

中国联通研究院根植于联通集团（中国联通直属二级机构），作为中国联通科技创新专业子公司，自2022年起，挂牌成立中国网络安全研究院、下一代互联网宽带业务应用国家工程研究中心及首个国家级网络安全产业知识产权运营中心，形成“两院两中心”发展格局，开创了研究院高质量发展的新局面。中国联通研究院作为服务于国家战略、行业发展、企业生产的战略决策参谋者、技术发展的引领者、产业发展的助推者，坚持以高水平科技自立自强为使命担当，聚焦网络强国、数字中国主责，拓展联网通信、算网数智业务，形成“态度、速度、气度、有情怀、有格局、有担当”的企业文化，以下一代互联网、光网络、5G-A/6G、网络安全、数智网优、低空智能网联和新型智库研究七个领域为主攻方向，坚持“四个聚焦”，开展关键核心技术攻关、科创力量建设、专业技术人才队伍建设、创新成果转化等工作，着力实现价值创造提升、战略科技力量提升、专精特新能力成色提升，争做通信行业科技创新主力军，努力建设成为“国家信赖、行业领先、集团倚重、员工自豪”现代化一流研究院。

战略决策的参谋者
技术发展的引领者
产业发展的助推者

态度、速度、气度
有情怀、有格局、有担当

中国联合网络通信有限公司研究院

地址：北京市亦庄经济技术开发区北环东路1号

电话：010-87926100

邮编：100176



中国联通研究院



中国联通泛终端技术



金砖国家工商理事会
中方数字经济和
人工智能工作组

中国具身智能 探索与发展前瞻

中国联通研究院 | 中国联通国际公司 · 2025年7月



版权声明

本报告版权属于中国联合网络通信有限公司研究院,并受法律保护。
转载、摘编或利用其他方式使用本报告文字或者观点的,应注明“来源:
中国联通研究院”。违反上述声明者,本院将追究其相关法律责任。

目 录

前 言	1
一、具身智能发展新态势	3
(一) 具身智能开辟数字经济发展新空间	3
(二) 全球具身智能市场前景广阔	7
(三) 中国在具身智能领域加速突破	10
二、具身智能产业体系架构	13
(一) 上游基础设施与原材料:智能基座的物理重构	13
(二) 中游软件开发与系统设计:智能涌现的技术熔炉	17
(三) 下游主要产品与应用场景:智能落地的场景革命	20
三、中国具身智能的典型实践与探索	24
(一) 具身智能将率先实现工业场景落地	24
(二) 具身智能探索服务业潜力场景应用	31
四、探索具身智能未来发展新路径	38
(一) 筑牢硬件根基,推动金砖具身智能标准互通	38
(二) 强化感知能力,促进金砖具身智能融合创新	39
(三) 聚焦制造场景,驱动金砖具身智能健康发展	42

前言

回溯人类文明演进轨迹,三次工业革命犹如破晓的曙光,最终演变为重构世界格局的变革浪潮。18世纪蒸汽动力突破能量桎梏,19世纪电气技术重塑生产范式,20世纪信息革命重构认知维度——历史经验揭示:技术革命初期总伴随质疑与观望,但那些突破性创新的萌芽终将成长为支撑时代的参天巨木。当历史的车轮驶入第四次工业革命临界点,具身智能作为人工智能与物理世界深度融合的前沿范式,正成为智能技术突破虚拟边界的关键支点。具身智能打破传统人工智能的"离身认知"局限,通过为人工智能系统赋予物理载体,使其能够在真实环境中感知、理解、决策、行动,实现从纯粹信息处理向物理世界操控的跨越,为人工智能提供理解和探索物理世界的“身体”,拓展智能应用的边界,实现真正“知行合一”。

本白皮书聚焦具身智能产业发展的前瞻趋势,深度洞察这一技术在中国的应用探索与未来图景。短期内,我们将目光聚焦于制造业为主的结构化场景,在工业应用中实现率先突破;中长期内,我们将视野扩展至更广阔的商业化场景,包括医疗、物流、公共服务等,在商业生态中发挥更大价值;远期而言,我们憧憬具身智能走进千家万户,成为人类最贴心的伙伴。具身智能的征程才刚刚开始,正如每次工业革命都需要几代人的接力奔跑,时代的车轮滚滚向前,智能的序曲已经奏响。希望中国在具身智能领域的探索能为金砖国家未来发展提供参考,让其造福各国人民,推动构建人类命运共同体。

编写组成员

牵头编制单位：

中国联合网络通信有限公司研究院、中国联通国际有限公司

专家指导委员会：

- 简 勤 中国联合网络通信集团有限公司总经理
- 孟树森 中国联通国际有限公司董事长兼总经理
- 李红五 中国联合网络通信有限公司研究院院长
- 陈 辉 金砖国家未来网络研究院 (中国·深圳) 院长
- 魏进武 中国联合网络通信有限公司研究院副院长
- 张立仁 金砖国家未来网络研究院 (中国·深圳) 副院长

编写组主要成员：

郭耀隆、杨锦洲、夏璠、薛竞、罗力卓、杨峥、周依宁、韩莹莹、傅瑜瑜、余东海、林桢、李纪超、张雅文、欧琪琪

参与单位：

- 金砖国家未来网络研究院 (中国·深圳)
- 深圳市优必选科技股份有限公司
- 上海智元新创技术有限公司
- 智平方(深圳)科技有限公司
- 中国移动智慧家庭运营中心

一、具身智能发展新态势

具身智能作为人工智能与物理世界交互的革命性突破，以颠覆性创新重塑全球科技竞争格局，加速形成数实融合的新质生产力，催生人机协同的新型生产关系，重构数字经济底层逻辑，成为驱动数字经济向自主经济跃迁的核心引擎，为数字经济的可持续发展提供更强韧性。

(一) 具身智能开辟数字经济发展新空间

1、具身智能的内涵

具身智能是一种通过物理实体与环境交互实现感知、认知、决策和行动的智能系统，并能自主学习实现智能增长和适应性，能执行任务影响物理世界。具身智能具有本体、智能体、数据、学习和进化框架四大要素。一是“本体”，具身智能需要具备人形等任意形态的物理实体。物理实体影响思维和决策等心智过程，认知需要和身体共同存在。二是“智能体”，智能体能主动进行感知、理解、决策、控制等任务，并通过自主学习实现知识和技能的提升。三是“数据”，数据的来源既有摄像头、麦克风、触觉传感器等本体传感器，也有外部环境的数据源。四是“学习和进化架构”，智能体和物理世界交互，通过多模态大模型、强化学习、模仿学习等方法，产生对于物理世界的感知、理解和改造能力。



图1 具身智能进化框架四大要素 (来源:中国联通研究院)

具身智能是人工智能和机器人技术的深度融合。人工智能让机器人拥有了“大脑”，机器人为人工智能提供了“身体”，两者发展相互促进、共同演进。人工智能从理性主义逐步发展至深度学习，大模型的出现与进化展现了强大的理解、推理和创造能力，但也面临着发展瓶颈，参数量和数据量的扩充难以质变提升模型的性能，人工智能必须与真实物理世界联结以实现突破，具身智能是人工智能向通用人工智能 (AGI) 迈进的重要路径。**具身智能不等于智能体，两者有交叉但强调重点不同。**智能体强调自主性和目标导向性，可以自主感知环境并采取行动以实现特定目标。智能体包括存在于虚拟世界中的软件智能体和虚拟智能体，例如聊天机器人 ChatGPT、通用型AI智能体Manus AI、虚拟数字人等，也包括存在于物理世界中的智能实体，例如智能机器人。具身智能以物理世界的各种物理实体的形式存在，根据不同的使用用途和场景具备多种身体形态，例如人形机器人、四足机器人等，其中人形机器人是具身智能的一种典型代表形态，也被广泛认为是最理想的应用形态，更关注智能体的物理形态与环境进行交互，感知、改变、学习和适应环境。

2、具身智能的发展历程

学界主流观点认为具身智能至今已经历5个主要的发展阶段，从一个萌芽概念出发，历经全球产业各方的技术积累与验证，逐步走向产业化应用实践。

1950年—1980年，为具身智能概念萌芽阶段，图灵在其论文中提出了人工智能可能的发展方向，为具身智能的概念奠定了基础。现代机器人的雏形是1954年美国麻省理工学院创造的可预编程机械臂。美国通用汽车1960年首次将Unimate工业机器人投入生产线进行焊接工作。斯坦福大学、早稻田大学分别研发了首台移动机器人和可对话的人形机器人。

1980年—2000年，进入早期探索与理论发展阶段，罗德尼·布鲁克斯和罗尔夫·普费弗等人的研究为具身智能提供了重要理论支撑。得益于计算机硬件和传感器设备取得突破，日本Epson公司推出家庭机器人AIBO，麻省理工学院推出了具有类似人类听觉、视觉和本体感知功能的机器人Kelmet。1991年出现了六条腿机器人Genghis，实现了自主行走。1999年，索尼公司推出犬型机器人AIBO。

2000年—2010年，进入跨学科融合与技术积累阶段，具身智能研究开始融合跨学科的方法和技术，如机构学、机器学习、机器人学等，形成了相对完整的学科分支。2002年，丹麦公司推出第一款家用扫地机器人Roomba。

2011年—2020年，进入技术突破阶段。深度学习技术的快速发展为其注入了新的发展动力。出现大量仿生、类人、四足机器人，帮助机器人适应自然环境。波士顿动力推出“大狗”四足机器人、蜻蜓机器人、软体章鱼机器人等。

2022年至今，为产业应用普及阶段。以ChatGPT为代表的大语言模型为具身智能实现智能感知、自主决策乃至拟人化交互方面带来巨大潜力，正逐步走向产业应用，推动专用机器人向通用机器人发展。各类形态的本体如协作机械臂、移动操作机器人、仿生灵巧手、无人驾驶出租车等实现智能升级趋势。资本推动下，涌现了优必选、Figure、Optimus等一批具身智能创新企业。**未来10年**，具身智能将逐步从面向科研、商业场景，转变为深入千家万户，实现“一脑多能”“一脑多机”，向更多开放场景进行延伸。

