



人形机器人日益增多。

从科幻到现实：如何参与这场潜在的革命

管理摘要

类人机器人——在外观和能力上与人类相似的机器人——长期以来都吸引着我们的想象力。然而，人工智能和硬件技术的最新进展似乎将科幻小说中的飞跃变成了触手可及的现实，为各个行业乃至整个社会带来了新的可能性和挑战。

除了其“类人”的外观和感觉，与成熟的工业机器人相比，关键的区别在于它们能够执行类似于人类的工作任务，并且像人类一样，能够在工作中接受培训。在这篇论文中，罗兰·贝格探讨了类人机器人市场的关键驱动因素，讨论了未来几年可能出现的两种不同情景，并阐述了未来面临的挑战。在分析竞争格局的发展之后，它最后概述了不同策略，供那些热衷于参与这个激动人心的市场的参与者参考。

这一人口趋势将在劳动力供应与需求之间造成显著的差距，尤其是在仍然高度依赖体力劳动的行业，如制造业、医疗保健和建筑行业。类人机器人有可能通过提供灵活、可靠且高效的劳动力，能够在各种环境和情况下操作，来填补这一差距。它们还可以通过处理重复性、危险或体力要求高的任务来补充人类工人的工作，从而让人类可以专注于更具创造力、复杂性或社交性的活动。通过这种方式，类人机器人可以提升生产率、质量和安全，同时降低劳动力成本和公司对外国工人的依赖。

鉴于这一趋势，机器人领域的参与者因市场强大的拉动效应而受益，这激励他们开发和部署机器人来应对可能出现的严重全球劳动力危机。

劳动力发展比率：

100% ← 10% 0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100% →

全球劳动力发展

编号：[]

地区	2024 劳动力发展比率 (%)	2050 劳动力发展比率 (%)
美国	+4%	-
墨西哥	+8%	-
巴西	-3%	-
欧盟	-10%	-
中国	-22%	-
印度	+16%	-
日本	-27%	-
全球平均	4.5%	5.0%

印度 已成为
我国是人口最多的国家，
超越中国 with
内容：affordable 最大工作年龄段
人口


驱动因素#2：技术推动

人工智能、软件和硬件的进步正在不断改善类人机器人。

各种研究机构和公司通过他们的创新正在推动人工智能（AI）和硬件技术的边界。作为上述市场拉动效应的补充，这种“技术推动”是机器人发展和应用的关键驱动力。

这些机器人依赖于先进的硬件组件，如骨架、执行器、传感器和电池，以实现类似人类的运动学和动力学，在所有地形上执行一致的移动，使用与人类相同的工具，并以高容量运行。它们还依赖于半导体和先进的软件模型——例如人工智能训练、软件模型间的协作以及边缘计算——以提供低延迟和高带宽，同时使类人机器人能够适应不可预测的情况，识别声音和面孔，解读手势，猜测用户的意图，并迅速提供答案和响应。在这些领域的技术进步近年来显著——特别是随着生成式人工智能和大型语言模型的兴起，这使类人机器人能够更自然、更智能地与人类及其环境互动。

机器人技术演进

时间线	1980年代	2010年代	20世纪+
静止机器人	工业机器人 执行 预定义的 任务 无人交互	协作机器人 (Cobots) 笼子以实现安全 协作 工人 之间 并且 机器人	类人形机器人 • 联合 并且 提前 the 能力 关于静止的 机器人与移动机器人 • 利用 最新 人工智能 技术 执行所有 任务 并且他们的导航 自主地
移动机器人	自动引导车 (AGVs) 车辆引导 通过 磁带 在 地板	机器人导航系统 通过导航 先进传感器 并且 本地化 软件 自主地	 重要性 人工智能

1 合作机器人 2 自动导引车 3 自主导航移动机器人

各行各业的全才？还是处处有专精的玩家？
市场发展可能走向两个方向。

持续的技术不确定性可能会有效地使类人机器人市场成为一个“全有或全无”的市场：在未来的几年里，我们要么看到快速突破带来一个庞大的市场，要么看到延迟的发展最终使市场规模相对较小。以下讨论的两个情景反映了这些不同的轨迹：

