪生体可在3D开发和模拟平台NVIDIA Omniverse中运行。

国内厂商

阿里宣布入局“AI+机器人”赛道，将“千问”大模型接入工业机器人。2023年5月，阿里宣布将“千问”大模型接入工业机器人，在发布的演示视频里，工程师通过钉钉对话框向机器人发出指令，机器人立即解析了指令内容并回答和执行相应的操作流程。使用“千问”大模型为机器人执行任务赋能推理决策的能力，能显著提升机器人智能化水平，提升生产效率。

优必选发布商业化双足真人尺寸人形机器人。2021年7月，优必选发布旗下代表产品WalkerX双足真人尺寸人形机器人，该产品拥有41个自由度，可完成多个高精度动作。WalkerX不仅可以在地面（包括不平的地面、斜坡和楼

梯）自由行走，而且可以自行保持稳定和平衡。此外，WalkerX还可以执行人类任务，如识别并抓取物体、开门、倒水，以及进行下棋、弹钢琴、绘图。

小米发布旗下首款全尺寸人形机器人CyberOne。2022年8月，小米发布首款全尺寸人形仿生机器人CyberOne，它身高177cm、体重52kg，支持21个自由度，配合自研的人形双足控制算法，能实现各自由度0.5ms级别的实时响应，可充分模拟人的各项动作。

具身智能应用

应用场景

具身智能的应用场景非常丰富。随着机器人技术和人工智能的进一步发展，具身机器人在各个领域的应用将不断增加。在制造业中，

表2 具身智能应用场景

应用场景	场景描述
自动驾驶	具身智能将使无人车变得更加自主和智能，车辆将能够感应环境、识别障碍物和交通信号、自主决策和规划行驶方案
智能城市交通	具身机器人将成为智能交通系统的关键组成部分，可以监测交通状况，优化道路流量，并提供实时导航和建议。此外，它们还可以与智能车辆进行无缝交互，提供精确的导航指引和安全驾驶支持
物流和仓储管理	具身智能机器人能够自主导航、群体协同，从而在仓库、集装箱码头等物理环境中识别并搬运货物
智能家居	具身智能与家庭设备结合可以实现智能家居的全面普及，通过家庭设备之间的互动和自动化，调节室内温度、照明等，提高住宅的安全性和舒适性
医疗保健	具身机器人在医疗保健领域的应用非常广泛，它们可以协助医生进行手术操作，提供定制化的康复治疗服务，监测患者的健康状况，并提供日常护理和辅助服务。此外，它们可以在远程医疗中发挥重要作用，将医疗服务带到偏远地区或医生无法到达的地方
室内导航	具身机器人可以在复杂的室内环境中提供导航和助力，它们可以帮助人们找到特定位置，如医院、购物中心或机场，同时提供有关设施、服务和活动的信息，这对于老年人、视障人士和身体有障碍的人群尤为重要
教育和培训	具身机器人可以在教育和培训领域发挥重要作用，可以提供个性化的学习体验，帮助学生理解复杂的概念，并提供实践和互动的机会。此外，它们还可以在虚拟或增强现实环境中模拟真实场景，加强学习效果
社交互动和陪伴	具身机器人可以作为社交伴侣和陪伴者，为孤独的人提供情感支持和社交互动。它们可以与人类建立情感联系，提供友好的对话、游戏和娱乐，减轻孤独和社交隔离的困扰

具身机器人将承担更多的生产任务, 有效提高生产线的效率和质量。在自动驾驶场景中, 具身机器人可以成为人车交互的重要媒介, 提供更加智能化和个性化的驾驶体验。在家庭生活中, 具身机器人可以作为智能助手, 帮助用户管理日常生活, 执行家务任务, 为用户提供娱乐服务。在医疗领域, 具身机器人可以协助医生进行手术操作, 为患者提供康复训练和长期护理, 同时提供远程医疗服务。在教育领域, 具身机器人可以作为教学助手, 为教师提供个性化的教辅支持。在服务行业中, 具身机器人可以充当导游、酒店接待员、商场销售员等角色, 为顾客提供更加高效和个性化的服务。

市场应用前景

具身智能具备巨大的市场潜力和广泛应用前景。从目前的应用场景来看, 得益于大模型技术的突破, 智能助手实现优先普及, 因此, 当下智能家居的市场规模较大。未来, 随着L4级别自动驾驶的落地及新能源汽车的加速普及, 自动驾驶可能会发展为具身智能应用的主要板块。此外, 未来, 具身智能在医疗保健领域的应用也有可能实现爆发式增长。