的拓展和深化,推动千行百业向更高质量的发展水平迈进。特别是在工业制造、民生服务、农业种植、极端作业等行业主场景,具身智能的发展有望引领产业进入少人化新阶段,实现人工智能向物理世界深度渗透。

具身智能是人工智能产业生态和人才发展的“训练场”。具身智能更好发展需要打通上游芯片、算法、机械制造,以及下游场景应用全产业链,带动低时延无损网络、智能算力集群等新型基础设施建设,为人工智能产业跃迁提供底层支撑。同时,具身智能推动人才培养覆盖机器人操控、算法、模型的能力矩阵,加速复合型AI人才的指数级成长。

(二) 全球具身智能市场前景广阔

1、各国具身智能战略布局各有侧重

全球主要经济体均高度重视具身智能发展,不断出台政策支持具身智能发展,提升全社会对机器人领域的关注和支持。美国紧抓人工智能基础研究,保持具身智能领域的前沿领先地位。先后出台《国家机器人计划3.0》和《国防部人工智能战略》,将AI技术竞争上升至国家战略层面。**欧盟方面,**积极推进具身智能发展,强调具身智能的安全与透明度,先后推出《欧盟机器人研发计划》、《欧洲人工智能战略》和《人工智能驱动机器人战略》等。欧盟还以《人工智能法案》为基础,构建了具身智能发展的伦理框架与产业规范。**亚洲地区,日本**正在将机器人纳入社会并使机器人成为其社会基础的关键部分。2022年日本政府将机器人赋能制造、服务、医疗等应用场景的资金支持提升至1057亿日元。人口老龄化背景下的机器人替代人类是支持重点,推出了《社会基础设施用机器人重点领域》和《服务机器人安全操作国际标准》等政策制度。**韩国**在机器人产品或服务的技术层面具备一定的实力,但在机器人核心部件或软件技术方面却相对滞后。因此,2008年出台《智能型机器人开发与普及促进法》,2023年发布机器

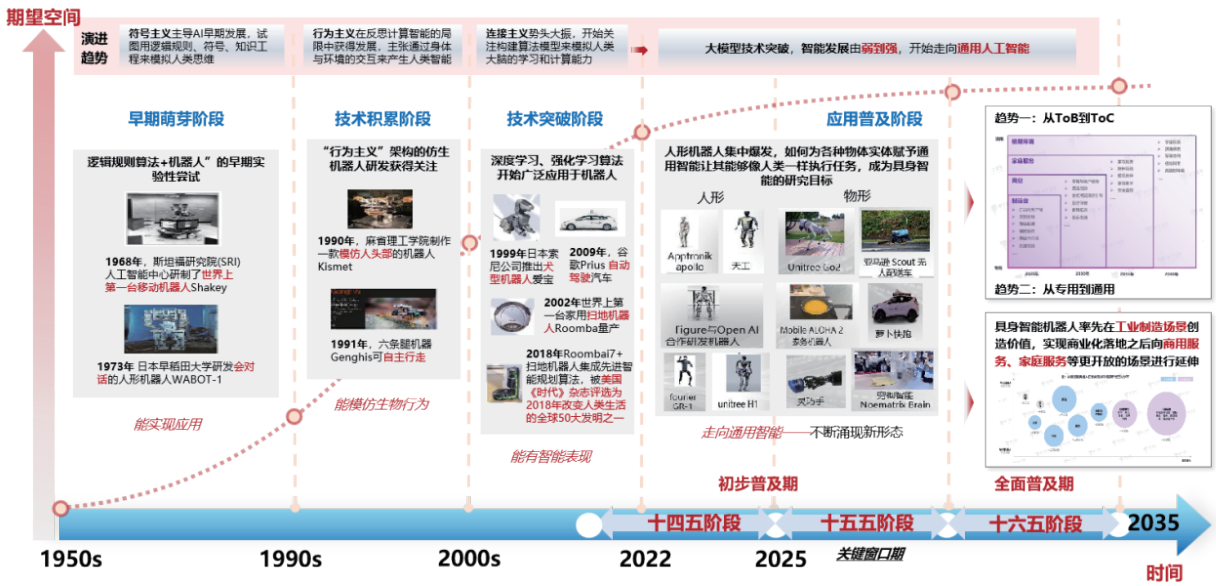


图2 具身智能的发展历程及展望 (来源:中国联通研究院)

3、具身智能推动产业数字化迭代升级

具身智能作为人工智能与机器人技术的革命性融合,通过多学科交叉创新重构生产力范式,成为培育新质生产力的核心引擎。具身智能是前沿学科交叉融合的“总枢纽”。具身智能的兴起是人工智能和机器人技术各自发展到一定阶段的必然结果,是两者深度融合的体现。人工智能发挥放大叠加倍增效应需要与物理世界的交互能力,而机器人的未来发展方向也是类人化和智能化水平的提升。具身智能给AI赋予“身体”,能够与物理世界产生交互,并在交互中主动探索世界、认识世界、改变世界,标识着我们即将进入一个“知行合一”的新时代。智能将不再局限于冰冷的算法和数据,而是与现实世界紧密交织、共生共进。其发展和应用将对社会的各个层面产生复杂而深远的影响。

具身智能是人工智能 赋能千行百业的“新靶点”。具身智能作为人工智能与物理世界交互的核心载体,正通过多模态感知融合与自适应决策控制技术重构产业生产力。通过具身智能,人工智能的应用场景实现广泛

人产业发展战略和《先进机器人监管创新方案》。

2、全球具身智能市场发展迅速

全球具身智能市场正处于高速增长的早期阶段，并展现出巨大的发展潜力。从整体规模上看，根据Market.US等机构预测，2025年全球具身智能的市场规模预计在30亿至33亿美元之间，并将以15%至18%的年均复合增长率(CAGR)持续增长。保守估计，2034年市场规模有望增长至约107.5亿美元。全球人形机器人市场在2025年已进入商业化应用的元年，将成为未来具身智能市场的核心驱动力，2025年人形机器人市场规模约为20亿美元，年均复合增长率高达40%至50%，未来将逐步占据市场主导地位。

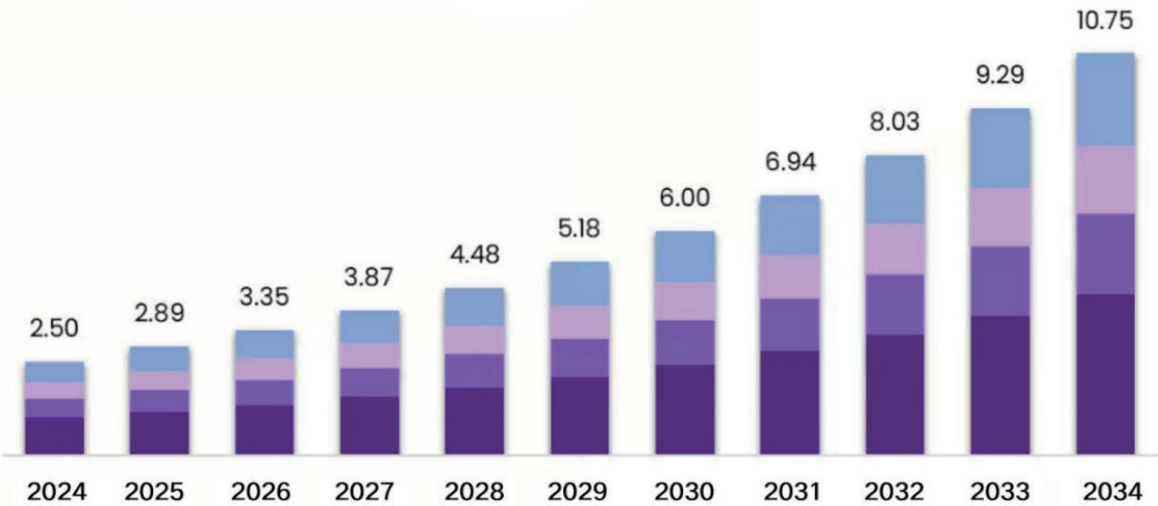


图3 全球具身智能市场规模及展望 (来源:Market.US)

投融资方面，CB Insights公司数据显示，2020年—2025年，全球具身智能相关企业融资总额超过300亿美元，其中2024年融资金额同比增长68%。近期标志性投融资事件包括，软银集团有意向在美国投资规模高达万亿美元的工业智能化项目。

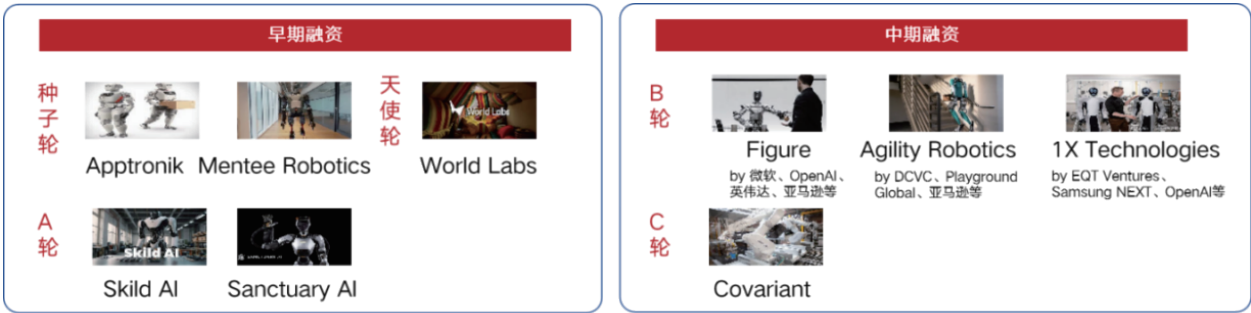


图4 国外企业融资情况概览 (来源:中国联通研究院)