雄心勃勃的场景：

这个类人机器人市场情景基于一个假设，即它们将在2030年前实现通用适用性和广泛可靠性。如果这种情况发生，它们几乎可以部署在人类能够工作的任何环境和情境中。在这个情景下，全球类人机器人市场可能达到约5000万台机器人的产出，到2050年，随着许多地区劳动年龄人口的下降，对体力劳动的需求上升，年营收潜力可能达到1.5万亿美元。它们可以通过提高生产率、改善产出质量和与人类工人无缝协作来缓解全球劳动力短缺。它们还可能彻底改变许多行业，如制造业、医疗保健、教育和娱乐，同时创造新的价值主张和商业模式。

保守情景：

相反，如果类人机器人仅限于特定应用领域，它们只能在受控环境或危险环境中执行特定任务。在这种情况下，全球类人机器人市场将趋于平稳，大约在两百万左右。

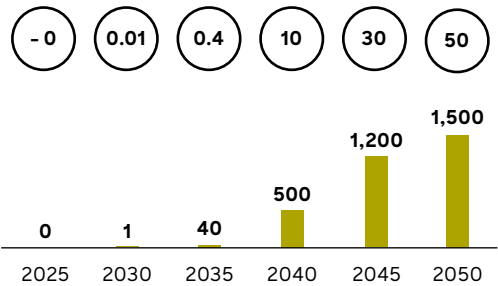
机器人和软件技术方面的突破未能实现，到2050年，机器人产业仅能产生约2000亿美元的年收入。因此，类人机器人生产商将继续面临沉重的开发挑战。

成本、技术复杂性以及监管不确定性。由于有限的互操作性和缺乏用户友好性，它们主要将用于研究、探索、搜救行动或专门的制造工作。

潜在全球市场发展¹
[#m; 美元十亿，2025-2040]

雄心勃勃的场景
快速推广
普遍可用的
类人机器人

[无内容]
[美元亿]

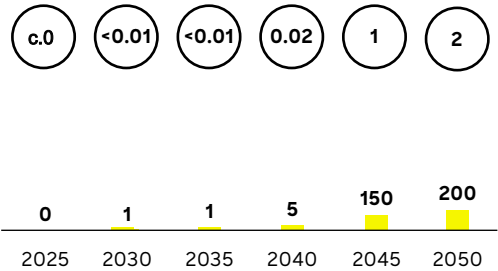


类人形机器人
可能即将出售
公众在少数
多年的时间

首席执行官，美国汽车原始设备制造商

保守的
情景
延迟
发展
集中于
专业化的
人形
机器人

[无内容]
[美元亿]



还有很长的路要走
从我们现在所在的位置出发
今天

首席执行官，美国机器人初创公司

1. 预测中未包含军事应用

(x) 预期每年售出的机器人数量 [m]

人工智能在脚下？ 当前局限性和关键技术挑战（1/2）



几乎是众所周知的事实，人形机器人市场的开发高度依赖于技术进步的速度。然而，另一个至关重要的因素是，为了使这些机器人更加能够胜任、更加多才多艺和更加用户友好，所需要的具体突破。

类人型机器人不仅仅是机器：它们是人工智能硬件实现的形式。因此，它们需要先进硬件和软件组件的无缝集成。它们还必须持续学习，并能够适应不可预测的情况。




尽管当前一代类人形机器人已经能够表演一些令人印象深刻的派对技巧，如跳舞、奔跑和跳跃，但对于工业客户而言，它们的实用性仍然非常有限。在实现可靠和可预测的运动、迅速的反应以及明确的通信方面，仍存在两个主要领域的关键挑战需要克服。

人形机器人面临的主要硬件挑战之一是能够在各种环境和情况下执行自然且可靠的移动。当前一代人形机器人依赖于大量的液压、电动、气动、肌肉状和其他执行器来模拟人类的运动学和动力学。然而，这些执行器在功率密度、能源效率、噪音水平、耐用性和安全性等方面都有自己的局限性。此外，将多个执行器组合

