

研究

人形机器人2026

一个新市场的汇聚时刻

Roland
Berger

人形机器人2026

一个新市场的汇聚时刻

仿人机器人正从科幻走向工业现实。人工智能与机器人硬件的进步，使得构建能在人类设计环境中运作的机器日益成为可能。与此同时，劳动力短缺正强化对新形式自动化的需求。这标志着技术能力与市场需求交汇的时刻，将使仿人机器人更接近于在工业及其他领域实现实际应用。

此外，还面临传统自动化无法完全解决的结构性劳动力缺口问题。人形机器人具有独特优势：它们可以在为人类工人设计的过程和基础设施中运行，无需进行昂贵的产品和设施改造即可执行多样化任务。

如果当前趋势持续，其经济影响可能十分重大。作为向物理人工智能发展的更广泛趋势的一部分，人形机器人可能会演变成一个万亿美元级别的产业——根据我们的预测，到2035年市场规模可达7500亿美元，到2050年可达4万亿美元，其规模可与今天的汽车产业相媲美。对于工业、汽车和电子公司而言，人形机器人因此代表着一个重要的增长机会，并且鉴于其预计的每小时运营成本仅为2美元，它还是实现重大效率提升的潜在杠杆。

或许，这项发展轨迹最有力的验证便是业已显现的广泛行业参与。早期原型机已被部署到制造设施中，而物流运营商则正在测试仓库应用。结合约100亿美元的股权投资以及与顶尖半导体企业的合作，人形机器人正从炒作走向商业现实。关键问题已不再是人形机器人是否会成为一项可行技术，而是它们将如何快速实现规模化——以及哪些公司能及早布局以抓住机遇。

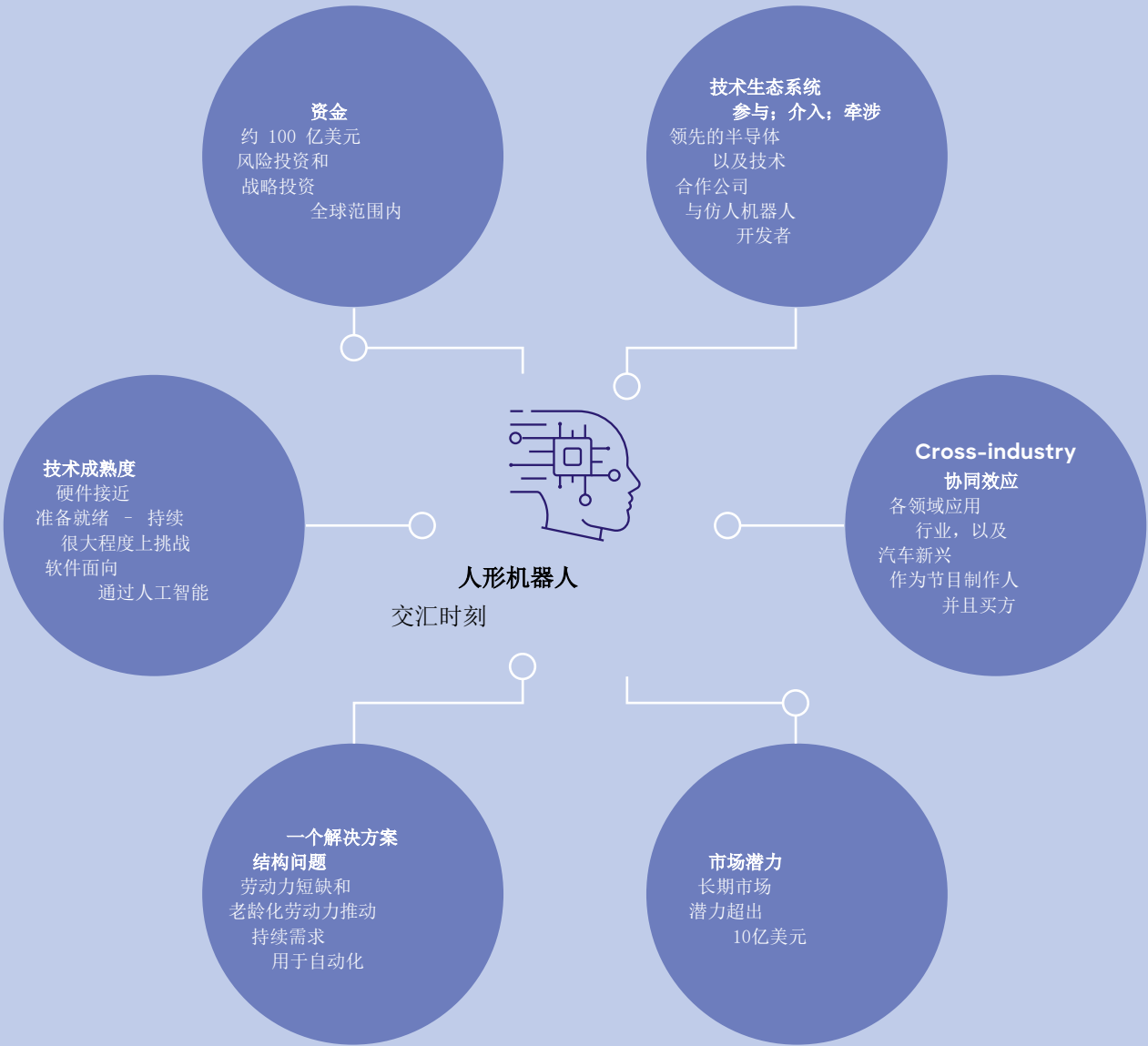
当前发展浪潮与前几次自动化周期有何不同，关键在于机器人的学习与适应方式。先进执行器、边缘计算以及生成式人工智能/视觉语言模型（VLMs）等关键技术的进步，为理解和应对复杂且不可预测的环境奠定了基础。预计到2050年，在某些地区，劳动年龄人口将减少高达22%，各行业

内容

P 4	1/ 一个万亿美元的市场——时机尚不确定 市场增长情景与类人机器人经济学
P 8	2/ 技术准备就绪 硬件正在成熟，但软件和生态系统的差距依然存在
P 14	3/ 两个生态系统，两条扩展曲线 中国的部署主导战略与西方的AI驱动方法
P 16	4/ 价值将首先出现在哪里 劳动力短缺、生产率提升及首次部署机会
P 21	5/ 行业参与者的战略影响 公司应在新兴价值链中如何定位自身
P 26	6/ 结论

1/ 一个万亿美元的市场——时机尚不确定

市场增长情景与类人机器人经济学



目前，人形机器人市场仍处于原型设计阶段，部署数量以十为单位而非千为单位。然而，预测显示其将呈指数级增长。根据我们的市场模型，在基准情景下，预计到2035年，该行业在原始设备制造商（OEM）层面的市场规模将达到3000亿美元，而在更乐观的轨迹下，将增长至7500亿美元。随着时间的推移，这指向一个万亿美元级别的市场，尽管大规模采用的时机仍不确定。这些估算基于建模的单位经济、预计的需求模式以及与其他行业供应链扩容的类比。