3、各国科技巨头加速推进具身智能落地实践

总体来看，全球各大具身智能产品已经处于产品发布和应用验证阶段，但到商业落地和大规模量产仍有一段距离。

美国科技巨头已宣布推出多款具身智能机器人。**特斯拉**发布“擎天柱”(Optimus)二代的人形机器人。2024年6月，Optimus二代已经被应用在特斯拉工厂，进行电池的分拣训练。**波士顿动力**(Boston Dynamics)发布了人形机器人Atlas，同样在汽车工厂得到应用，实现汽车支柱搬运等工作。在非人形机器人方面，其在2020年发布了Spot四足机器人，Spot是全球第一款成功实现广泛商业化的四足机器人，标志着机器狗从实验室原型真正走向了能够创造价值的工业级工具，主要应用场景为工业巡检、建筑业、公共安全应急场景等。**敏捷机器人公司**(Agility Robotics)发布了人形机器人Digit。Digit可以实现搬运货物、码垛、卸载等仓库日常工作，在GXO、亚马逊公司已经得到应用。**独角兽企业**Figure AI通过OpenAI大模型赋能人形机器人，推出Figure 02机器人，能完成叠衣服、餐桌清理、购物袋包装等相对复杂任务，并在宝马汽车工厂中测试开展零件装配等工作。

日本、新加坡、西班牙等国家也陆续推出了具身智能相关产品，具身智能技术突破临界点即将到来，未来必将驱动产业全面升级，深刻重塑社会形态。各国全力以赴，投身这场重塑全球竞争格局的激烈角逐，在新的

全球科技版图中占据有利位置。

(三) 中国在具身智能领域加速突破

1、中国政策引领具身智能创新行动

国家层面，具身智能上升至国家战略，相关政策持续加码，为具身智能发展提供有力支持。2023年1月，中国工信部等17部门发布《“机器人+”应用行动实施方案》，首次对机器人发展提出目标，提出突破100种以上机器人创新应用技术及解决方案，推广200个以上机器人典型应用场景。随后，发布《人形机器人创新发展指导意见》，围绕人形机器人这一重点前沿领域，明确加强基础标准前瞻研制、提升人形机器人创新能力、建设人形机器人创新体系等发展方向。

地方层面，中国已有超过20个城市布局发展具身智能，多地开始打造人形机器人产业创新中心。部分一线城市依托技术研发、产业基础和创新生态等方面的禀赋率先发力。北京发布《北京具身智能科技创新与产业培育行动计划(2025—2027年)》，成立北京人形机器人创新中心，打造通用人形机器人硬件母平台。上海张江已建成首个异构人形机器人训练场，预计2025年累积1000万条高质量具身数据集。广州成立智能装备和具身智能机器人产业联盟，聚焦AI芯片、运动控制等核心技术，推动工业制造、家政服务等场景落地应用。

2、资本助推中国具身智能产业发展

中国具身智能产业正经历跨越式发展，**从整体规模来看**，中国具身智能市场规模持续增长，五年间实现近三倍跃升——从2018年的2923亿元攀升至2023年的7487亿元，复合年均增长率达到20.7%，预计将于2026年突破万亿规模。据中商产业研究院预测，当前具身智能主要包括机器人和自动驾驶载具(如自动驾驶汽车等)两类，2024年市场规模分别占比

55.6%和44.4%。

人形机器人作为具身智能最重要的载体，将成为具身智能市场增长的强劲驱动。据中金预测，2030年中国人形机器人出货量有望达到35万台，2024至2030年的复合增长率有望达到317%；市场规模2030年预计达581亿元，复合增长率为259%。

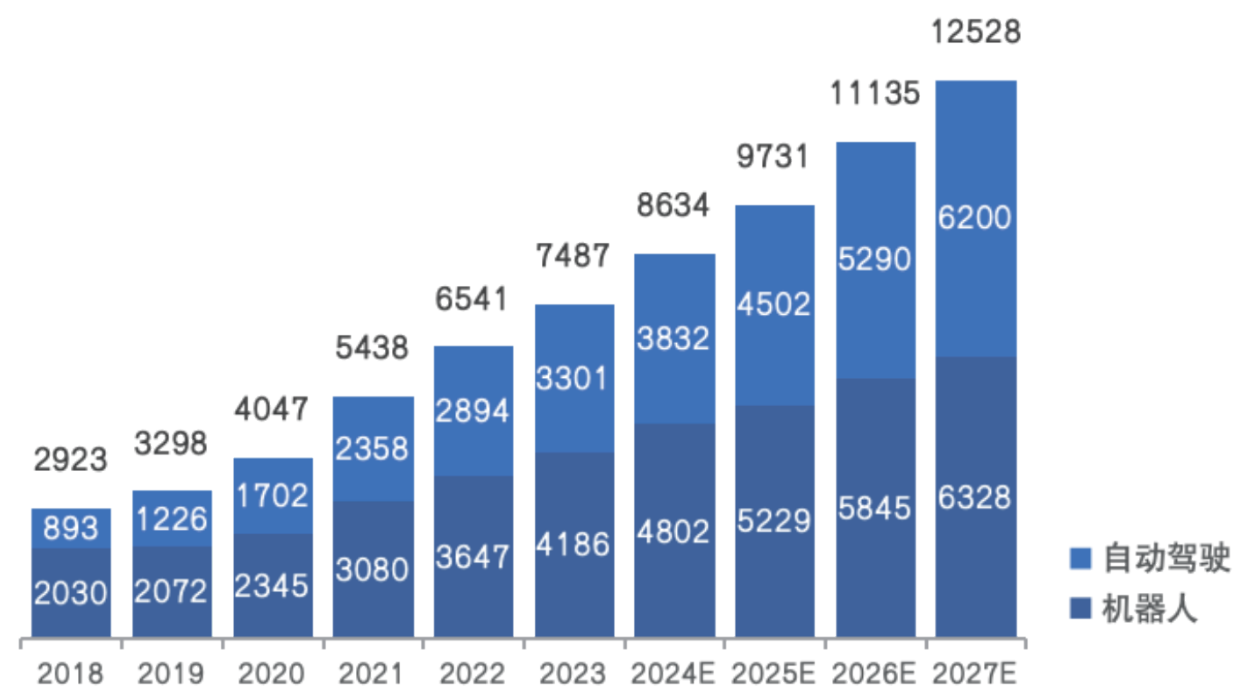


图5 中国具身智能行业市场规模预测 (单位:亿元) (来源:36氪研究院)

3、多方参与中国具身智能行业实践

中国具身智能行业参与者众多，主要可分为三类，一是专注于机器人研发的机器人公司，二是通过自研和合作等方式切入的互联网科技公司，三是深耕自动驾驶的汽车企业。

机器人公司通过推动人工智能技术与机器人技术融合，提升机器人的智能化水平。例如深圳市优必选科技股份有限公司是人形机器人行业领军者，推出Alpha和Walker系列机器人，核心客户商业场景为教育、物

流、消费及其他产业定制，是全球合作车厂最多的人形机器人企业。其他公司选择从机器狗切入具身智能赛道器狗切入具身智能赛道，紧抓创新突破和成本优化，可用于工业、家庭服务等多重场景。

互联网科技企业依托资金和人工智能技术积累等优势，直接或以资本布局方式参与具身智能赛道。例如北京小米科技有限责任公司研发CyberOne等人形机器人，致力于推动消费级机器人市场的发展。腾讯设立了Robotics X机器人实验室，研究多模态大模型与机器人的融合。**汽车企业**一方面推动自动驾驶技术成熟以实现商业化落地，如萝卜快跑等自动驾驶公司已在多地开始商业化运营；另一方面对机器人企业进行资本扶持，例如上汽集团通过旗下尚颀资本参与逐际动力的A轮战略融资，北汽集团通过北汽产投参与银河通用机器人的天使轮融资。

二、具身智能产业体系架构

具身智能产业链以物理实体与AI融合为核心，呈现“上游-中游-下游”三级联动结构。上游聚焦核心硬件与基础材料，构成具身智能的物理载体。中游是技术融合中枢，将硬件与算法转化为智能体的“大脑”与“小脑”。下游以多元化产品推动场景渗透，形成生产力与生活方式的革新。具身智能产业链以“硬件-软件-场景”协同进化，驱动从工业自动化到生活智能化的全域变革，未来将依托大模型、多模态融合与政策支持，加速规模化落地。



图6 中国具身智能产业链图谱 (来源：中国联通研究院)

(一) 上游基础设施与原材料:智能基座的物理重构

具身智能产业上游技术底座通过物理实体重构智能系统架构。芯片、传感器、控制器、电机、通信模组、能源管理等核心组件，构成智能体物理交互体系。算力芯片以异构架构加速神经网络；多模态传感器融合多元信息构建环境数字孪生；伺服电机凭借闭环反馈实现微米级

精密控制；工业级通信模组保障设备毫秒级同步。上游硬件的材料、工艺和可靠性验证，直接决定中游系统功能上限与下游解决方案落地效能。

1、AI芯片：具身智能的“心脏”

芯片作为具身智能的“心脏”，为复杂算法运行提供核心算力支撑。当前AI芯片技术突破显著，架构层面，存算一体打破“内存墙”，神经拟态芯片实现低功耗动态处理，异构计算整合CPU+GPU+ASIC优势；制程与封装上，台积电3nm量产提升性能，Chiplet技术降低成本；算法-硬件协同优化，Transformer架构催生专用加速器，如Groq的LPU。