高级硬件组件

硬件	 骨骼	 执行器	 传感器	 电池
描述	基于钢铁的机器人“骨架”包含众多关于关节的连接件以实现各种运动	这些机器人肌肉实现所有目标行动	传感器是机器人的“情感”：高精度扭矩和力数据至关重要，对于...持续运营	机器人“食物”仅来源于这种能源来源，这使所有针对性措施进行
现状 ¹	10-83度关于自由之.....操作与27的比较人文学位手	液压与电气、线性及旋转执行器	各种相机，例如：2-8，激光雷达，声纳和显示屏用于交流目的	1-16小时混合工作；充电时间：15-120分钟
目标状态	增强的身体设计以利用充分发挥潜力每个硬件组件	更高的功率密度和较低能源消耗	精度提升/忠实，赋能机器人用于分析他们的周围更快更优准确	高功率密度并且缩短充电时间周期

市场准备情况：

 高度  中等  低

¹ 行业标准

人工智能在脚下？ 当前局限性及关键技术挑战 (2/2)

单台机器人本身就需要复杂的控制系统和大量的计算能力。因此，类人形机器人的未来开发将取决于执行器技术的改进和创新，以便实现更流畅、更稳健和更适应性的运动。

在软件方面，类人机器人需要结合人工智能和机器学习技术，以实现与人类相当的认知和沟通能力。当前一代的类人机器人可以自主执行一些任务：导航、面部识别、语音合成和手势解释是常见的例子。然而，它们在泛化、适应和交互方面仍然存在困难，通常依赖于预先编写的脚本甚至远程控制——这两者都限制了它们的灵活性和适用性。因此，类人机器人的未来发展将取决于软件模型——如生成式AI、大型语言模型、强化学习和计算机视觉——的进步和整合，这些模型能够实现更智能、更有创造性和更协作的行为。

高级软件和半导体

软件	<div> 人工智能培训</div>	<div> 合作 软件全称：ACROSS SOFTWARE 模型</div>	<div> 边缘计算</div>
描述	人工智能构成“大脑”的部分 类人型机器人 - 持续学习和适应是卓越的关键性能	类人形机器人包括各种电子组件和高级软件模型必须无缝协作	本地计算能力通过边缘设备是必要的。启用低延迟和高带宽
现状	人工智能算法被广泛应用已使用并定制化特定用例	每个模型目前服务于其自身目的 - 与.....沟通其他系统受限于。	当前计算能力允许基本功能待执行可接受的响应时间
目标状态	通用人工智能以赋能类人形机器人适用于所有领域未进行密集训练	简化界面在所有应用电子领域系统和软件模型	机器人计算能力必须通过高带宽和低延迟 (bandwidth and low latency) 确保迅速的反应

