

人形机器人的理想与现实

文 施卢蒂·沙利尼、洛希特·库马尔

提要

凭借接近人类的敏捷性、认知能力、外观以及机械精度，人形机器人如今可以承担远超出厂车间的任务。人形机器人量产的时代已经到来，当下，企业应认真考虑如何利用此类设备，来解决劳动力短缺等挑战。

长久以来，“机器人”的概念始终在激发我们的想象力。捷克剧作家卡雷尔·恰佩克 (Karel Čapek) 于1920年创造了这个词，用来描述为平凡劳动而设计的类人机器。在随后的一个世纪里，他的愿景已逐步从科学幻想变为现实。

与20世纪50年代以来只是从事重复性任务的初代工业机器人不同，今天的人形机器人在努力模仿人类的形态和能力。它们能够应对诸多复杂挑战，从辅助制造流程到强化零售环节的客户互动，再到支持医护人员照顾病人，人形机器人的用途已极为丰富。

我们正迈入全新的机器人时代，近期的行业动态清晰呈现出这一态势。在2024年6月特斯拉 (Tesla) 年度股东大会上，埃隆·马斯克 (Elon Musk) 宣布了一项备受瞩目的计划——在2025年部署1000台Optimus人形机器人，并且规模还会进一步扩大。该目标得到了风险投资人维诺德·科斯拉 (Vinod Khosla) 等其他行业领袖的响应。这意味着，在当今世界，人形机器人正推动商业和社会取得巨大创新与进步。但为了避免出现负面效果，企业还必须审慎考量这项技术的伦理影响和潜在风险。

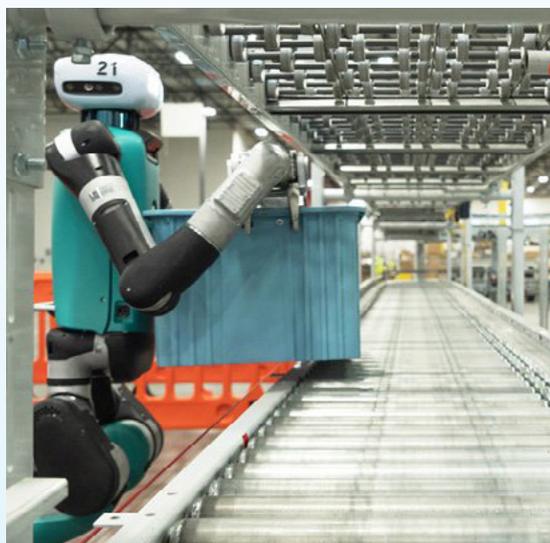
为什么人形是机器人的合理选择

一直以来，我们都在悉心构建这个世界。从住宅到城市，每一项元素都根据人的需求量身定制。在为人设计的环境中，模仿人类形态、能力，或是两者兼而有之的机器人，往往能发挥出最大效能。以人为本的设计已经为人形机器人普及打下了基础，我们甚至看到一些新兴岗位，诸如机器人数据采集员、动作捕捉岗等，正在帮助机器人变得更像人。这些机器人的核心特征在于能够运用移动、操控、观察、思考和表达这五种基本能力来模仿人类行为。这些能力使人形机器人可以在人类构建的世界自主前往目的地，与对象互动，感知所处的环境，处理信息并有效交流。

人形机器人种类繁多，一些注重外表，另一些则更关注认知能力的构建。以下两个典型实例说明了这一领域的多样化和快速发展。

美国Agility Robotics公司开发的人形机器人“Digit”，为物流行业和自动化运营带来了重大突破（见图一）。Digit非常灵活，拥有卓越的操控技能，并且可以在复杂环境中畅行无阻。Digit的设计更强调功能，而非近似人类的外观，这种机器人非常适合仓库作业、最后一公里配送以及在以人为中心的环境中执行各种任务。

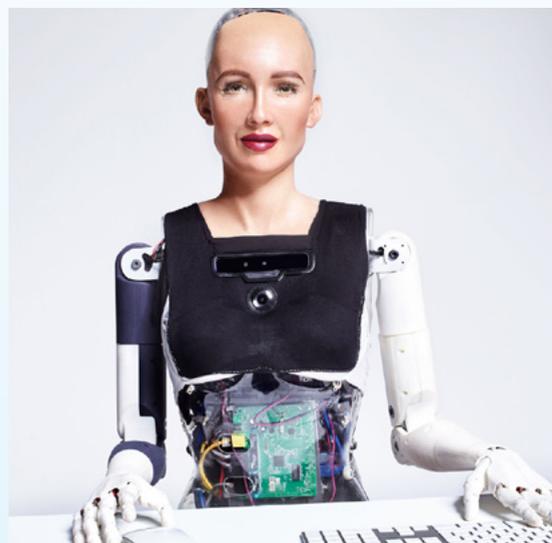
图一 物流人形机器人Digit



资料来源：Agility Robotics公司。

与之不同，香港汉森机器人技术公司（Hanson Robotics）的“索菲亚”（Sophia），则展示了人形机器人在社会交往中的潜力（见图二）。凭借高度细致的面部特征和丰富的表情动作，索菲亚在与人沟通互动时，表现得如同人类一般自然流畅。例如，索菲亚具备高级语音识别和AI驱动对话等功能，是担任客服工作的理想“人选”，并且有望在医疗保健场景中负责与患者交流。