经济基本面正日益支持这一发展轨迹。在预计每台先进人形机器人（包括所有培训成本）成本为2万至3万美元的情况下，运营经济性将发生变革。凭借约每小时2美元的运营费率——仅为发达市场人力成本的几分之一——这些机器人在工业环境中能够带来极具吸引力的回报，同时也能为私人消费者提供家庭任务解决方案。这种双市场潜力既能解决制造业、物流业和服务业的劳动力短缺问题，又能开辟全新的消费市场。



并非所有类人生物生来平等。

高级机器人和入门级机器人在功能、尺寸和价格上有所不同。

	先进	Entry-level
2035年的价格区间	USD 20,000-30,000	USD 8,000-10,000
身高和体重	165-180 cm, 65-80 kg	120-140 cm, 30-40 kg
特性	强大的全尺寸系统 为复杂任务而设计 跨行业，提供高品质 适应性、力量和 先进的AI能力	紧凑且经济实惠 专注于基础的系统 功能，轻量级 设计和有限的任务范围 适用于简单自动化 和服务应用

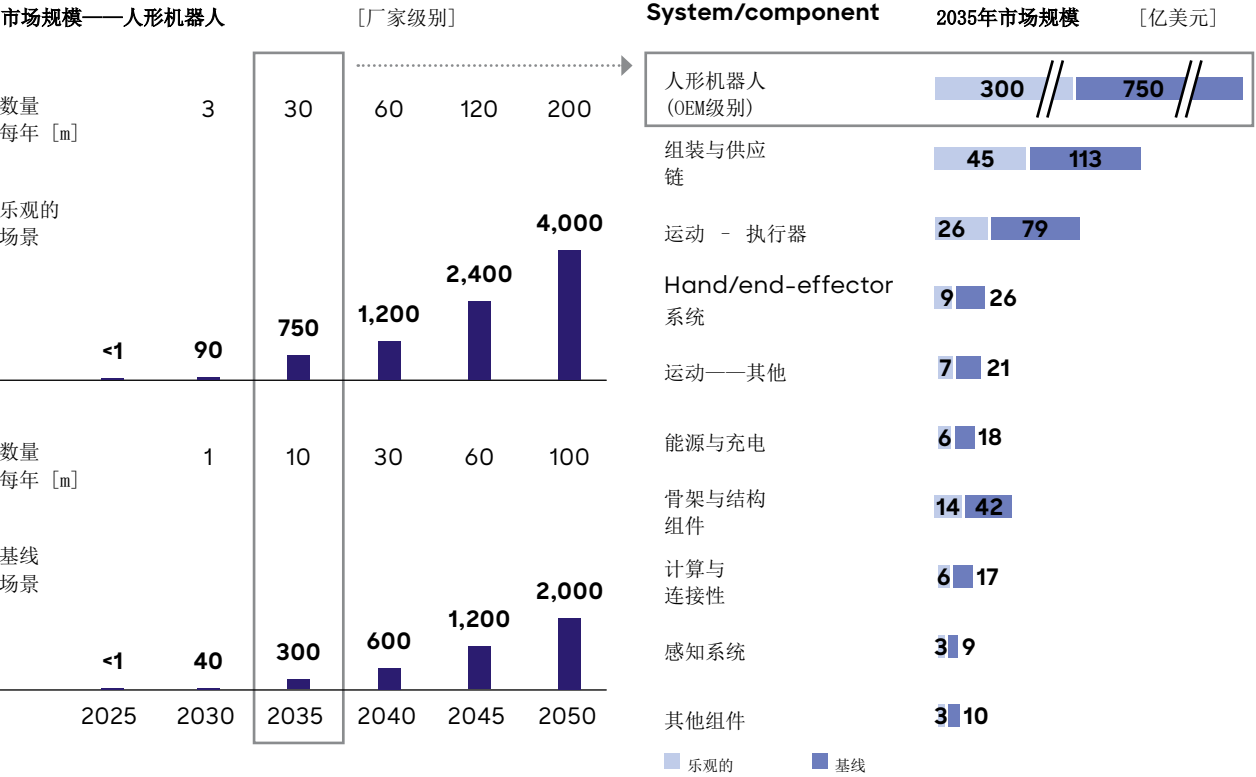
新兴人形机器人产业生态系统

该机遇远不止于成品机器人——其周边的价值链也在迅速扩张。到2035年，仅机身执行器就代表一个价值260亿至790亿美元的市场，手部执行器则进一步增加了90亿至260亿美元。计算与连接系统、感知系统、结构

组件、能源及充电系统等子系统的贡献超过350亿美元。装配和供应链板块——涵盖装配成本、管理费用、能源及人工——可能达到450亿至1130亿美元之间，为设备制造商B、C和服务提供商创造了巨大的机遇。

B 下一座汽车产业？

全球拟人化机器人系统/组件市场规模，2035年（十亿美元）



罗兰贝格人形机器人市场模型，市场访谈，案头研究

展望2050年之后，其潜力可能达到汽车产业的规模。仅汽车销售一项，全球汽车市场每年就能产生约2.5万亿美元的价值，而在零部件、服务和制造基础设施方面还有巨大的附加价值。随着人形机器人在工业和消费市场实现大规模部署，类似的经济模式也可能出现。在乐观的情况下，这可能意味着原始设备制造商——

年营收超过4万亿美元，组件、服务和制造设备市场共同构成了一个接近汽车产业规模的潜在市场。要实现这一潜力，将取决于持续的技术进步，但经济驱动力和市场结构表明，人形机器人可能成为21世纪中叶定义性的关键工业领域之一。

C 三倍的价格

高级与入门级人形机器人组件成本分解

类别	单个机器人 [亿美元]		市场规模总和 [亿美元]		
	先进	Entry-level	先进	Entry-level	总计
运动 - 执行器	4,000	1,265	60	19	79
Hand/end-效应系统	1,400	333	21	5	26
运动——其他	1,072	342	16	5	21
能源与充电	845	380	13	6	18
骨架与结构组件	1,950	820	29	12	42
计算与连接性	800	345	12	5	17
感知系统	465	166	7	2	9
他人 请提供需要翻译的英文文本。	440	230	7	3	10
总计	11,000	3,900	165	58	223