市场准备情况：

● 高度

● 中等

● 低

1 行业标准

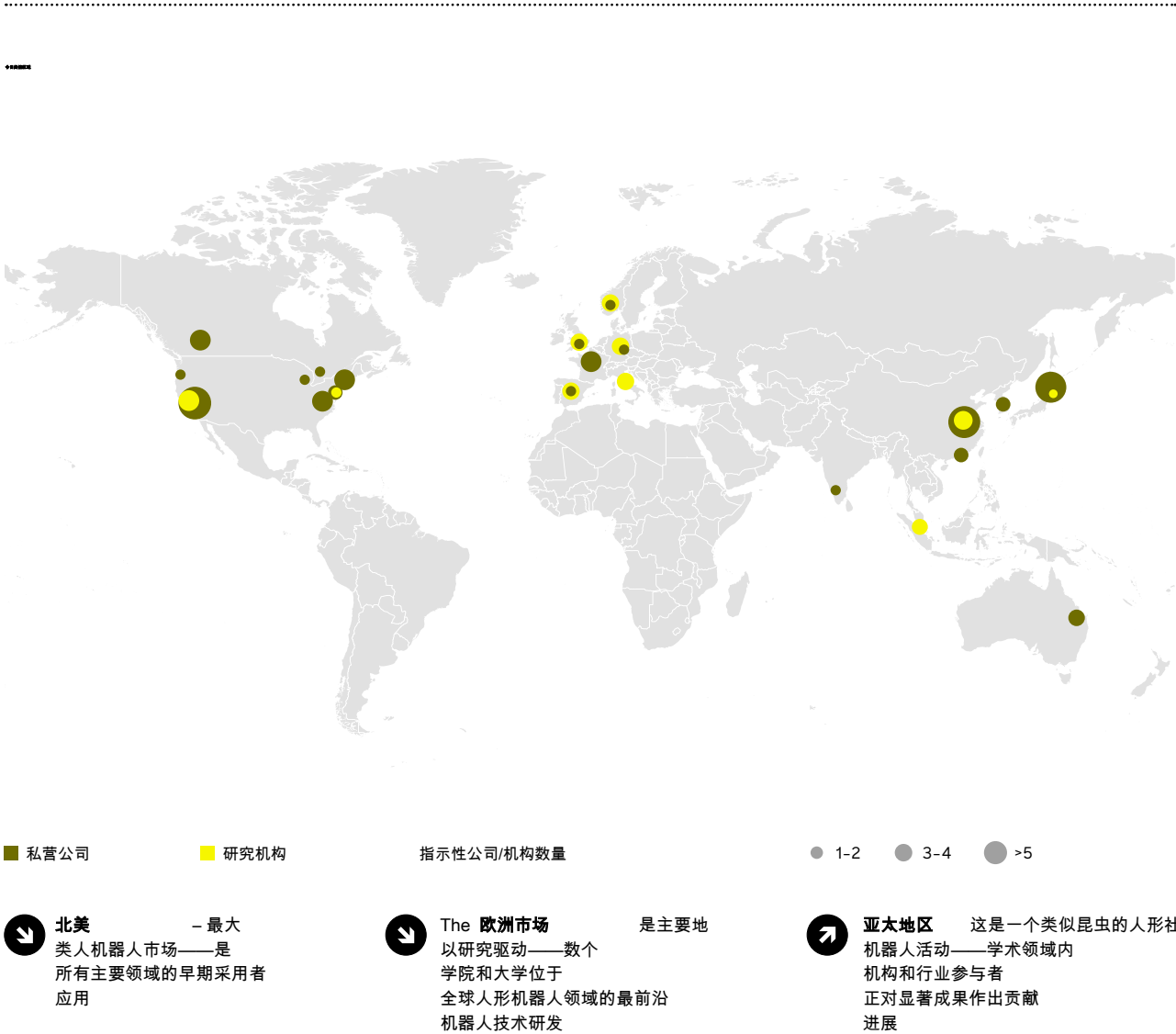
来源：桌面研究，罗兰贝格

今日及明日的竞争格局 垂直一体化行业正在兴起。

目前情况下，大多数类人型机器人公司都建立在美国，而欧洲市场则主要是由研究驱动。亚太地区也是类人型机器人活动密集的地方，学术机构和业界玩家都在其中贡献力量，尤其在中國、日本和韓國。各區的監管環境各不相同：有國家採取更為開放和支援的政策，而有的國家則施以更嚴格的限制和道德準則。這些問題關係重大：除了純技術突破的需求外，人類型機器人的未來發展將同樣取決於市場形成的社會認可、法律框架和道德準則。

全方位垂直一体化的全速前行？还是存在其他替代方案？

人形机器人领域的竞争格局反映了一种由私营公司和研究机构组成的多样化且动态的混合体。这些参与者大多数是垂直整合的初创公司，它们生产自己的硬件和软件组件，并定义自己的云计算和边缘计算基础设施。然而，随着市场的增长和技术的成熟，一种围绕更多专业化和价值链不同环节之间更紧密合作的新行业结构很可能会出现。一些工业企业可能会作为零部件供应商或合同制造商进入市场，从而利用其核心竞争力和现有能力。其他人可能寻求与人形机器人原始设备制造商建立战略合作伙伴关系，提供开发支持、资金以及/或数据及客户访问。



人形机器人正在兴起。

战略机遇

行业参与者下一步棋是什么？

类人机器人OEM企业将不得不建立新的采购网络并提高其生产能力。这将反过来为工业公司作为零部件供应商或合同生产商进入市场开辟可能性。

工业玩家，如工业机器人公司，可以利用其在硬件设计和制造方面的核心优势来支持类人机器人行业的发展。这种市场进入方式对于运动控制玩家尤为重要，因为如果技术如预期那样进步，类人机器人公司最终将接管他们的市场。相反，如果运动控制公司在早期不涉足类人机器人市场，他们可能会错失一个重大的机会。