我国具身智能产业创新能力评价

政策环境

从政策环境来看, 国家持续强化政策引领, 各省市先后出台相关政策, 提前规划具身智能产业发展。

在国家层面, 2021年年底, 工信部、国家发改委、科技部等十五部门发布《“十四五”机器人产业发展规划》, 提出提高产业创新能力、夯实产业发展基础、增加高端产品供给、拓展应用深度广度、优化产业组织结构五个重点发展任务, 重点开展共性技术和前沿技术等核心技术攻关行动, 加强标准体系建设, 推进工业机

器人、服务机器人、特种机器人重点产品的研发及应用, 推进人工智能、大数据、云计算等新技术在机器人产业中的融合应用, 提高机器人智能化和网络化水平, 拓展机器人产品系列, 提升性能、质量和安全性, 推动产品高端化智能化发展, 支持具身智能产业平稳发展。2022年, 工信部、教育部、公安部等十七部门联合印发《“机器人+”应用行动实施方案》(以下简称《方案》)。《方案》指出, 将以产品创新和场景推广为着力点, 分类施策拓展机器人应用深度和广度, 培育机器人发展和应用生态, 增强自主品牌机器人市场竞争力, 全力发展智能机器人产业。2019年, 中共中央、国务院发布的《交通强国建设纲要》提出, 在交通装备方面加强新型载运工具研发, 包括加强自动驾驶等智能网联汽车的研发。

在地方层面, 目前, 大部分省市将发展重心放在机器人和自动驾驶上, 并出台具体行动方案, 强化发展方略。2023年, 北京市印发《北京市机器人产业创新发展行动方案(2023—2025年)(征求意见稿)》, 明确指出, 成立人形机器人产业开放联盟, 到2025年, 建成人形机器人通用行为控制大模型服务开发平台、共性技术服务平台。此后, 北京市陆续印发《北京市促进通用人工智能创新发展的若干措施(2023—2025年)(征求意见稿)》和《北京市加快建设具有全球影响力的人工智能创新策源地实施方案(2023—2025年)》, 发展面向通用人工智能的基础理论体系, 加强人工智能数学机理、自主协同与决策等基础理论研究, 探索通用智能体、具身智能等通用人工智能发展新路径。上海市发布《上海市瞄准新赛道促进绿色低碳产业发展行动方案(2022—2025年)》, 推进新一代信息技术在智能网联汽车终端生产环节的深度应用, 推动智能机器人和数字孪生技术在终

端研发、制造、集成等环节的应用。深圳市发布《深圳市加快推动人工智能高质量发展高水平应用行动方案(2023—2024年)》，聚焦智能机器人、智能网联汽车等领域，实施人工智能科技重大专项扶持计划，开展通用型具身智能机器人的研发和应用。

此外，各地方政府对发展自动驾驶产业也十分积极，包括北京、上海、广州、深圳、重庆、河南在内的多个省市出台了细致的管理办法，实现了道路测试、载人测试、示范运营到无人化等多个阶段划分和覆盖，并纷纷建立道路测试、示范应用政策先行区，确保将产业落到实处。据不完全统计，截至2022年11月，18个省级行政单位发布了33项针对自动驾驶产业的政策。2020年，《广州市人民政府办公厅关于促进汽车产业加快发展的意见》提出，到2025年全市L3(含)以下级别自动驾驶汽车新车装配率超过80%，L4级别自动驾驶汽车实现产业化；依托独立的第三方机构，建立自动驾驶大数据中心，构建智能网联汽车道路测试大数据监管和分析环境。2021年初，北京市经济和信息化局正式发布《北京市智能汽车基础地图应用试点暂行规定》，提出地图应用试点将协同北京市高级别自动驾驶示范区的建设规划，在保障地理信息安全基础上，为企业率先在示范区开展先行先试提供政策与落地支撑。2022年上半年，北京市智能网联汽车政策先行区正式发布《乘用车无人化道路测试与示范应用管理实施细则(试行)》，成为国内首个乘用车无人化运营试点的标志。

关键技术

从关键技术看，和具身智能有关的一些关键核心技术不断取得突破，研究水平处于行业领先水平。

智能机器人的关键技术主要包括本体机

构技术、感知智能、规划决策职能、智能控制和多机器人协同控制技术。其中，本体机构是指机器人的物理结构，包括机械臂、传感器等；感知智能是指智能机器人对外部环境的感知能力，包括视觉、听觉、触觉等；决策智能是指机器人在感知到环境信息后，进行决策和规划的能力；智能控制是指机器人根据决策和规划结果，控制执行动作的能力。腾讯和华为分别在触觉传感器、柔性传感系统、语音交互和智能安全陪护方面潜心研究多年，掌握了多项核心专利技术。