罗兰贝格人形机器人市场模型，市场访谈，案头研究

2/ 技术准备就绪

硬件正在成熟，但软件和生态系统的差距依然存在

近年来，人形机器人取得了长足的进步。目前的原型机已经展示了功能性的移动能力和灵巧性，使机器人能够在受控和半结构化的环境中执行任务。

环境。核心子系统——计算、感知、执行和电源——已处于试点验证阶段。

然而，技术可行性尚未转化为可扩展的产业准备。硬件开发

请注意空隙

当前研发原型硬件成熟度评估



1 聚醚醚酮：一种高性能半结晶热塑性塑料，以其极佳的温度耐受性（高达250° C）、优异的机械强度和卓越的化学耐受性而闻名

市场访谈、案头研究、过往罗兰贝格项目

已进入先进预商业化阶段：系统在演示和早期试点中运行可靠，但成本效益、长期耐用性、用例的可扩展性以及供应链的稳健性仍处于开发中。

剩余的差距已不再是“它能否运作？”的问题——而是它能否可靠、经济且以D规模运行。

1-3年内的大规模商业化				
	运动系统 - 执行器	运动系统 - 其他	Hand/end-效应系统	其他组件
成熟				
描述	- 电机与减速机 - 多个旋转式线性执行器 (25-35) per robot 手部肌腱	- 编码器，驱动器以及扭矩传感器 - 轴承	- 多自由度机器人手和夹具 - 欠驱动/全驱动驱动手指 - 触觉传感	线束 - 显示，音频 - 连接词 - 紧固件
当前状态	- 转向轴向磁通电机 + 摆线简化器 - 成本下降大幅 (高达50%)	- 响应时间5-10毫秒延迟 - 力矩 互动	早期商业灵巧的双手 (低中音量)	汽车级连接词 - 显示和音频成熟且 - 反馈的鲁棒性有限，确保安全 - 高性价比的持续工业应用技术 - 感知与控制 - 轴承与编码器
仍处于早期阶段的是成熟技术				
关键挑战	轴流电机和坐标30-50 1-3年成熟 必需的	- 实时正弦减速器中的焦距需要 - 长期耐磨损 - 提高耐用性 - 未经验证的 (例如：成本降低50-70%) - 集成触觉连续双足 - 集成触觉运动 - 平衡权力与安全 - 降低振动/噪音复杂性	类人灵巧按工业成本 减少执行器数量 感知而无更高	- Route 30-50+ cables 通过活动关节 电磁屏蔽干扰 - 设计用于适用性
Low High				

行业共识指向硬件设计初步稳定将在2028-29年左右实现，供应链成熟预计将随后到来。因此，商业化将逐步展开，而非所有子系统同步进行。要弥合今天原型与商业化可行系统之间的差距，必须克服三个反复出现的制约因素。

1 成本效益的必然要求

商业部署需要大幅降低成本——关键子系统（如执行器）的成本预计可降低50-90%——同时保持或提升安全与性能特性。

2 耐久性差距：

一个主要的挑战仍然是复杂系统在严苛生产环境中的耐用性。例如，目前用于量产的高级机械臂其使用寿命不足一年，这导致需要频繁且昂贵的更换。

3 持续的技术转型

几个子系统正经历代际更迭，例如向轴向磁通电机和摆线减速器的转变。虽然这些转型可能提升性能，但由于新设计需要经过验证和标准化，它们可能会将采用时间延长大约一至三年。

执行器——核心价值驱动因素

执行器是人形机器人中最为关键的单个子系统。它们决定了扭矩密度、动态性能、能源效率，并最终影响成本结构。当前系统主要依赖电动机与谐波或摆线齿轮箱的组合。行业趋势正朝着将电机、齿轮箱、驱动电子、扭矩传感和热管理集成于一体的全集成执行器模块发展。

关键技术杠杆包括高扭矩密度电机、低背隙高效减速器，以及集成式力和扭矩传感以及改进的热管理。规模化成本优化制造对于商业化至关重要。

软件与生态成熟度

虽然硬件平台正接近功能上的充分性，但更广泛的应用生态——包括软件架构、数据基础设施、供应链工业化和监管框架——在实质上仍远未成熟。根据专家评估以及与行业利益相关者的访谈，当前应用生态的准备情况落后于硬件开发，估计落后三至五年。物理系统在试点环境中运行可靠性不断提高，但实现可重复、大规模部署所需的使能条件仍在不断演进中。

软件与生态系统成熟度评估

	描述	当前状态	关键挑战
软件——比硬件落后3至5年	VLM¹  - 核心系统结合感知并且推理 - 支持零样本学习²	- 生成式人工智能压缩开发周期 - 控制环境接近人类水平的任务级别 - 开放式环境还需要5到10年	- 上下文理解困难基于推理 - 可靠的传输 - 虚拟培训物理环境 - 本地计算能力要求很高（200+顶尖）
	培训 data  - 多模态数据集：愿景，触觉本体感觉，力量反馈 - 捕捉多样 environments, 任务，故障模式恢复策略	- 公共数据稀缺：大语言模型文本语料库存在；机器人操控数据并不大规模存在 - 有限的开放源码机器人数据集人工智能训练 - 领先的人形机器人原始设备制造商收集专有数据	- 数据生成瓶颈防止类似大型语言模型大规模训练 - 需要带标签的多角度以及多模态录音指数级增长比文本贵 - 数据变成了竞争优势和专有资产 - 领先的OEM厂商，从而导致破碎的生态系统
	供应链  - 全球供应商美国各地的网络欧洲和中国区域专业化 - 现有整合汽车电子以及机器人供应链	- 无成熟的端到端供应链尚未：聚焦美国关于软件；中国专注工业化 - 双供应链受监管部件（高成本）采购自西方国家；标准组件（低成本）源自中国	- 大多数二级供应商仍然测试阶段：1-2至少需要多少年才能进步进入大规模生产阶段 - 供应商们犹豫不决地投资能力 - 信息技术安全/出口管制2-3倍的成本溢价关键组成部分
	法规  - 安全标准 human-humanoid 机器人协作 - 出口管制（ICTS）人工智能治理（欧盟人工智能法案），产品合规（CE、FCC）	- 没有协调一致的全球标准：美国/欧盟/中国追求不同监管路径 - ICTS影响：13个关键组件面临被排除从中国供应商处 - 安全认证未定义：现有标准不适用给类人生物	- 标准时间线：2-3最少需ISO年数认证，行业收养，认证基础设施 - 分散式监管美国、欧盟和中国各地 - 不明确由谁承担人工智能驱动的责任物理错误

Maturity: Low High

¹ 视觉语言模型
² 一种机器学习能力，即模型能够在未经明确训练的情况下正确处理从未见过带标签示例的任务

主要瓶颈已从机械工程转向人工智能架构和数据战略。领先的开发者正转向视觉语言模型和端到端学习系统，这些系统能直接将感知与驱动连接起来。受自动驾驶架构的启发，这些方法减少了手动编程，并支持自适应任务执行。

层级式AI堆叠架构正成为主流设计：高级推理层（视觉语言与基础模型）实现任务规划与情境理解，而低级控制层则将意图转化为与机器人运动学紧密耦合的精确运动指令。这种架构支持从单任务训练逐步扩展至更广泛的泛化能力——这是跨行业部署的先决条件。

然而，转向学习型系统引入了若干结构性依赖，这些依赖将塑造生态系统的演变方式：

数据作为核心约束

与生成式人工智能系统不同，人形机器人需要来自真实世界环境的传感器到执行器的同步数据。此类数据专属性强、生成成本高，且在实际运行环境中仍然稀缺。因此，合成数据、远程操作、工业合作和集群学习是具有竞争力的战略的关键组成部分。

模拟是加速器，而非替代品

基于物理的模拟环境（世界模型）能够实现可扩展的训练，并减少早期阶段的数据需求。然而，模拟到现实的差距依然存在，限制了纯虚拟训练的可行性。因此，现实世界的验证仍然是不可或缺的。