市场竞争白热化，Omdia预测2028年机器人AI芯片组市场规模达8.66亿美元。特斯拉自研FSD芯片并整合Dojo超算；高通、英特尔通过收购切入赛道。中国政策支持和市场需求的双重驱动正促进AI芯片厂商加速布局。中国等金砖国家拥有全球半导体产业最急需紧缺的矿产资源储备和高效产能的绝对优势。当前的第三代半导体材料主要以碳化硅(SiC)与氮化镓(GaN)为代表。中国对锗、镓、镓及石墨具备完全垄断地位。2023年中国生产了全球60%的锗、48%的镓、98%的镓、77%的天然石墨。俄罗斯稀土储量约1500万-1800万吨，占全球12%~15%。

技术挑战方面，AI芯片面临多重瓶颈。能效比难以满足7×24小时运行需求。实时性要求(如自动驾驶<100ms响应)考验并行计算能力。传统ASIC架构难以适应动态环境在线学习。车规级认证严苛，安全加密成本高；软硬件生态兼容性差，开发工具碎片化。

具身智能芯片的竞争本质是“场景定义硬件”能力。短期自动驾驶和机器人是竞争焦点；长期需突破架构创新与生态整合。企业需在车

规级芯片、RISC-V生态、Chiplet标准等领域构建差异化优势。

2、传感器：感知交互基础

具身智能传感器作为实现人机交互的关键设备，通过融合视觉、触觉、力觉、听觉等多模态传感器数据，赋予机器人人类的感知与决策能力。视觉传感器，以2D/3D摄像头、激光雷达、毫米波雷达为主，3D视觉传感器因需高精度空间感知成为重点发展方向。触觉与力觉传感器，柔性触觉传感器在抓取控制中取得突破，例如特斯拉OptimusGen2通过柔性触觉系统实现鸡蛋抓取。多模态融合兴起，视觉、触觉、力觉数据融合技术成为主流，如RoboFusion系统结合强化学习提升工业装配精度。

市场方面，2024年全球具身智能机器人视觉传感器市场规模1.98亿美元，预计2031年将达到11亿美元，年复合增长率为28.7%。国际巨头如Honeywell、ADI、TDK、Bosch等，在六维力矩传感器、惯性传感器等高性能传感器以及工业自动化传感器有着深厚的技术积累。一批以技术深耕与场景化应用为核心竞争力的企业也逐步崭露头角，在高性能惯性传感器领域取得进步。金砖国家在传感器依赖的矿产资源储量和生产上占据显著优势。硅(Si)作为传感器基材，中国是全球第二大硅片供应国。高硼硅玻璃与氧化铝陶瓷用于温度、压力传感器基板，中国产量全球领先。铂族金属用于高温传感器封装，俄罗斯诺里尔斯克矿区占全球40%产量。铌钛合金用于超导传感器部件，巴西阿拉沙矿占全球85%储量。铂族金属提升传感器耐腐蚀性，南非布什维尔杂岩带供应全球72%铂金。

传感器行业面临的挑战一是材料与工艺瓶颈。柔性传感器依赖纳米材料与微加工技术，成本高且良率低，如碳纤维价格是玻璃纤维的

10-15倍。六维力传感器制造需精密应变片贴装工艺，设备精度仍不足，导致产品一致性差。**二是标准化滞后。**行业标准尚未统一，如触觉传感器灵敏度指标缺乏国际规范，制约规模化应用。

具身智能传感器的竞争本质是“多模态感知+实时决策”能力的整合。短期看，人形机器人与医疗场景是主战场；长期需突破材料创新与算法-硬件协同。以中国为代表的金砖国家企业可在柔性触觉、六维力控等细分领域建立优势。未来，传感器将不仅是数据采集工具，更是智能体“类人化”的核心载体。

3、电机：执行控制核心

在具身智能领域，电机作为核心执行机构，将智能系统的指令转化为物理动作，实现机器与环境的交互。当前技术进展主要体现在**三大维度，高精度与智能化控制**，伺服电机通过优化驱动器和编码器性能，达到纳米级定位精度和微秒级响应。**无框电机与直驱技术突破**，无框直驱技术，减少传动结构，提升能量转换效率，部分产品效率超90%，并降低机械损耗。**轻量化与高功率密度**，碳纤维材料、拓扑优化设计使电机体积缩小20%~30%，功率密度提升至1.5kW/kg以上，满足人形机器人对紧凑型动力的需求。

市场格局呈现多元竞争态势。国际巨头深耕高端市场，日本安川、发那科等企业占据全球伺服电机60%以上份额，**中国厂商汇川技术、埃斯顿等企业在中低端市场市占率超30%**，并在无框电机、一体化关节等细分领域取得突破。**跨界竞争加剧**，特斯拉、小米等科技企业通过自研电机+AI算法整合模式，冲击传统供应链格局，如Optimus机器人关节成本下降40%。**中国等金砖国家具备原材料优势**，钕铁硼(NdFe-B)作为伺服电机核心材料，单台人形机器人需约3.5千克，用量是电动

汽车的1.75倍，中国生产了全球94%的磁体。

行业面临双重挑战，一是复杂场景适应性不足，动态负载变化对电机瞬时扭矩响应提出挑战，现有技术难以完全满足。**二是成本与性能矛盾**，高端伺服系统依赖进口部件，导致成本占整机30%~40%，制约大规模商业化应用。

具身智能电机的竞争本质是“功率密度+控制精度+成本控制”的三维博弈。短期看，工业与医疗场景是主要应用市场；长期需突破材料创新与算法-硬件协同。中国等金砖国家企业可凭借政策支持与供应链整合能力，有望在空心杯电机、轮毂驱动等细分领域建立差异化优势。未来，电机将不仅是动力单元，更是智能体“类人化”动作执行的核心载体。

(二) 中游软件开发与系统设计：智能涌现的技术熔炉

中游环节作为产业链的技术核心，是驱动智能技术涌现的“技术熔炉”。该环节通过整合硬件组件与智能功能，构建起由四大技术支柱构成的完整技术生态：AI算法(智能决策中枢)、操作系统(资源调度中枢)、云计算(算力供给中枢)和中间件(系统集成中枢)。

1、具身智能大模型：具身智能的“大脑”

具身智能产业正经历AI大模型驱动的技术革命，核心在于多模态融合、自主决策和人机交互的技术突破，推动机器人从“工具”向“智能体”转变。机器人基座大模型将积极争夺机器人“大脑”的主导权，这或将推动下一个“Chatgpt时刻”的涌现。其算法方案主要有分层决策和端到端两种模型。当下，分层大模型凭借“大脑-小脑-肢体”三级成熟架构与硬件适配优势，在工业制造、服务机器人领域占主导地位；而端到端模型则能从人类指令直接生成机械臂动作，正在消费和服务场景构

建新范式，是未来发展方向。

在发展格局上，美国主导通用算法与端到端架构创新，如谷歌RT系列；中国则聚焦场景适配与轻量化本地方案，呈现“美国重云端大模型、中国重边缘低成本”的差异，但底层架构仍依赖国际基础模型。

当前，具身智能专用大模型的发展面临多重挑战。技术层面，多模态感知与运动控制协同不足，如动态环境下的实时决策效率不足，仿真环境与真实物理世界的迁移差距导致策略失效率高达30%；**算法层面**，大模型的通用性与具身任务的专用性存在矛盾，跨域泛化能力弱，难以适应环境参数突变。

机器人架构选择分层模型还是端到端模型，本质上是在“可解释性-泛化性”和“实时性-可靠性”之间的权衡。机器人架构不会走向非此即彼的替代，而是经历“分层筑基→端到端破圈→混合升维”的螺旋式演进。短期看，分层架构将会主导工业场景，占比超70%，但端到端模型在家庭服务、物流分拣等高频场景渗透率提升至25%。中期（2028-2030）端到端模型未来通过神经形态芯片、量子传感等技术突破硬件瓶颈，工业领域应用比例突破40%。长期世界模型与强化学习结合，推动端到端架构在复杂任务中替代分层模型。金砖国家企业可凭借政策支持与垂直场景创新构建差异化优势。

2、数据采集训练：具身智能加速器

构建大规模、高质量、多场景数据集已成为具身智能发展的关键。美国和中国等地积极布局人形机器人开源数据集，推进人形机器人产业发展。**中国通过政策支持加速产学研融合**，上海张江异构训练场是全国首个大规模异构人形机器人训练基地，部署100余台异构机器，单机日采集超500条轨迹数据，计划2025年建成5000万条具身智能语料

库。美国则凭借技术优势聚焦算法与通用性，特斯拉Optimus训练场复用电动车产线场景，采集电池分装、搬运等工业数据。谷歌RT-X训练场整合22种机器人数据构建数据集，支持零样本迁移至新任务，跨平台标准化数据集生产，推动通用机器人基础模型。

数据采集与仿真技术面临双重瓶颈。一是数据成本高，真实环境数据采集成本是仿真的100倍，且异构机器人由于跨品牌适配和动作精度存在数据标准化难度大问题。二是**仿真和现实差距**，虚拟环境的摩擦力、材料形变等物理特性难以完全匹配现实，导致策略迁移失败率超30%。

当前具身智能训练场已从单一数据采集转向异构协同、虚实融合、生态共建的2.0阶段。未来需攻克数据与仿真技术瓶颈，强化硬件-算法-场景的深度协同，并通过政策引导加速商业化进程。

3、操作系统：系统整合中枢

具身智能操作系统作为连接物理实体与数字智能的核心，正从工具化向智能化的深刻变革。当前ROS系统是主流方案。作为类操作系统，基于底层实时系统或Linux运行，凭借完全开源特性，吸引全球开发者，成为行业首选。中国推出的有形具身智能操作系统（EOS）近期开源，与ROS不同，EOS从内核到算法库进行全栈设计，支持实时内核，实现技术突破。

操作系统已成为机器人发展的战略高地。日本在国家战略层面提出发展机器人操作系统，形成OpenRobot的平台。美国诞生微软ROBOTIES、PlayerStage等平台，其中斯坦福大学研发的ROS系统影响力最大，依托Linux构建强大开源生态。这些海外投入不断巩固其在操作系统领域的优势。