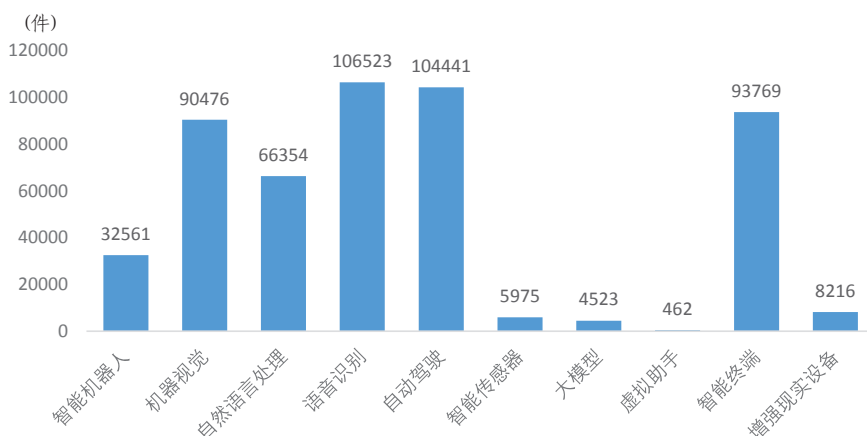
在自动驾驶方面，清华大学交叉信息研究院提出了“以视觉为中心的自动驾驶VCAD”方案，被业界广泛采纳并落地应用。我国自动驾驶技术已经走过科学研究期、技术研发期，正在向产品期过渡，不同场景的应用也正加速落地。目前，我国过半数主流主机厂已推出满足L3级别智能驾驶硬件要求的车型，多家主机厂将2025年作为实现L4/L5级别自动驾驶的目标时间点。

在技术布局方面，我国具身智能技术布局较多，重点研究方向包括智能机器人、机器视觉、自然语言处理、语音识别、自动驾驶、智能传感器、大模型、虚拟助手、智能终端、增强现实设备，研究热点较为集中。其中，我国在自动驾驶领域表现不俗，以腾讯、华为、百度、清华大学为代表的科研力量在该领域处行业前沿，并前瞻无人驾驶、预测决策一体化、数据闭环、环境感知、车载无线通信技术(V2X)、高精度地图和人机交互技术等热点方向，未来技术创新潜力巨大。

专利数量

从专利数量看，近五年来，我国具身智能专利总数不断上升，研究方向逐渐拓宽。

与欧美相比，我国具身智能技术研究起步



资料来源：赛迪整理

图 近五年我国具身智能研究方向专利数量

时间较晚，但近年来专利申请量、授权量大幅增加。机器视觉、语音识别、自动驾驶、智慧终端四个方面的研究进展成果显著，尤其是语音识别和自动驾驶研究方向，专利数量均超过十万件，表明我国语音识别和自动驾驶方面研究进展顺利。智能机器人和自然语言处理两个研究方向专利数量较少，研究进展相对缓慢，但下一步发展潜力巨大。智能传感器、大模型和增强现实设备三个研究方向也处于缓慢发展期，各自拥有少量专利。需要注意的是，在虚拟助手方面，专利数量实现了从0到1的突破，需要进一步加强高校、科研机构与公司之间密切联系，强化“产—学—研—用”合作，利用现有平台资源不断技术创新，抢占行业高地。

创新主体

从创新主体看，我国已形成企业为主、高校与研究机构为辅的创新格局。

在主体构成方面，面向智能机器人和语音识别领域，小米、华为、百度、腾讯、阿里已提交多项专利申请。在大模型方面，已形成百度、腾讯、阿里、华为领头，清华大学、北京理工大学等众多科研院校跟随的技术研发与攻关趋势。

在自动驾驶方面，中国一汽、小鹏、大疆和吉利等多家企业已开展安全控制等无人驾驶技术研究。在虚拟助手方面，由腾讯、网易、百度为主导的科研团队取得了大量的技术创新。在增强现实设备方面，OPPO、滴滴、腾讯、中国电信和京东方在设备装配、画面渲染和存储介质等领域取得多项成果。

在科研实力方面，企业成为我国具身智能领域科研的主要力量。在我国具身智能重点领域技术专利申请排行前十的机构中，企业申请专利数量最多，排名靠前的是腾讯、华为、百度和小米等行业巨头，紧随其后的是以清华大学、浙江大学、华南理工大学和华中科技大学为代表的高校，科研机构占比较低。