计算基础设施作为进入壁垒

训练人形基础模型需要大量的AI硬件集群和分布式训练管道，以及优化的推理系统。这增加了资本密集度，并青睐那些能够垂直整合硬件、软件和AI基础设施的参与者。

除了软件和数据之外，更广泛的产业生态系统也将塑造部署的步伐。供应链的成熟度将决定人形机器人从低容量试点过渡到经济可行的大规模部署的速度。目前的系统很大程度上是由定制开发、高成本、低容量的组件组装而成的。

规模化生产需要从工程驱动型采购转向平台化、汽车风格的供应链生态系统。当前开发者严重依赖专业供应商提供执行器、精密齿轮箱、传感器和控制电子设备。这些供应商规模有限，关键部件（如谐波驱动器和大力矩电机）的交付周期较长，即使在试点项目中也会造成瓶颈。

监管框架代表了一种额外的部署约束。现有的安全标准是为在固定、封闭区域内运行的传统自动化系统，以及具有定义好的工作空间范围和可预测工具配置的协作机器人（“协作机器人”）开发的。相比之下，人形机器人运行在动态、以人为中心的环境中，可以改变位置、高度和工具，并能操作各种物体。这种可变性使得定义一致的风险状况变得显著更复杂，并导致现有的安全概念不足。

因此，未来的监管框架需要解决运动速度、力限制、物体交互、反应时间和人工智能驱动的决策过程等问题。建立此类标准需要广泛的测试、验证协议和经验性安全数据——特别是在监管密集的市场。目前，尚无协调一致的国际框架：企业必须在机械指令、工作场所安全规则、产品责任制度和新兴的人工智能治理要求所构成的碎片化格局中寻求发展。这种碎片化增加了合规的复杂性，并延长了产品上市时间。

仿人机器人正从科幻走向现实——关键差距在于人工智能模型的软件与数据。



3/ 两个生态系统，两条扩展曲线

中国的部署主导战略与西方的AI驱动方法

人形机器人市场并非作为一个单一的全球竞赛在发展。随着技术准备度的提升，正浮现出两个具有不同规模化逻辑的生态系统：北美和EMEA（欧洲、中东和非洲），它们正推动以AI优先的“通才”型机器人架构；以及中国，其工业化进程更快，拥有制造与部署的飞轮效应。这些对比鲜明的策略塑造了机器人达到实际部署的速度，以及竞争优势可能出现的地点。



西方生态系统：以AI为先，资本丰沛，规模匮乏

西方领导人正日益将自己定位为人工智能和软件公司，押注竞争优势将来自基础模型和视觉语言系统，这些系统由专有数据集支持，从而在非结构化环境中实现强大的自主性。资本基础也支持这一观点：尽管北美拥有比中国生态系统更少的初创原始设备制造商，但其融资额（38亿美元）几乎相同。

约束主要体现在机械设计减少，更多是“数据加部署”：即真实世界训练数据、验证周期和安全案例。在当前阶段，西方生产仍主要处于试点阶段，这减缓了迭代速度，并延缓了软件的成熟。

中文生态系统：以部署为先，以扩展为驱动的学习

中国正推行以量取胜的策略：将机器人部署到娱乐和物流等定义明确、受控的工作流程中，通过快速迭代和制造规模来推动成本曲线下降。这种策略的效果可见一斑：到2025年产量将超过15,000台——至少是北美产量的30倍，是欧洲、中东和非洲（EMEA）产量的150倍以上。