具身智能操作系统的竞争聚焦于“实时性、生态、成本”三个维度。短期看，工业与医疗场景是系统突围的关键；长期需突破硬件-算法协同瓶颈，构建开源生态。中国企业凭借政策支持与垂直场景创新，正在形成差异化路径。未来，操作系统将不仅是控制平台，更是智能体“类人化”认知与行动的核心基础设施。

4、云服务：算力资源平台

中国云服务行业在具身智能技术迭代与场景落地中扮演关键角色。**实现算力资源弹性供给**，依托头部云厂商的GPU集群，提供分布式训练与推理加速能力。**仿真与数据达成闭环**，云端高保真仿真平台可生成超百万条轨迹数据，缩短算法迭代周期至分钟级。**算法-硬件协同优化**，云服务商通过开放接口与硬件厂商深度联动，腾讯云与智元机器人合作优化端侧大模型部署，降低硬件能耗30%；阿里云与优必选联合开发边缘端轻量化模型，提升机器人续航能力至4小时以上。

云厂商通过技术联盟加速行业整合。腾讯云联合越疆科技、智元机器人构建“大脑-小脑-肢体”分层架构，覆盖工业控制、家庭服务等场景。阿里云牵头成立“具身智能协同发展计划共同体”，推动京津冀地区智能制造产业链协同运营商云崛起。**运营商云崛起**。天翼云依托5G专网构建“机器人即服务”（RaaS）平台，2024年上半年政务云基础设施市场份额居首，为具身智能提供低时延网络保障。

具身智能云服务已形成“技术-生态-场景”三位一体的发展格局。随着2025年人形机器人元年到来，云服务将成为连接AI大模型与物理世界的核心枢纽，加速具身智能在智能制造、医疗康养等领域的深度渗透。

（三）下游主要产品与应用场景：智能落地的场景革命

具身智能下游产业围绕人形机器人与非人形机器人两大方向高速发展。人形机器人是未来发展的主要潮流，其在工业制造、服务业及家政领域展现广阔应用前景，非人形具身智能产品则率先商业化，配送机器人已形成民生服务、工业物流及特殊场景三大应用方向。

1、人形机器人：具身智能最佳形态

人形机器人将会是具身智能发展的最佳形态，核心在于其极致的环境适配性与功能通用性。首先，在环境适配方面，现实物理空间均以人体结构设计，它能无缝融入工厂、家庭等物理环境并使用人类的工具，无需昂贵的环境改造，这构成了其大规模应用的前提。其次，在功能通用方面，双足移动加拟人化肢体结合大模型赋予的认知能力，实现从“单一功能”到“自主决策”的跃迁，推动规模化降本。最后，在数据复用方面，可直接利用人类行为数据训练，加速具身学习闭环，成为最接近通用人工智能（AGI）的实体载体。

人形机器人在多领域展现广阔应用前景，在工业制造、服务业和家政服务仍处于探索阶段。工业制造中，其泛用性强，可参与汽车底盘装配、外观检测等，还能在高危环境替代人类作业。服务业里，未来人形机器人胜任客户服务、餐饮制作等任务，甚至能烹饪、演奏乐器。在家政服务方面，面对未来激增的养老需求，可承担家务劳动，能做菜、打扫、收纳，还可为老人提供情感陪伴，发展潜力巨大。

全球企业加速布局人形机器人领域，推动产品持续升级迭代，并在多领域取得突破，但受制于技术、成本与商业化难题，行业仍未实现大规模应用。技术层面，人形机器人研发面临多重挑战。其需复刻人体力学结构，在保证骨架关节小型轻量化的同时维持强度，如要实现灵活抓取动作，需精密设计手部20余个关节。同时，开发兼具动力与精度

的驱动装置,确保续航,以及在复杂环境下实现精准感知的传感器集成,都是亟待攻克的技术难关。成本上,高精度部件推高造价。关节作为核心组件,约占总成本60%~70%,单只手的20多个关节即对应同等数量电机,使得单台机器人造价高昂。商业化进程中,高昂售价超出普通消费者承受范围,阻碍市场拓展。此外,安全性与伦理问题也降低公众接受度,例如机器人失控或隐私泄漏风险,成为行业规模化路上的重要阻碍。

2、非人形具身智能产品:百花齐放

非人形具身智能形态多样,在现阶段实际应用中以四足机器人和无人驾驶等为主。四足式机器人近年来发展迅速,相比于全人形机器人,技术难度和成本相对较低,在稳定性和机动性之间取得了良好平衡。凭借机动性和日益增强的自主性,四足机器人正在从实验室走向广阔的现实世界应用场景。在工业巡检场景实际应用中,四足机器人已经可以代替人类执行例行巡检任务。它们可以搭载热成像相机、气体传感器、声学传感器等,自主导航到指定设备点,读取仪表、检测设备过热、有毒有害气体泄漏或异常声音,并将数据实时传回控制中心,极大地提高了巡检效率和人员安全性。未来在建筑与采矿等场景中,在建筑工地,四足机器人可以用于施工进度监控和安全检查。在矿业中,它们可以进入地下矿道进行勘探、测绘和环境监测,降低了人类工人在危险环境中作业的风险。

Robotaxi作为自动驾驶技术驱动的创新出行方式,已进入全车无人商业化运营试点阶段,应用场景持续拓展。北京、上海、武汉等超10个城市已开放商业化试点。其中,武汉以3000平方公里的开放区域面积领先,北京、上海也分别覆盖600平方公里和912平方公里。

Robotaxi市场参与者涵盖车企、自动驾驶科技公司与出行平台。车企负责车辆制造,凭借设计生产能力,与自动驾驶公司合作打造适配车型,如广汽丰田、小鹏汽车等。萝卜快跑、小马智行等自动驾驶科技公司,持续输出智驾方案。滴滴、如祺出行等出行平台则依托用户与运营优势,实现服务落地。

三、中国具身智能的典型实践与探索

近年来，具身智能正以超预期的速度渗透至人类生产与生活的核心场景，这一进程的加速得益于两大关键驱动力：一是人工智能、物联网、机器人等底层技术的跨越式突破，二是硬件成本下降与算法效率提升带来的规模化应用可行性。从技术视角看，深度学习框架的演进显著强化了具身智能对多模态数据的实时处理能力，例如基于Transformer架构的模型使机器人能够同步解析视觉、语音与环境反馈信息，从而在动态场景中实现“感知-决策-行动”闭环的高效运行。与此同时，边缘计算与5G技术的成熟进一步降低了响应延迟，为无人车、无人机等移动智能体的自主导航与群体协作提供了技术底座。从成本视角看，高精度传感器、仿生关节驱动器的微型化与成本下降，使具身智能从“奢侈品”走向“平民化”，产品转化周期大幅缩短，具备规模场景应用的经济基础。

(一) 具身智能将率先实现工业场景落地

1、工业：重构人机协同范式，推动动态生产优化

在工业领域，具身智能通过深度融合感知、决策与执行能力，正逐步成为推动智能制造升级的核心力量。随着工业自动化和智能化的推进，企业对机器人在复杂环境下的适应能力和灵活性提出了更高要求。具身智能通过实时任务分解与多模态感知融合技术，使机器人能够自主构建环境拓扑地图、动态分解工序约束条件，并基于强化学习生成最优动作序列。例如在电子元件贴装场景中，配备六维力觉反馈的协作臂可在线识别物料形变，通过在线轨迹优化算法自动补偿装配误差。当前，具身智能在工业领域的应用已形成“单点突破-产线协

同-全厂智能”的递进模式，其发展将经历三个阶段：初期与人类共处同一生产环境，重点解决人机协同问题；中期实现更高效智能的人机协作，但仍附属于人类操作；远期能够独立完成任务，人类逐渐淡出生产一线，“无人工厂”成为现实。

(1) 典型场景及成效

工业制造场景是具身智能率先落地的主要领域，具身智能有望成为新型工业化的关键核心，为工业制造业的智能化升级提供支持。目前，具身智能已经在智能巡检、柔性制造、精密装配等方面取得了良好的应用效果。**在智能巡检场景中**，通过多机器人协同与分布式智能系统，具身智能机器人可优化任务分配和路径规划，如结合红外夜视功能进行设备间温湿度监测、人员入侵识别及跑冒滴漏预警，同时支持多端远程管理，多台机器人协同覆盖工厂车间等区域。**在柔性制造场景中**，具身智能工业机器人能够不断观察周围环境，并在执行任务过程中自动更新决策和优化行动，能够适应不同的生产线布局和工位需求，实现产线的快速调整和重组，尤其适合多品种、小批量、快节奏的生产模式。这种生产模式不仅具备高度适应性，还具有更高的生产效率和制造精度。**在制造装配场景中**，汽车、电子产品其内部结构复杂，包含大量零部件，具身智能机器人通过高精度的机械臂和灵巧手，可以进行精准的抓取、放置、组装等操作，完成上下料、搬运、电路板焊接、屏幕安装、电池固定等任务。

(2) 商业模式

针对对系统集成度与稳定性要求高的行业，如汽车制造、3C电子等高精度装配行业，未来可选取硬件+软件捆绑销售模式，以智能机器人、传感器等硬件为载体，集成自主决策算法、数字孪生平台等软件系

统，提供一站式解决方案。**针对中小企业或需求波动较大的行业**，未来可采取按需订阅模式，客户按使用时长、任务量或效果付费，无需承担硬件购置与维护成本，厂商通过云端持续优化算法并收取订阅费。**针对跨行业多场景复杂需求**，构建生态平台模式，构建开放技术平台，连接硬件厂商、算法开发者与终端客户，通过标准化接口抽成或增值服务盈利。

(3) 未来发展趋势

在技术方面，具身智能在工业领域的进化方向并不意味着一定追求大而全的通用模型，聚焦于细分领域的专用小模型同样重要，将呈现大模型与小模型协同演进的趋势，这种趋势符合工业场景的实际需求，在成本、效率和专业性上显示独特优势。