一般来说，所有工业企业都应该审查类人机器人对其业务的影响和重要性。每家公司都必须决定如何在新兴市场中定位自己：创建我们自己的类人机器人是否有价值？我们应该与领先厂商合作以及/或收购有潜力的初创公司？或者我们更应该成为类人机器人组件的供应商或制造商？




另一方面，即使人形机器人原始设备制造商（OEMs）愿意，他们可能也无法完全独立地发展一个价值万亿美元组件产业。因此，他们同样必须考虑与运动控制和工业机器人公司建立合作伙伴关系。

双方阵营的参与者都需要深思熟虑但迅速行动：罗兰·贝格很高兴有机会与您探讨未来人形机器人市场对贵公司的可能面貌。

潜在产业结构

组件 类人形机器人	类人形机器人原始设备制造商	第三方供应商
软件 云计算	软件模型  软件是由公司内部开发的 机器人原始设备制造商本身和可以 易于扩展和部署。	 软件是成功的关键 因素与差异化，外部 支持将是有限的。
	边缘  机器人原始设备制造商将提供硬件 设计但不生产 电子学	 硬件将由提供。 更广泛的半导体和 电子行业
	云计算  领先机器人原始设备制造商可能会建立 或扩大他们自己的云——至 促进人工智能训练，例如	 大型超级计算机将提供 他们的服务特别是针对较小规模的企业 类人机器人玩家
硬件	组件供应  目前，机器人原始设备制造商（OEMs）构建 组件本身以确保 短期开发周期	 OEMs could outsource component 生产向值得信赖的合作伙伴倾斜 在扩大规模期间
	最终装配  在原型设计和规模化过程中 上升，机器人OEM厂商将控制最终 会议以确保高品质	 一旦规模化生产，合同 制造商可能支持某些 其方面

参与工业化：

 高度  中等  低

具有吸引力的市场机会
对于工业公司。但：
需要适应发展
初创企业的速度和敏捷性

我们在这里支持您！

罗兰贝格在高科技和资本货物领域拥有丰富的经验和专业知识，同时对仿生机器人市场的动态和技术趋势有深入的理解。我们可通过提供战略见解、运营支持和创新指导，帮助您在这个充满活力、快速发展的行业中顺利航行。

我们可以帮助您回答如下问题：

- 人形机器人市场对我的业务有多重要？

我们如何最大限度地利用类人机器人带来的市场潜力？

- 我们如何与领先的人形机器人玩家进行合作或伙伴关系？

如果您想了解更多关于我们关于类人机器人研究的信息，或者想要讨论我们如何帮助您应对特定的挑战和机遇，请与我们联系。

我们期待收到您的来信！

作者

托马斯·基希施泰因

合作伙伴 thomas.kirschstein@rolandberger.com

斯文·西彭

高级合伙人 sven.siepen@rolandberger.com

拉尔夫·梅尔

合作伙伴
ralph.mair@rolandberger.com

菲利普·施密特

合作伙伴 philipp.schmitt@rolandberger.com

关于我们

罗兰·贝格 罗兰贝格是世界领先的策略咨询公司之一，为所有相关行业和商业职能提供广泛的服务组合。成立于1967年，罗兰贝格总部位于慕尼黑。以其在转型、所有行业的创新以及业绩改进方面的专业知识而闻名，该顾问公司设定的目标是将可持续性嵌入其所有项目中。2023年，罗兰贝格的营收超过了10亿欧元。

我们欢迎您提出问题、评论和建议。

贡献者

克里斯托夫·布卢姆

高级顾问
christoph.blum@rolandberger.com

宋嘉辰

高级顾问
jiachen.song@rolandberger.com

出版社

罗兰贝格有限公司

赛德兰格 1 80538 慕尼黑
德国 +49 89 9230-0



本出版物仅为一般性指导之用。读者在未获得具体专业建议的情况下，不应根据本出版物中提供的信息采取任何行动。罗兰贝格有限公司不对出版物中包含的信息的任何使用产生的任何损害承担责任。

© 2024 罗兰贝格股份有限公司
版权所有。

ROLANDBERGER.COM