政策支持与知识产权领导力强化了工业化进程，并明确了构建生态系统和规模化部署的路线图。中国

此外，在人形机器人领域也引领专利申请，这表明在核心能力——不仅限于组装能力——上的持续投资。

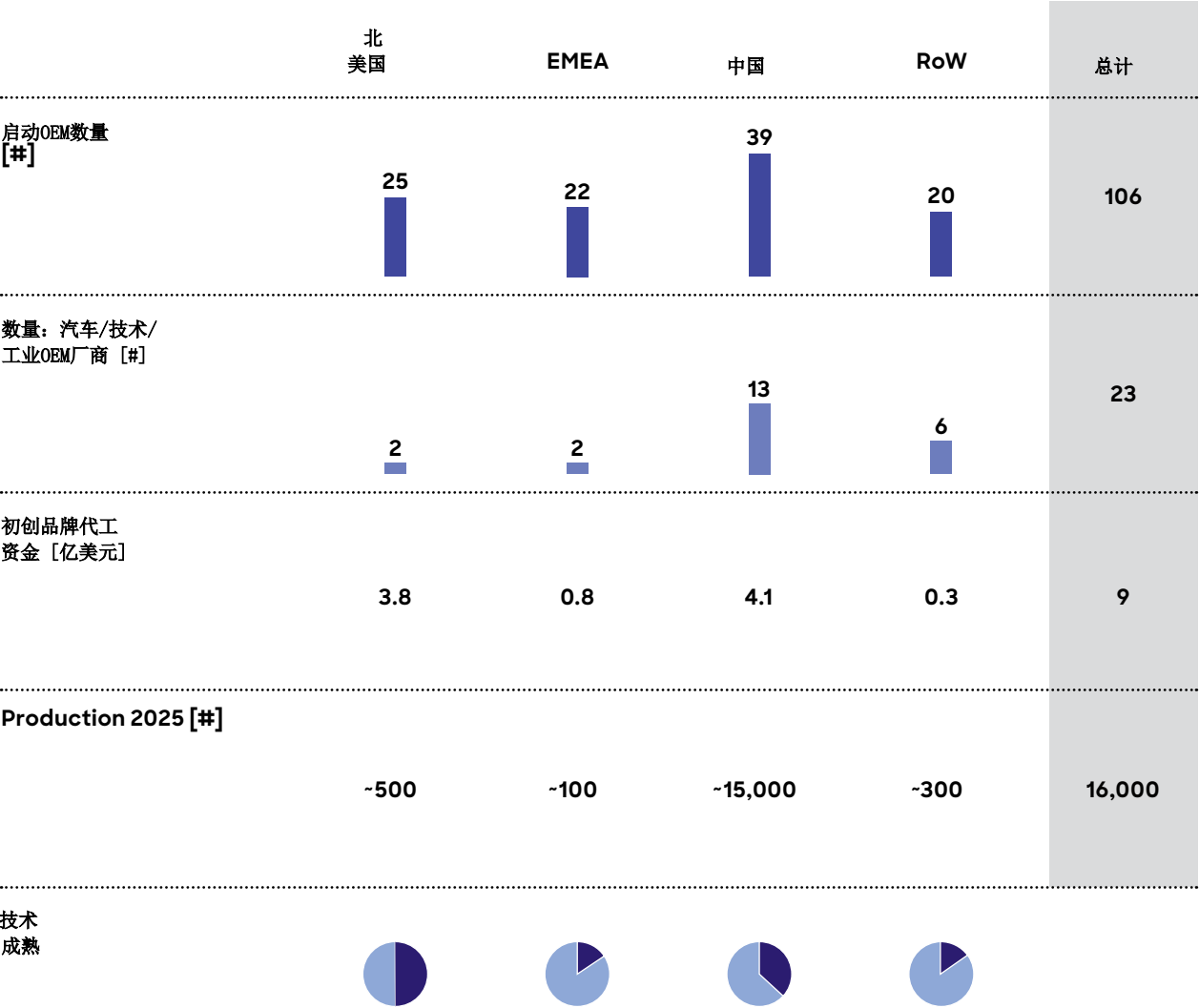
战略影响

这些对比鲜明的策略正在形成两个不同的产业飞轮和三个战略定位。中国目前受益于规模优势，通过快速部署正在构建强大的数据和成本飞轮。相比之下，北美拥有深厚的资本池和强大的AI能力，但需要生产规模的飞跃式变化才能缩小“数据加部署”的差距。EMEA则处于更为受限的境地，初创企业基础较小，资金有限，加上预计2025年的产量微乎其微。这增加了长期依赖中国硬件平台或美国AI堆栈的风险。

地缘政治可能会加剧这些差异。出口管制、采购规则以及“可信供应链”要求正将产业推向平行技术栈和区域锚定的供应链——实际上正在创建具有有限跨境互操作性的分离技术市场。

不同地区，不同优势

初创企业、融资、生产及区域技术成熟度



4/ 价值将首先出现在哪里

劳动力短缺、生产率提升及首次部署机会

无论这些新兴生态系统差异如何，人形机器人采用的经济初始驱动力在不同地区将非常相似。除了要素成本上升，劳动力短缺正成为发达和发展中经济体都面临的关键挑战。目前目标低成本国家，尤其是在东欧，预计将经历两位数的

到2050年，劳动力将大幅减少，从根本上改变了生产布局的经济动因。这种人口压力在那些对拟人化机器人进行重大投资的国家尤为突出。例如，中国由于长期实施独生子女政策所产生的深远影响，面临严重的劳动力短缺，这为其自动化技术的采用创造了强烈的动力。

G 劳动力市场正在萎缩

选定国家的工作年龄人口趋势与失业情况

2025年劳动年龄人口与相应失业率

Working-age 人口 [m]	失业率 [占工作...] population]	Working-age 人口 [m]	失业率 [占工作...] population]
印度	1,002 4.2%	日本	72 2.5%
中国	987 4.6%	土耳其	60 8.5%
欧盟	278 5.9%	德国	52 3.7%
美国	224 4.2%	波兰	25 3.0%
印度尼西亚	195 3.2%	罗马尼亚	12 6.0%
巴西	147 6.0%	捷克共和国	7 2.8%
尼日利亚	134 3.1%	匈牙利	6 4.5%
墨西哥	89 2.7%		

全球劳工发展

欧盟在数十年增长后面临人口下降。预计到2050年，它将成为全球最老的地区，中位年龄为48.2岁。

前NAFTA地区的国家正在发展，这增强了美国-墨西哥-加拿大协定（USMCA）的竞争力。

联合国人口司，世界银行

但挑战已超越人口结构。工人越来越不愿意接受严酷的生产环境或轮班工作模式，尤其是在存在其他就业机会的地区。服务业岗位——通常仅限于日/夜班，且常提供灵活的工作安排——则提供了有吸引力的替代选择。

2050年劳动年龄人口预测及与2025年的劳动年龄人口增长比较

Working-age 人口 [m]		Working-age 人口 增长率 [%]	Working-age 人口 [m]		Working-age 人口 增长率 [%]
印度	1,134	+13%	土耳其	57	-4%
中国	745	-24%	日本	54	-25%
美国	232	+4%	德国	44	-16%
尼日利亚	232	+73%	波兰	19	-25%
欧盟	229	-18%	罗马尼亚	9	-24%
印度尼西亚	211	+8%	捷克共和国	6	-18%
巴西	137	-7%	匈牙利	5	-17%
墨西哥	98	+10%			

印度取代中国成为世界上人口最多的国家。中国的人口已经开始萎缩并快速老龄化。

预计到2050年，撒哈拉以南非洲的劳动年龄人口将增至约20亿，是所有高收入国家人口总和的两倍多。

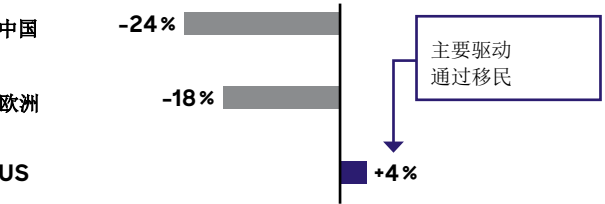
自动化越来越被视为减少劳动力依赖的关键手段。先进的自动化系统使制造商能够在夜间和周末实行选择性无人工厂班次，将剩余的人力工作集中在首选的白天时段。这种方法既解决了劳动力短缺问题，又满足了员工的工作偏好，同时维持了生产能力。

现代制造设施已在整个价值链上展现出高度自动化水平（参见罗兰贝格的《无人工厂》）。尖端生产系统集成了先进机器人、自动化物料搬运和智能控制系统，以实现高效率和一致性。

当工人消失时，机器接替了夜班。

劳动力短缺与自动化缓解措施

劳动年龄人口（15-64岁）变化
2025-50 [%]



对于德国公司

>85 %

公司中有多少比例亲身体验劳动的影响他们之中的稀缺性运营

四个月

这是需要多长时间平均而言直到空缺职位可配备人员

用于特定制造

~45 %

制造公司是已经想念了用以填补他们的才能空缺职位

~57 %

公司中金属加工报告运营由于困难人员短缺

应对劳动力短缺的关键杠杆

自动化与运营
自动化程度
运营卓越与效率
流程成熟度与可重复性
复杂性与柔性化
IT系统与治理
▶ 熄灯运行 一项应对劳动力短缺的关键手段
组织与人才
人才获取
人才管理
流程成熟度与可重复性
组织与人才
价值与供应链设置
外包潜力
Etc.