在应用方面，即使具身智能在工业制造领域已经有一些较为成熟的应用，但要大范围进入工业应用场景，还需要适配时间，工业制造场景的可靠性要求以及企业对成本的管控成为制约具身智能规模应用的主要问题。具身智能首先在工业巡检、上下料、拖拽料车、质检、搬运等结构化程度高节奏较慢的场景落地，未来在工厂等实际环境中进行应用的同时，具身智能持续采集和利用真实场景数据来优化自身的智能和性能，通过“数据飞轮”效应将逐步实现工业场景中对精度和柔性有一定要求的任务。

在终端形态方面，多形态阶段性落地，发展早期轮式人形机器人为主，后期为全人形机器人。人形机器人也并不是具身智能的唯一选择，未来具身智能可通过“一脑多机”模式赋能多样化设备，如工业机床。

2、应用探索情况

已落地的工业实践应用案例：

(1) 优必选工业人形机器人Walker S1

优必选已经迈入实训2.0阶段。2025年3月基于人形机器人神经网络(BrainNet)软件架构，及人形智能网联中枢Internet of Humanoids (IoH)，数十台Walker S1应用“群体智能”技术在极氪5G智慧工厂展开协同实训。在工厂内，Walker S1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。**在协同分拣环节**，优必选工业人形机器人Walker S1应用了跨场域纯视觉感知技术与智能混合决策技术。通过跨场域纯视觉感知技术，实现动态目标的跨场域连续感知与跟踪，机器人群体协作构建全局地图并实现“群建群享”。同时，基于多模态推理大模型的智能混合决策技术，结合语义VSLAM导航与灵巧操作需求，动态分配云端大脑与本地大脑的任务分工，实现端云结合的群体智能决策。**在协同搬运场景中**，人形机器人协同搬运大负载、大尺寸工件面临诸多难点，如负载分布不均、运动轨迹复杂及动态环境适应等。优必选通过多机协同控制技术，构建了联合规划控制系统，实现轨迹规划、负载辨识与柔顺控制的多机协同，确保机器人在搬运过程中能够动态调整姿态与力度，显著提升搬运大尺寸及大负载工件的稳定性。**在精密装配场景中**，Walker S1展现了其在柔软物体灵巧操作方面的卓越能力。面对小尺寸且易变形的柔软薄膜物体，Walker S1通过高精度感知与自适应控制技术，动态调整抓取力度与姿态，确保薄膜物体在装配过程中无损伤、无偏移。这一技术凸显了优必选人形机器人带触觉五指灵巧手在复杂工业场景中的灵活性与可靠性。



图7&8 优必选人形机器人基于“群体智能”技术在极氪5G智慧工厂开展协同实训
(来源:优必选)

(2) 中国联通人形巡检机器人

中国联通打造了泛在连接与多网络制式智能适配、机器人多协议适配、多模态感知数据融合分析、端云训推协同的机器人设备智能升级,以及机器人智能体构建和共性能力开放共享等核心能力体系,将5G边缘专网、行业大模型、通用小模型与具身智能紧密结合,推出人形巡检机器人,推动企业从人工密集型向智能驱动型转型。

目前双足人形机器人在IPQC巡检任务中主要负责异常处置,系统针对巡检过程中可能出现的异常事件进行告警等级划分,自动调用双足人形机器人执行异常事件纠错任务,如5S标准相关异常监控、作业安全的相关巡检、异常事件纠错干预动作执行。后期将通过人形机器人操作模型训练以及仿生双臂+灵巧手设计,提升双足移动能力,支持狭窄空间内的多工位快速响应,试点物料精准搬运、柔性上下料及精密组装调试场景。



图9人形巡检机器人工作场景 (来源:中国联通)

(3) 智平方通用智能机器人AlphaBot

2025年上半年,浙江晶能微电子有限公司与智平方(深圳)科技有限公司签署战略合作协议。双方将基于半导体高端制造场景的工艺需求,联合研发面向精密制造领域的通用具身智能机器人解决方案。通用具身智能机器人AlphaBot(爱宝)搭载智平方自研的全域全身VLA(GOVLA)大模型,具备34+自由度全身协同、360°全域行动以及复杂长程任务操作等优势。无需训练即可完成多种任务,而且能快速掌握新任务,稳定适应各种变化,现已进入半导体工厂。通过持续学习半导体生产场景的多维数据,AlphaBot将逐步实现晶圆装载、耗材智能更换、精密零件分拣等高精度工艺环节的自动化操作。随着经验积累,机器人系统能像人类一样持续提升。智平方的通用具身智能机器人解决方案以创新模式破解了半导体行业的自动化难题,其通用化、柔性化特性为“无人工厂”的规模化落地提供了全新思路。



图10 通用具身智能机器人AlphaBot(爱宝)在上下料工作场景应用
(来源:智平方)

工业场景其他产品及路线探索:

(4) 智元远征A2-W柔性制造机器人

智元远征A2-W柔性智造机器人专为柔性智造场景打造，具备抓取、放置、搬运、插接等多种能力，自研具身智能算法，并开放接口、提供工具方便二次开发。

远征A2-W拥有仿生双臂设计，仿生七自由度双臂，支持并行及异步作业，可空中接力与换手，轻松应对复杂工件和特定位姿操作。四轮四驱，支持零回转半径与蟹行，腰部可升降与俯仰，22自由度全方位覆盖人类作业空间。采用底盘、手臂、感知系统一体式设计，支持天级安装调试部署时间，基于UniGrasp、Uni6DPose、UniPlug等具身原子能力及275T算力，能实现毫秒级实时对象识别、位姿估计及操作决策，动态适配柔性作业环境，通过3D模型合成训练+强化学习，操作对象更换最快可缩短至小时级。机器人具备多模感知功能，将360°激光雷达、4颗AI视觉传感器、2颗六维力觉传感器等多传感器融合感知，实现毫秒级感知与智能避障，手臂碰撞检测系统、360°环境实时感知及感知控制多路冗余设计，有效确保人员与环境安全。远征A2-W可应用于上下料、端子插接、物流转运等场景，可提升产线自动化水平、实现柔性生产。



图11 智元远征A2-W柔性制造机器人产品参数 (来源:智元)

(二) 具身智能探索服务业潜力场景应用

1、医疗：贯通全周期健康数据，实现主动关怀服务生态

具身智能通过构建"感知-认知-行动"闭环系统，未来将重塑医疗AI的能力边界，其通过多模态感知、行动控制、决策计划和记忆能力的深度结合，赋予AI类似人类的感知与执行能力，使其具备适应复杂医疗环境的潜力。具身智能已经在临床干预、护理陪伴、研究开发等细分领域取得一定应用进展，如在研究开发领域，通过人工智能算法加速数据分析与实验自动化，为医学突破提供动力。即使具身智能在医疗领域已经做出一定成绩，但是整体发展仍处于起步阶段，面临多重挑战，如具身智能开发通常是在模拟平台上进行的，往往无法准确复制真实世界的环境；此外，具身智能系统依赖于大型数据集，但因为隐私法规和复杂的临床工作流程，使符合道德规范的现实世界数据集难以获取。未来，具身智能还需通过持续技术创新和跨学科协作，推动智慧医疗迈向新的高度。

(1) 潜力应用场景

在临床干预场景下，具身智能未来可应用于临床干预的整个周期，包括干预前、干预中和干预后阶段。**在干预前**，具身智能系统通过精确的诊断和评估，协助医疗团队制定个性化的治疗方案，如智能影像分析通过对医学影像的自动化解读，辅助医生早期发现潜在疾病，提高诊断的准确性和效率。**在干预中**，具身智能可提高手术的精确性和安全性，如具身智能在微创手术中，精确地定位和操作，有效降低误差率。**在干预后**，具身智能系统如智能康复机器人，通过个性化的康复训练，帮助患者恢复运动功能，特别是中风、脊髓损伤等患者，机器人可以根据患者的恢复情况动态调整训练内容和强度，确保康复训练的有

效性和安全性。

在护理陪伴场景下，具身智能未来可为患者提供全面的生活支持和情感陪伴。如社交辅助机器人通过互动提升自闭症儿童的社交能力；喂食机器人通过感知和自适应技术辅助患者完成进食、穿衣等任务，并为患者提供康复锻炼的实时反馈与鼓励；外骨骼设备为脊髓损伤患者提供步态训练；AI轮椅通过智能导航支持行动不便的用户独立完成移动。

(2) 商业模式

具身智能在医疗领域主要包括技术赋能及数据增值两种商业模式。**技术赋能模式下**，除直接购买具身智能硬件外，可采取订阅制及效果分成模式，根据具身智能完成的工作量或者达成的具体医疗效果收费。**数据增值模式下**，通过建立数据交易平台，通过直接出售医疗专业数据或提供相应的数据产品获取盈利，如胰岛素响应曲线等。

(3) 未来发展趋势

未来具身智能将在医疗领域实现细胞级诊疗，通过计算机视觉、新型磁控材料与对微小型磁性物体影像追踪设备等研发，以及可视化微纳操作技术与磁控微纳游动机器人生物体内靶向给药技术的发展，纳米机器人可以完成细胞内的靶向治疗工作，实现血栓清除、药物递送、癌症治疗等作业。此外，脑机接口技术将应用在医疗和康复领域，尤其是恢复患者行动能力方面。脑机接口可以帮助中风或脊髓损伤患者重建与外界的联系，提高他们的生活质量和独立性，其在精准治疗与监测、疾病早期诊断以及促进康复过程等方面也将展现出创新潜力。

2、物流运输：重构自主导航体系，实现高效货物运转

在物流运输领域，具身智能有望推动物流体系实现智能化。具身智

能使物流机器人具备更强的自主决策和学习能力，能够适应更复杂、多样化的任务。未来具身智能在物流领域的应用将包括拣选机器人、叉取机器人、搬运机器人、料箱机器人等。具身智能技术的赋能，在仓储、装卸、搬运、分拣、包装、配送等环节提升工作效率和管理水平。