启示及建议

明确具身智能发展路径，系统布局产业发展

政府需要构建具身智能全景战略视图，强化部门协同，探索联合编制具身智能产业发展规划，围绕具身智能领域技术创新、产业合作、平台共建等完善顶层设计，持续完善具身

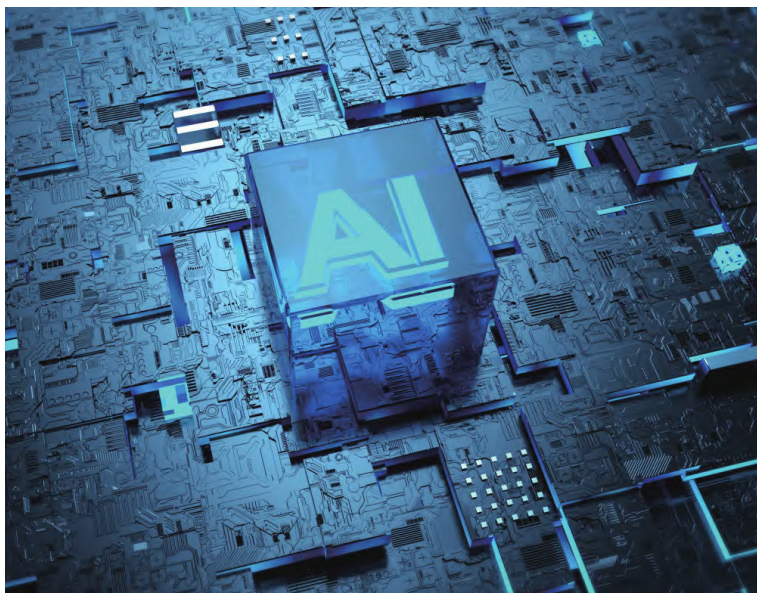
智能协同创新政策体系;持续加大对原始创新的重视和扶持力度,围绕人机交互技术、运动控制技术、立体感知和深度感知等方向统筹布局“新一代人工智能”重大项目实施方案、重点研发计划等科技项目;聚焦具身智能芯片、脑机接口等重点技术,在以智能系统和物理实体交互为代表的领域加大投入力度,从基础研究、技术开发和产业化等多维度形成具身智能体系化布局;梳理具身智能关键领域的技术攻关清单,针对具身领域的重大技术问题,通过“揭榜挂帅”的方式面向各类创新主体展开技术攻关邀请。

深化跨学科合作,实现前沿技术突破

一方面,政府需要积极引导和支持跨学科、跨领域的研究,鼓励理论研究与应用研究深度融合,强化机器视觉、自然语言处理、机器学习、触觉技术等学科领域交叉融合,拓宽具身智能的研究和应用范围,增强创新潜力;另一方面,政府需要进一步推动自动驾驶、机器人技术、物联网等行业深度融合创新,推动具身智能前沿技术的落地应用和产业化发展。同时,政府也要引导并鼓励企业和研究机构开展国际科研合作,借力国际科研力量,开展有针对性的技术攻关,共同推进具身智能的全球发展;可以通过项目牵引的方式,围绕重大项目攻关、科技创新载体建设等方式,推动各类创新主体的协同配合,为具身智能技术突破提供更多可能。

统筹配置创新要素,优化创新载体网络

我国应充分发挥新型举国体制统筹配置资源优势,强化关键共性技术研发,加强前沿技术研究,实现关键技术自主突破;进一步拧合人才链、资金链,以产学研用深度融合为导向,建立更紧密的协同创新机制,优化服务链,形成产业创新链,提升创新载体的综合服务能力;



以市场需求为导向,搭建企业、科研机构、高等院校之间的创新联合体,加快推动科技成果转化;鼓励有条件的地区探索建设一批跨区域联合攻关平台,开展具身智能跨区域合作;通过搭建若干开放共享的具身智能重大创新基础设施,发挥重大基础设施人才集聚效应,打造具有全球影响力的具身智能产业创新高地。

建立完善的标准和评价体系,推动产业持续创新

政府应坚持安全、实用、高可交互性原则,秉持以人为本,人机协同的理念,逐步建立一套符合前沿技术创新和产业落地应用需求的具身智能产业发展标准和评价体系,为我国具身智能产业的快速发展提供强有力的支撑。权威第三方行业组织机构应积极探索构建一套完备的技术标准和产品规范,为具身智能相关产品和解决方案提供明确指导和标准依据,对具身智能产品的性能、质量、安全等方面进行严格的评价,保障产品质量和安全。相关组织应通过开展高端会议论坛活动,研判具身智能前沿技术创新趋势,加快优秀典型应用成果推广,进一步推动技术创新和成果转化。○

责任编辑:陈连虎