牛津经济研究院（2023年），ifo研究所，波恩应用经济研究所，联合国，罗兰贝格

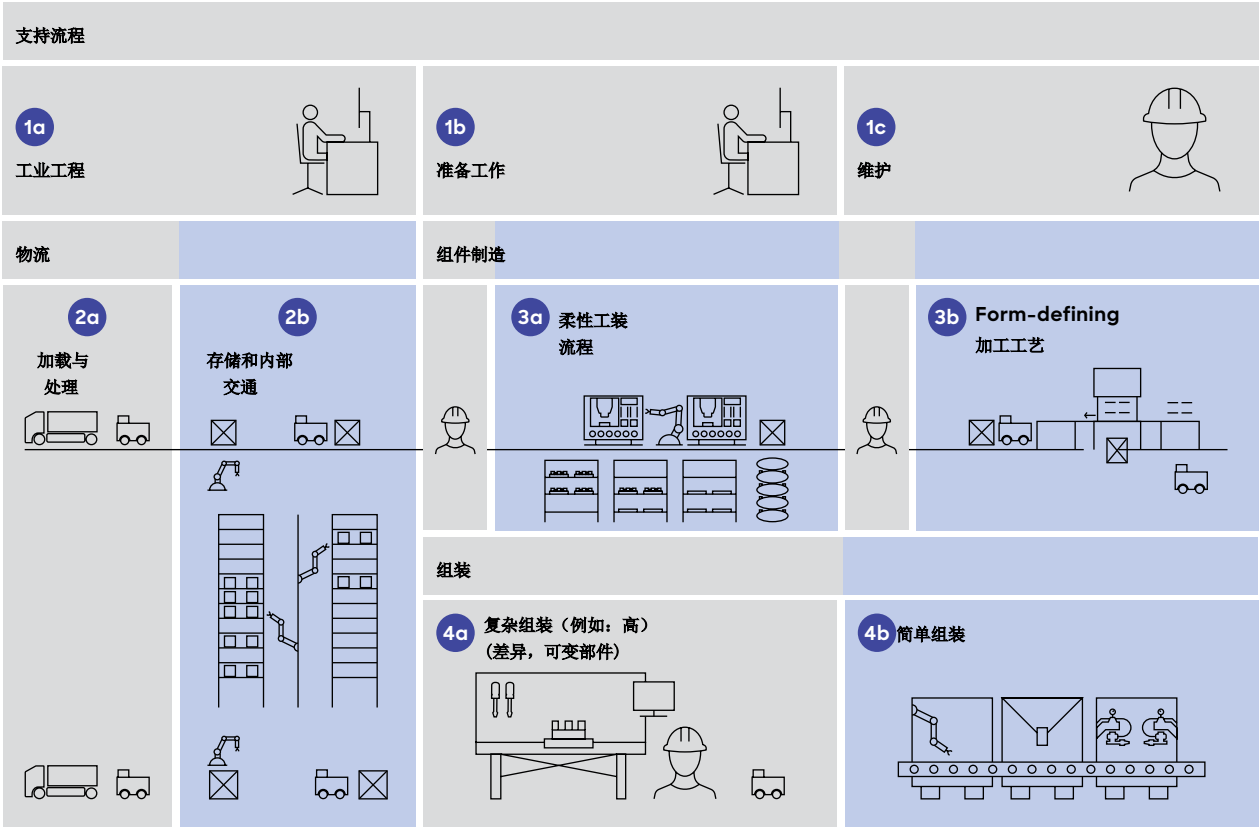
尽管取得了这些进步，但仍存在许多显著的空白区域，这些区域持续抵抗传统的自动化方法，包括大宗商品拣选、零件在输送系统上悬挂、为组装或物流进行配货、组件拆包以及机器或组件组装。这些任务具有共同的特点：它们要么涉及

低容量时存在高变异性，或需要处理线缆、软管等灵活组件。人形机器人旨在通过复制人类灵巧性并实现跨任务的灵活部署来应对这些挑战，其资本支出可能低于专门的工业自动化解决方案。



自动化仍然面临挑战之处

工厂运营中剩余的手工操作



全自动化的 高度依赖人工

鉴于当前的技术成熟度，人形机器人的部署在短期内将集中于更简单的应用场景，并随着能力的提升逐步扩展到更复杂的应用。在实践中，部署机会可以划分为四个层级，这些层级反映了任务复杂度的增加和价值创造的提升：

简单用例——学习这项技术

最初的人形机器人应用专注于简单的任务，例如从货架上拣选大宗商品或零件，并将它们装载到机器或传送带上，以及在存储地点之间出入库物流中运输纸箱。许多这些任务已经可以使用现有技术自动化——使用自动导引车（AGV）进行物料运输，以及使用配备摄像头的机器人进行拣选操作。AGV已经提供了相当大的灵活性，这限制了人形机器人在这些场景中的增量价值。

然而，这些简单的应用场景具有重要的战略意义。它们使制造商能够熟悉人形技术并积累操作经验，同时使供应商能够获取真实世界的训练数据以用于软件开发。因此，在这些情境中部署人形机器人的主要理由，通常是制造商与机器人供应商之间的技术发展合作，而非纯粹的经济效益商业案例论证。

中等复杂度用例——解锁首次附加价值

下一层级处理具有更高方差的任务，这些任务需要在人形软件栈中具备更强的泛化能力。组装操作涉及为手动组装活动选择多种组件，由于涉及的零件范围广泛，因此需要强大的模式识别和适应性。

成功应用于制造装配套件，可能会为物流环境开辟道路，在这些环境中，差异水平和效率要求更高。在物流中，拣选代表一项核心运营活动，而非装配的辅助功能。

另一项应用涉及将零件自动装入夹具，以便由加工中心或类似设备进行后续加工，其中零件几何形状的变化常常限制传统自动化解决方案。虽然针对这些任务的专业非人形系统仍在涌现，但主要的机器人和视觉供应商正在开发类似的功能。人形机器人的独特优势在于能够灵活地组合多种任务。一个机器人可以在一个班次期间装载一台机器，并根据不断变化的能力需求在另一个班次期间转移到物流区域。当机器人能够可靠地执行多项任务而无需重新配置时，它就解锁了传统自动化系统无法实现的增值方案。

高复杂度用例——拓展工业自动化

管理诸如电缆、软管或织物之类的柔性组件代表着下一个复杂层级。由于这些材料在处理过程中会变形且行为不可预测，因此传统自动化系统难以可靠地对其进行操作。能够处理此类组件将使机器人在拆包任务中得到部署，并有助于弥合自动化仓储系统与自动化生产线之间的差距。

操控柔性组件的能力也为自动化涉及线缆布线或管道安装等重复性组装活动提供了机遇。当人形机器人能够部署在多个高复杂度任务中，并达到人类工人的灵活性水平时，其价值主张将得到加强。

5/ 对行业参与者的战略影响

公司应在新兴价值链中如何定位自身

愿景用例——长期愿景

最后一层涉及对装配时间较长（每个单位十分钟或更久）且差异较大的机器或设备的自动化组装。在这样的环境中，人形机器人需要自主解读装配计划、执行多步序列、识别正确部件并执行适当的装配操作。

实现这一水平的自主性最终可能使大规模替代直接生产过程中的劳动力成为可能。然而，这些能力需要重大的技术进步，因此仍然是一个长期目标，而非近期部署机会。

此外，人形机器人不仅与生产相关，还可能扩展到家庭和服务等领域的应用。

自动化是减少劳动力依赖的关键手段。先进的自动化系统使制造商能够实施选择性无人工厂轮班，在解决劳动力短缺和工人偏好问题的同时，保持生产能力。

人形机器人的出现将重塑工业生态系统的大部分环节。随着市场从实验阶段转向工业部署，不同的利益相关者面临着不同的战略选择。人形机器人开发者、供应商、工业设备公司、运营商和人工智能参与者都需要在新兴的价值链中明确自身定位。以下建议概述了这些群体在市场开始规模化时各自的战略重点。