(1) 潜力应用场景

在柔性分拣场景，传统的自动化技术或工业机器人技术在面对非结构化场景时具有一定的挑战，未来具身智能可通过激光雷达、摄像头和SLAM技术构建动态地图，对环境感知、路线规划和运动导航能力将明显增强，可以更好地适应可变环境，识别多点目标，自主调整路径并能够及时避障，能够赋能物流领域分拣、搬运等工作。**在无人运输场景**，未来可通过无人卡车、无人机、无人配送车等载体，实现从干线运输到末端配送的全链路无人化。通过24小时不间断作业提高物流配送效率，降低企业运营成本。在特种物流场景，具身智能未来可搭载耐寒、耐高温等材料与多模态定位，实现极寒、极高温环境的物资运输；通过防爆设计与辐射屏蔽技术，实现危险场景，如核电站内自主搬运放射性物质等工作。

(2) 商业模式

具身智能通过物理载体与智能算法的结合，将会重塑物流行业的核心竞争力。从仓储到配送，其应用场景不断扩展，商业模式也从单一设备销售转向数据驱动的综合服务。具身智能在物流运输领域的商业模式可总结为以下四类：

一是硬件销售与订阅服务结合。企业可通过销售无人叉车等智能设备获取收入，同时提供软件调度系统、维护服务等订阅制服务，形成持续盈利模式。

二是一体化解决方案集成。物流系统集成商提供“设备+软件+运营”的全流程解决方案，按项目收取服务费。

三是平台化资源共享。基于物联网技术整合社会运力与仓储资源，构建按需付费的共享平台，通过“技能库”框架，将任务分解为可复用模块，提升资源利用效率并降低数据需求。

四是数据驱动的增值服务。通过物流全链路数据采集与分析，提供供应链优化、需求预测等高附加值服务。例如，亚马逊Prime Air无人机配送系统基于实时数据分析优化路径规划，使单件配送成本降低40%。

未来商业模式将进一步向生态化协同发展，通过跨域联动和“制造-物流-零售”数据互通，构建端到端智能供应链体系，推动行业降本增效与绿色转型。

(3) 未来发展趋势

具身智能在物流运输领域的未来发展趋势将呈现以下核心方向：

一是技术深度融合与立体化网络构建。人工智能、5G、物联网与数字孪生技术将进一步整合，推动物流系统的实时感知与自主决策能力升级。同时，无人机、eVTOL（电动垂直起降飞行器）与自动驾驶车辆将形成“空天地”立体物流网络，突破地形限制并缩短配送时效。

二是绿色化与可持续发展。新能源设备和智能调度算法将加速普及，降低碳排放。政府政策明确支持智能网联新能源汽车和低空经济，推动物流行业碳中和目标实现。

三是柔性化与专业化服务。消费者需求驱动下，定制化物流服务将成为竞争焦点，而大模型与Agent技术的结合将重塑软件形态，支持个性化解决方案。此外，区块链技术增强货物溯源能力，提升供应链透明

度和安全性。

3、家庭服务：重塑环境感知范式，实现全场景智能家务

未来，在家庭服务应用这类非结构化场景中，具身智能技术依托其环境感知、任务理解和自主决策能力，将会推动服务机器人由功能单一向高度智能化、个性化方向演进。随着人工智能、感知技术和运动控制系统的持续突破，家庭服务机器人将实现更高水平的人机协同与环境适应能力，真正成为具备交互性、主动性与情境感知能力的智能生活助手，为全场景家庭服务提供更加高效、智能和人性化的解决方案。

(1) 潜力应用场景

在家务执行场景，未来具身智能可通过移动底座在大的空间范围内实现长距离操作，同时模拟人类双手进行备菜、翻炒、出锅，洗衣、逗猫、浇花等。**在儿童陪伴场景，**具身智能通过手势识别纠正儿童书写姿势，提升儿童学习效率；通过采用UWB+蓝牙AoA定位技术（精度±5cm），实现电子围栏越界报警。**在家庭安防场景，**具身智能扫描门窗，通过计算机视觉识别异常开合；监测烟雾及水浸，可快速切断燃气/水源，减少泄漏事故发生概率；机器狗夜间巡逻可通过热成像识别入侵者并启动声光威慑，阻止非法闯入。

(2) 商业模式

具身智能在家庭服务领域的商业模式主要包括以下几种：**一是硬件销售与订阅服务结合，**即通过销售智能机器人硬件并叠加数据订阅或功能升级服务实现持续盈利；**二是2B2C生态合作，**例如与家电厂商、智能家居平台合作，将具身智能机器人嵌入家庭物联网生态，提供场景化解决方案；**三是垂直领域软硬一体化，**针对特定家庭需求开发定制化机器人，通过硬件与数据服务的深度绑定提升用户粘性；**四是**

技术授权与API服务,向其他企业提供具身智能的核心算法或模块,降低行业准入门槛并扩大技术应用范围。此外,部分企业通过政府合作项目获取政策支持与市场资源。中国移动将智能技术与养老服务深度融合,推出行业领先的自主型养老陪伴机器人,通过情感化陪聊、保姆式提醒、生活辅助三大核心功能,为老年人提供全天候的类人陪伴与多元化服务支持,提升养老服务质量与效率。

(3) 未来发展趋势

未来,通用具身智能机器人能够拟人化感知、使用传统工具、在非确定环境下自主执行任务,实现全场景家庭助手,像汽车一样走进千家万户,成为每个家庭不可或缺的生活伙伴和帮手,如康复、家务类任务等。

一是技术突破驱动场景扩展,多模态大模型与持续学习技术的融合将提升机器人在复杂家庭环境中的适应能力,推动从清洁、搬运的单一任务向健康管理、教育陪伴的综合服务升级。**二是成本下降与规模化应用**,随着供应链成熟和量产技术突破,家庭机器人价格有望大幅降低,加速C端普及;**三是金砖国家政策与伦理规范完善**,各地政府加强安全标准制定,同时通过产业政策推动家庭场景的智能化转型;**四是生态协同与跨界融合**,家庭服务机器人将进一步融入智能家居、医疗健康等生态,形成“硬件+服务+数据”的全链条价值网络。最终,具身智能或将成为家庭生活的核心智能终端,重新定义人机协作的未来形态。

4、其他:从赋能到变革,构建人机协同的认知进化体系

除以上领域之外,科研、应急等领域的具身智能应用也将带来深刻变革。科研探索领域,具身智能能够自主执行科研实验,进行长时间连续工作,从而加速科研进程。在极端环境中,如深海和太空,具身智能

机器人可以代替人类进行探索,发现未知的科学奥秘。同时,它们还能承担高危或繁琐任务,确保人员安全并提高工作效率。此外具身智能机器人还能高效地收集和分析数据,为科研人员提供重要信息。

在应急领域,具身智能通过执行高风险或人类难以承受的任务,成为保障人员安全和优化作业流程的关键技术。在搜索与救援场景,具身智能机器人可以用于搜索失踪人员、运送医疗物资和执行救援任务减少人员伤亡。在爆炸物处理和排雷场景,具身智能机器人可以携带爆炸物探测器,探测和处理爆炸物,同时也可以雷区进行排雷作业,避免人员伤亡。

四、探索具身智能未来发展新路径

(一) 筑牢硬件根基, 推动金砖具身智能标准互通

在硬件层面, 耐用性、电池能源效率以及与软件的深度集成需求是具身智能现阶段发展的主要挑战。未来, 金砖国家在具身智能硬件方面的发展不仅需要考虑关键技术的突破和成本效益, 还需考虑具身智能的硬件通用性和标准一致化等多方面因素。在发展过程中, 具体操作层面主要包括如下:

一是推动金砖国家构建统一的具身智能硬件使用标准, 数据集通用共享, 增强硬件运营与维修的通用性和可靠性, 搭建金砖国家具身智能协作网络。在具身智能的发展进程中, 面临着技术差异与标准碎片化的问题。在硬件构型方面, 针对细分领域机器人(如负载型机器人、速度型机器人、敏捷型机器人)建立相对统一的硬件标准;在关节模组方面, 由于摩擦阻尼、反驱动力不一致, 致使性能参差不齐;在传感器领域, 性能参数设定以及数据接口设计缺乏统一规范, 多模态传感器选型呈现碎片化现象;在末端执行器方面, 存在二指夹手、三指夹爪等差异。为消除这些差异, 建议金砖国家建立统一的标准体系。具体而言, 通过制定标准化的接口协议规范和模块化架构, 降低硬件维护难度, 延长设备使用寿命;构建模块化硬件参数基准, 提升硬件之间的互操作性;统一操作系统的通信协议和人机交互规范, 借助标准化框架降低跨平台协作成本, 推动行业厂商数据集的通用共享, 推动金砖国家形成覆盖技术研发、生产制造、运维服务全流程的国际协作网络。

二是金砖国家应以技术自主化和产业协同化为核心战略, 扶持上游零部件厂商, 聚焦底层硬件技术攻关与泛化规模化应用。通过金砖

国家未来网络研究院等平台, 建立跨国合作机制, 支持引导具身智能上游零部件厂商泛化发展, 先“生存活下来”, 确保稳定可靠的部件交付能力, 与具身智能整机厂有效协同, 同时, 推进在多领域实现关键技术攻关。**在芯片领域,**场景定义硬件能力, 关注自动驾驶和人形机器人重点场景, 整合各国已有的算力基础, 结合RISC-V开源架构与Chiplet技术, 重点突破异构计算架构的能效比瓶颈, 通过算法和硬件协同优化降低场景应用的端到端延迟;**在传感器领域,**重点关注柔性触觉、六维力控等细分应用, 扶持柔性触觉传感器纳米材料的批量化制备工艺研发, 建立多模态感知数据融合的开放协议标准;**在电机领域,**发挥供应链整合优势, 推动“功率密度+控制精度+成本控制”的有效三维融合, 在空心杯电机、轮毂驱动等细分领域建立领先优势。

(二) 强化感知能力, 促进金砖具身智能融合创新

当前, 金砖国家在具身智能领域的发展面临核心技术攻关、数据资源整合与规模化应用落地的一定挑战。一方面, 具身智能系统的全模态感知能力仍需突破;另一方面, 动态交互场景下的高质量数据采集成本高、仿真与真实数据差异显著, 制约了模型泛化能力提升。此外, 机器人操作系统碎片化进一步阻碍了规模化效应的形成。为此, 未来从技术协同、数据闭环与平台生态三大维度系统布局, 通过产学研深度联动、虚实融合训练场建设以及通用开发网联平台构建, 形成覆盖技术研发、数据供给与产业落地的全栈式解决方案, 具体路径包括:

一是构建产学研深度协同生态, 突破具身智能全模态感知与端云协同技术瓶颈。首先, 提升全模态感知能力, 攻关端到端大模型。当前具身智能大模型在视觉、触觉、听觉、嗅觉的全模态技术储备仍显不足, 尤其是在力反馈和触觉反馈存在显著短板, 目前针对复杂感知的

建模能力仍较弱，未来需重点攻关端到端大模型能力，通过多模态数据融合技术，构建统一的感知-决策-控制框架。引入神经符号系统以增强多模态信息的语义对齐能力，并利用自监督学习减少对高质量标注数据的依赖。**其次，针对端侧算力限制问题，推动端侧智算平台建设，深化技术研究，解决端云协同中的通信延迟问题。**受限于端侧算力瓶颈，短期内难以将机柜级算力压缩至终端设备。因此，“端云协同计算”成为必然选择，云端负责复杂模型训练与全局知识更新，端侧聚焦实时性要求高的感知与控制任务。在决策与控制技术上，补齐运动协调控制能力短板，加强基于物理引擎的仿真训练与小样本强化学习技术，提升控制模块的泛化性。在前瞻科研层面，金砖国家可推动行业与高校联合深化基础研究，开发低时延的ROS控制框架，解决端云协同中的通信延迟问题；在工程落地方面，促进端侧计算芯片、通信芯片等厂家合作提升软硬协同端侧算力。

二是构建金砖国家虚实融合训练场体系，推进具身智能仿真与真实数据深度融合。数据是未来具身智能能力突破的关键壁垒，具身智能应用的数据涉及动态环境中的复杂交互，在数据收集和训练中面临成本高、数据质量与多样性不足、仿真数据和真实数据差异较大、数据训练偏差等挑战。**针对这些瓶颈，未来可通过三大路径突破：首先，金砖国家可构建虚实融合的国际联合训练场体系。**通过金砖多国多地国际联动的物理训练场覆盖主要场景，结合数字孪生技术搭建软硬协同的虚拟训练场，产业各方协同，建设高质量多模态语料库，实现数据采集效率与场景覆盖率的双重提升。**其次，通过行业联盟、跨界合作等方式，共同构建高质量、大规模的具身智能数据集，推进完善多模态数据闭环。**开源数据集降低研发成本，加速技术迭代，吸引更多开发者参

与。重点突破如端到端数据重点场景的采集，如双臂协同、触觉反馈、力控，结合对比学习 (SimCLR)、掩码自编码 (MAE) 等自监督技术降低目前对高质量标注数据的依赖。**最后，融合仿真数据与真实数据，应用中提升仿真数据质量和仿真数据比重，同时，在实际环境应用中采集利用数据优化智能和性能，形成“数据飞轮”效应。**提升仿真环境的真实性与多样性，通过大规模仿真平台生成高密度、可控的训练数据，并利用迁移学习弥合“现实差距”，发展基于物理引擎的合成数据生成技术，逐步实现仿真数据与真实数据的互补性迭代。发挥仿真数据优势，把仿真数据融入训练中，让端到端模型学习时间和路径最优方案，避免真机采集数据路径非最优的误差。推动机器人进入工厂等实际场景，通过机器人传感器在真实场景采集收集的与物理世界交互“第一手”数据，训练迭代自身性能。

三是构建金砖国家具身智能通用开发与网联平台生态，突破操作系统碎片化与多机协同调度瓶颈。具身智能操作系统平台的未来发展将围绕通用化、协同化与规模化展开。当前，机器人操作系统碎片化问题突出，市场主流方案如ROS或基于Linux的定制系统依赖大量开源组件，导致兼容性冲突，规模化效应差，因此开发通用具身开发平台和机器人网联平台将是关键方向。**首先，金砖国家可鼓励龙头企业及科研机构建立具身智能通用开放平台，建设技术开源社区。**通过统一的中央控制系统实现多机器人协同调度，并融合大模型驱动任务规划与数据驱动端到端技能执行的双核机制，为不同品牌、形态的机器人提供标准化交互接口与开发框架。解决异构系统兼容性难题，通过模块化功能库支持跨场景任务整合，比如工业装配与家庭服务场景的共用开发模板为行业复用提供技术底座。**其次，推动金砖国家电信和云厂商**

构建具身智能设备网联平台建设,释放具身智能的规模化应用潜力。

促进百种千型万机的具身智能设备连接、管理与运维,支持各种场景和业务系统的人机协作,打造具身智能全生命周期管理,支持远程运维、健康监测与OTA升级,降低设备使用门槛。

(三)聚焦重点场景,驱动金砖具身智能健康发展

具身智能作为人工智能与实体世界深度融合的关键技术,不仅能够提升制造效率,还将重塑产业形态。金砖国家可利用在制造业、科研等方面的独特优势通过差异化发展路线、多维技术融合、协同创新机制和产业基金支持,系统推动具身智能技术在汽车制造业等重点行业的规模化应用,构建从技术研发到规模化应用的完整产业生态,形成具有国际竞争力的具身智能发展格局,打造引领全球智能制造变革的新动能。

一是金砖国家在具身智能行业应用方面可以走差异化发展路线,多形态多场景阶段性落地。在形态上,早期重点布局难度较低的四足和轮式机器人,后期重点布局全人形机器人;在应用场景上,分类施策场景牵引,“小应用,大推广”,从结构化高的场景有序推广应用。在重点行业和业务场景的选择上,遵循“循序渐进、由易到难”的原则。首先,在重点行业方面,从汽车制造业导入,逐渐渗透到半导体制造和医药行业,远期有望应用于商业以及家庭服务等环境,重点突破装配、巡检、切割、分拣、搬运、拆包、裁剪、检测等八个场景。在制造行业,具身智能设备的任务执行和流程和任务本身有高度规则性,可通过训练来高效完成重复性的任务。制造业流程化的特点使得具身智能技术落地应用方面占据先发优势,如柔性生产需求迫切、工作环境结构化程度高等需求特点。工业具身智能机器人能够有效提升工厂生产任务的灵

活性与适应性,并在作业过程中实现自主学习,不断增强其复杂任务执行能力与操作精度。其次,在重点场景方面,前期规模化落地重点关注汽车制造业中的总装环节,根据一线调研,在上下料、阳极氧化、电池端口插拔进行规模化应用,结合现有成熟技术,通过力控扭矩控制,修复不到位情况。未来随着技术的成熟,攻关双臂协同配合在制造业中的成熟应用,针对不同流程环节,重要性不一样,针对性提升节拍,提升制造速度。

二是具身智能在制造业中的落地应用,其核心在于多维技术融合与全链路闭环打通。首先,依托产业链协同创新,打通“技术-数据-产业”的全链路,形成良性循环的“发展飞轮”。金砖国家通过政策支持推动AI芯片、多模态感知、灵巧操作等核心技术成果向规模化制造转化。其次,在技术层面需重点整合自主导航、足部归控、上半身运动规划、力控触觉感知等能力,形成闭环控制与环境交互的技术栈。自主导航需结合动态环境感知与路径规划算法,使机器人在复杂工业场景中实现灵活避障与精准定位,依赖于多模态感知技术,未来需要视觉、激光雷达与触觉反馈的协同和高阶智驾算法的突破。力控与触觉感知是实现精细化操作的关键环节。柔性压力传感器阵列可实时获取接触力的三维分布数据,结合多模态大模型的决策能力,使机器人在装配精密部件或执行协作任务时精准调控操作力度。

三是整合金砖国家科研资源,建立具身智能专项产业基金。首先,构建金砖具身智能协同创新合作机制。依托金砖国家工商理事会合作框架,推动建立具身智能专项合作平台,整合科研机构、企业及政府资源,开展跨国联合攻关。通过定期举办技术研讨会与成果对接会,促进具身感知、人机交互、自主决策等核心技术领域的知识共享与标准协

同，重点突破多模态数据融合、环境自适应等共性技术瓶颈。同时，深化金砖数字教育合作，实施“具身智能人才联合培养计划”，设立跨境实验室轮岗、技术竞赛及产学研联合导师项目，为领域发展储备复合型人才。**其次，设立金砖具身智能产业联合投资基金。**借鉴金砖国家产业合作生态建设经验，由成员国政府引导基金、社会资本及国际金融机构共同出资，设立聚焦具身智能的专项投资基金。基金重点支持机器人自主学习、多模态大模型、多模态数据采集训练、具身通用开发平台、机器人网联平台等领域，推动形成“技术研发—场景验证—商业化推广”的全周期支持链条，加速具身智能在智能制造领域的应用，提升金砖国家在具身智能领域的竞争力。

中国有一句古话“凝心聚力，百川归海；集思广益，万木成林”，这正是我们面对挑战时所秉持的信念。中国愿与金砖各国携手努力，推动具身智能在产业领域应用深度和广度的突破，不断为推动建设开放型世界经济、构建人类命运共同体作出贡献，让世界更加繁荣、让人民生活更加幸福。