人形机器人OEM厂商

构建数据飞轮，实现平台工业化

数据将是人形机器人的关键前沿。核心挑战在于将人工智能模型提升到机器人能够在复杂现实环境中可靠运行的水平。主要瓶颈在于获取足够大且多样化的训练数据集。因此，企业需要同时探索多种途径来生成运营数据。

运营商合作将在此过程中发挥核心作用：制造商和物流公司可以提供真实的生产环境，以换取优惠价格或优先获得技术。与此同时，OEM厂商应追求大约十到五十台的试点部署，优先考虑数据多样性而非生产效率，目标是尽快积累大量运营经验。合成数据也将日益重要——基于物理的模拟环境有助于生成训练数据，用于边缘案例和难以在真实部署中捕捉的罕见场景。最后，在市场早期阶段，开发者之间的合作可能成为必要，数据共享联盟将有助于弥补初始部署周期中的规模限制。

虽然人工智能将最终决定长期竞争力，但硬件不应被视为一种商品。工业化需要对产品架构的最终确定、设计成本控制、可制造性设计以及在整个供应链中建立深度合作伙伴关系。汽车供应商特别适合支持这一转型，这得益于它们在扩展复杂机电系统的经验。与电子和半导体公司的合作也至关重要，以确保大规模部署所需的计算能力、传感器和电源管理系统。

采取一种立场，在现阶段不主动与类人机器人开发者进行业务洽谈，而是开启讨论。这种策略可能适合那些通常在产品周期后期扩展其业务存在感，或通过收购成熟的新市场而进入这些市场的公司。

无论选择何种路径，速度都至关重要。希望在快速发展的类人机器人领域竞争的企业，应建立拥有实际决策权的小型自主团队，理想情况下应脱离传统企业架构，以便与类人机器人创业公司的步伐保持一致。

供应商（汽车、工业、电子、半导体）

尽早明确自身角色，共同打造人形供应链

零部件和半导体供应商需要决定他们希望在仿人机器人领域采取多大的积极性。对于大多数供应商而言，该领域代表着一个潜在的重大增长市场，因为当前的仿人机器人原始设备制造商正在建立其供应链组织，并与供应商建立战略合作伙伴关系。

与此同时，相关性将取决于与OEM共同开发。无论是贡献单一高精度组件、专有知识产权，还是完整的肢体组装等完全工业化的子系统，重要的是明确定义的价值链定位。这包括运动控制、执行器、IO模块、传感技术以及其他构成人形机器人功能核心的关键子系统等领域。最具竞争力的供应商不会等待最终确定的规格；相反，他们会采用早期的OEM原型设计，并将其转化为可扩展、工厂级的产品。有些人还会将其自身产品组合中的元素纳入考量，为OEM带来其难以单独复制的差异化性能。

各公司正以不同程度的热度把握这一机遇。有些公司将寻求全面且公开的市场进入，积极将人形机器人定位为向资本市场寻求多元化的机会，建立专门团队，并为新兴生态系统开发定制化产品。另一些公司可能通过积极拓展业务，采取更选择性的策略，组建小团队，通过能力展示和技术讨论与人形机器人公司互动——这种策略虽然公开曝光度较低，但仍能创造可观的商业机会。第三类公司可能会先采取观望

一个独特价值组合进一步强化了这一地位。那些将专用组件与规模化验证性能相结合、能够为机器人系统提供真实世界训练环境的工厂接入、可加速机器学习与部署就绪状态的操作数据，以及能降低双方风险的意向采购订单，将超越传统物料清单的角色。通过这种方式，它们将成为塑造路线图的开发合作伙伴，而非仅仅满足规格的供应商。

工业设备与机器人领域参与者

在人形制造和自动化生态系统中尽早占据位置

对于工业设备和机器人公司而言，人形机器人应被视为核心战略市场，而非旁门左道。这些公司需要在参与人形机器人竞争（可能通过合作）或专注于集成之间做出战略选择。为了抓住这一机遇，工业设备和机器人公司需要在新兴价值链中明确自身的定位。

人形机器人将越来越需要融入更广泛的自动化环境以及现有的工厂。早期进入者能够塑造规范，并确立自身作为领先OEM的参考合作伙伴，从而在接下来的十年中，随着产量的扩大，占据有吸引力的资本支出份额。

在此模型中，人形机器人并非取代传统自动化，而是对其进行补充，与工业机器人、协作机器人、自主移动机器人和输送系统等既定技术协同工作。在软件方面，这可能包括对来自多家原始设备制造商（OEM）的人形机器人集群进行控制和编排，以及与工厂管理和生产线控制系统进行集成。最成功的参与者将构建集成自动化生态系统，将这些技术结合为特定行业的即用型解决方案，包括汽车制造、物流和电子产品生产。

操作员
尽早识别用例，塑造新兴的人形机器人生态系统

人形机器人最初不会完全通用。

目的系统。它们进入工业环境将经历特定的、明确定义的任务——而早期识别这些任务的操作员将建立起有意义的体验优势。

最有前景的近期应用领域在于棕地环境，特别是在重复性物料搬运任务中。预期应保持现实。目前的人形平台在已映射环境中的结构化重复性任务中表现可靠，而细粒度灵巧操作和完全自主决策仍在发展中。在这些应用中的许多情况下，人形构型对更传统的机器人及自动化解决方案而言效益有限；然而，早期试点项目的目标并非立即实现大规模自动化，而是要在竞争窗口收窄之前积累运营经验。

人形机器人应当嵌入整体的物理人工智能战略之中，而非被视为独立的技术项目；它们代表着工业自动化更广泛转型中的一个要素，若孤立部署，则面临成为昂贵却无法规模化的试点项目的风险。当融入连贯的物理人工智能架构——包括自主移动机器人、机器视觉系统、预测性维护平台和工业物联网——人形机器人则能转变为强大的倍增器，扩展现有自动化技术的应用范围。

以下是中文翻译：

随后有三项优先事项。第一，明确人形机器人能力如何补充而非重复现有的自动化资产；将初始部署集中于简单且隔离良好的手动任务，以实现低风险试点。第二，投资于内部能力建设。在数据管理、机器人监督和系统集成方面具备内部专业知识的组织，才能扩大部署规模。

比完全依赖外部供应商的方式更快，并能更好地保持战略控制权。第三，为员工角色的转变做准备，从手动执行转向监督、异常处理和人机协作。过渡规划是可持续自动化的先决条件，不应被视为纯粹的HR（人力资源）练习。

运营商也应及时建立战略合作伙伴关系。人形机器人市场的规则正在当下被定义，而非产品达到目录成熟时。早期参与的运营商将获得更优的经济效益、对产品开发更大的影响力，以及在新兴生态系统中更强的地位。而等待者将只能接受他人所定义的规则。

实践中，几种合作机制可以帮助运营商参与。

数据折扣模型：

类人机器人OEM厂商需要真实世界环境来训练、验证和优化其系统——这些环境是单纯的模拟无法复制的。运营商可以将其设施作为训练场地，作为回报，可以协商优惠价格、优先使用权或共同开发权。这不是让步：这是一种双方都能受益的结构化交换。运营商应仔细评估类人机器人部署在哪些流程中，以及他们愿意分享哪些数据，因为这可能暴露流程知识，从而让竞争对手获益。

条件性承诺：

非约束性意向书或附条件的购买协议对运营商而言风险极小，但实质性地增强了原始设备制造商的投资案例和融资地位。早期释放需求信号有助于确保在开发谈判桌上获得一席之地，并有助于确保产品

规格反映了实际运行需求，而非实验室假设。

选择合作伙伴本身：

人形机器人领域正围绕平台生态系统进行整合，中国和北美的领导者正在迅速扩张。依赖外国平台的运营商面临对外部软件架构、专有数据堆栈和地缘政治风险敞口供应链的依赖风险。与本地或区域原始设备制造商建立合作关系可以加强国内价值链并降低技术锁定风险。

率先行动的运营商将不仅能够以优惠条件获得先进技术——他们还将塑造产品发展轨迹和自身的竞争地位。

人工智能公司

将人工智能领导力拓展至物理人工智能和机器人平台

领先生成式AI公司在家用机器人领域拥有巨大机遇。短期内，它们可以与家用机器人开发者合作，提供语言接口或推理能力，以实现自然的人机交互。更大的机遇则在于更深层次的技术栈。

人工智能是人形机器人性能的核心驱动力，强大的AI能力正成为最重要的成功因素。领先的AI公司应评估直接拓展物理AI与机器人领域。这可以采取不同形式：内部研发人形机器人能力、将先进的AI模型与机器人平台相结合，或寻求与工业机器人公司的合作，将AI能力与成熟的硬件工程和部署专长相整合。

类人机器人竞赛中的欧洲与中东

欧洲在仿人机器人领域尚未落后——但需要加速。该地区拥有强大的机器人与自动化企业基础，仍是重要的产业核心。尽管一些仿人机器人公司已出现并吸引到资金，但投资落后于美国和中国。随着产业迈向大规模部署，强化这一生态系统将至关重要。

仿人机器人或可重塑全球制造业布局。据估计，先进仿人机器人的运营成本每小时约为2美元，即便是劳动密集型生产，在高成本地区也能变得可行。这将使欧洲制造商能够将生产布局更靠近终端市场，同时保持成本竞争力。

欧洲必须发展强大的本土人形机器人生态系统，而不是依赖北美或中国的进口。如果没有本地价值链，巨大的经济价值将流向区域外部——正如人工智能生态系统中部分领域已经发生的那样。

随着生产日益自动化，价值创造将从劳动力转向技术所有权和产业平台。拥有人形机器人开发者、零部件供应商和系统集成商的地区将获得更大的经济效益。如果没有本土价值创造，经济价值和国税收入将日益流向国外。

欧洲拥有强大的基础：拥有特别稳固的汽车和工业供应商基础，加上完善的自动化生态系统。连同本土的人形机器人原始设备制造商，这些公司可以形成强大的合作伙伴关系，并重振当前面临压力的工业领域。

中东地区正通过雄心勃勃的国家战略，确立其在人工智能和先进机器人领域的全球领导者地位。沙特阿拉伯的“2030愿景”和阿拉伯联合酋长国的“工业4.0战略”都将机器人和人工智能置于经济多元化的优先地位。沙特阿拉伯和迪拜的项目充当着活生生的实验室，将人形机器人融入城市基础设施、物流和公共服务中，作为现实世界部署的大型试验平台。

主权财富基金和政府支持的加速器带来了大量投资，为本地研发提供资金支持，扶持初创企业，并吸引全球科技领袖在此设立区域中心。其目标是构建一个快速成熟的生态系统，其中人工智能计划将奠定创新和软件人才的基础。人形和移动机器人在机场、商场和城市发展中已开始试点用于监控和客户服务。

高校正扩大人工智能和机器人项目，而孵化器则培育初创企业。竞赛、黑客马拉松和科研资助正在激发青年的创新活力。本地化供应链和弥合人才差距仍面临挑战，因为先进组件需要进口，而经验丰富的工程师却稀缺。

随着技术的成熟，中东地区不仅能满足国内需求，还能将机器人解决方案出口到非洲和南亚，将自己定位为具有重塑劳动力市场潜力、设定新自动化标准的战略参与者。

结论

本研究伊始，我们便探讨了人形机器人何时能够实现规模化。现有证据表明，从实验阶段向工业应用的过渡业已开始，价值链上的各公司应立即行动以巩固自身地位。人工智能与机器人硬件的进步意味着，机器将很快能够完成人类目前所从事的大部分工作，恰逢劳动力短缺和人口结构变化正增加对新形式自动化的需求。因此，技术能力与经济必要性正开始趋于一致。人形机器人的应用将首先从目标明确的工业用例开始，随着软件能力的提升（及成本的下降），其应用将逐步扩大。谁将赢得领导权之争？这取决于各公司构建实际部署的速度，以及将其转化为数据、学习和产业规模的能力。人形机器人技术不会一夜之间改变产业格局。但显然，融合的时机已经成熟。

鸣谢

作者

托马斯·基尔施泰因
Partner, Europe
thomas.kirschstein@rolandberger.com

约纳斯·津纳
校长, 欧洲
jonas.zinn@rolandberger.com

帅石
Partner, Asia
shuai.shi@rolandberger.com

雨果·卡雷拉
Principal, Middle East
hugo.carreira@rolandberger.com

宋杰
Project Manager, Europe
jerry.song@rolandberger.com

查理·波普
Principal, Americas
charlie.pope@rolandberger.com

贝恩哈德·兰格费尔德
Senior Partner, Europe
bernhard.langefeld@rolandberger.com

斯文·西佩恩
Senior Partner, Europe
sven.siepen@rolandberger.com

拉尔夫·迈尔
Partner, Europe
ralph.mair@rolandberger.com

进一步阅读



仿人机器人：从科幻走向现实 如何参与这场潜在的革命



人工智能：少些炒作，多些成果



先进科技 与罗兰贝格共塑未来



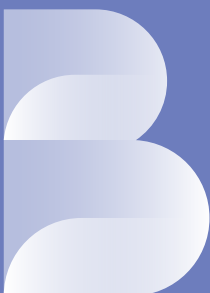
本出版物旨在提供一般性指导。读者在未获得具体的专业建议前，不应根据本出版物中的任何信息采取行动。罗兰贝格股份有限公司对因使用本出版物中包含的信息而造成的任何损害概不负责。

© 2026 罗兰贝格管理咨询公司。版权所有，侵权必究。

04.2026

ROLANDBERGER.COM

罗兰·贝格是全球顶尖的战略咨询公司之一，为所有相关行业和业务职能提供广泛的服务组合。罗兰·贝格成立于1967年，总部位于慕尼黑。该公司以其在转型、各行业创新和绩效提升方面的专业知识而闻名，并将将可持续性融入其所有项目作为其目标。2024年，罗兰·贝格的营收约为10亿欧元。



出版社

罗兰贝格管理咨询公司 GmbH
H
Sederanger 1
80538 慕尼黑, 德国
+49 89 9230-0