图二 社交人形机器人索菲亚



资料来源：汉森机器人技术公司。

加速发展恰逢其时

联合国预测，到2050年，全球60岁以上人口将增加一倍，达到21亿，而80岁以上的人数将增加两倍，达到4.26亿。从医疗服务到就业，这一人口结构的巨变将对经济产生深远影响。面对诸多挑战，人形机器人可以发挥至关重要的作用，包括帮助照顾老人、承担重体力工作、促进社会包容性以及提高生产力

等，例如，它们可以帮助残障人士更好地融入职场。

研究表明，人口老龄化给医疗保健、物流和酒店等行业带来的压力尤为巨大。人形机器人能够在人类设计的空间中自如行动，操作各种现有工具，胜任多种任务，因此，它们可以极为顺畅地融入当前工作环境。与专用型工业机器人不同，人形机器人还能顺应劳动力需求的变化，迅速部署到不同岗位，满足当今动态化就业市场对灵活性的需求。

制造行业

人形机器人可以执行装配、焊接和喷漆等任务。例如，在汽车行业，人形机器人能够安装门板、连接电线，从事其他更复杂的组装工作，为企业提高效率与精度。

机器人公司Figure正在与宝马 (BMW) 合作，在汽车生产过程中部署人形机器人。另一家机器人公司Appttronik则宣布与梅赛德斯-奔驰 (Mercedes-Benz) 联手，利用机器人将零件运送至汽车生产线，并检查车辆部件。

医疗保健、个人助理与护理行业

在医疗保健领域，人形机器人可以帮助患者接受治疗，监测患者的生命体征，向医生传达患者的忧虑（医生据此将护理指导反馈给患者），并以其他方式帮助医务人员完成高质量诊疗。人形机器人还能辅助人们做家务、提供情感支持，确保人们得到妥善照料。例如，Fourier Intelligence公司正在开发人形机器人“GR-1”，同时扮演老年人的护理员、治疗助手和生活伴侣等角色。

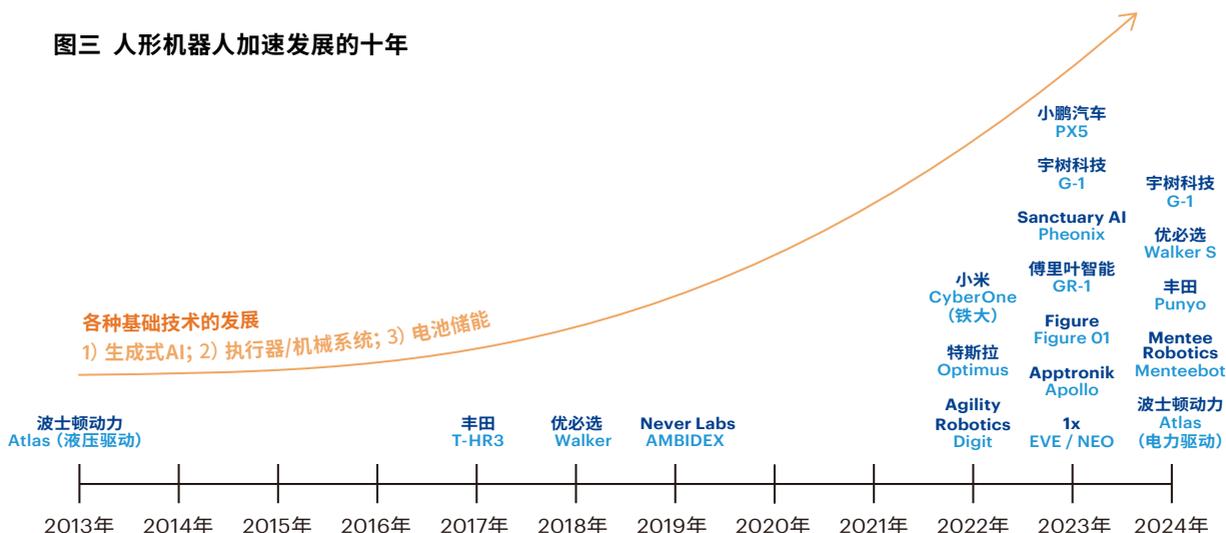
零售和客户服务行业

从事零售和客服工作的人形机器人可以高效承担库存管理、货架储存和解答客户简单问询等任务，从多个维度改变企业原本的运营模式。它们还能全天候地为顾客服务，介绍产品并促成顾客下单。

Sanctuary AI公司正在开发一款“通用”的人形机器人，他们与加拿大轮胎公司 (Canadian Tire Corporation) 合作，成功完成了首台人形机器人的部署。在这个试点项目中，机器人可以有效处理多达110项零售相关任务，包括分拣商品、清洁、粘贴标签和折叠存放等。

高阶人形机器人的开发仍处于早期阶段，但过去十年间已取得了惊人的进步（见图三）。科技领军企业和风险投资家们为人形机器人的开发与改进倾注了大量资源。事实上，自2023年以来，人形机器人初创企业的融资额已超过10亿美元；而行业预测表明，到2040年，人形机器人的出货量可达800万台。¹

图三 人形机器人加速发展的十年



资料来源：摩根士丹利研究部。

1. 《人工智能机器人能否帮助填补劳动力缺口》，摩根士丹利，2024年8月13日，<https://www.morganstanley.com/ideas/humanoid-robot-market-outlook-2024>。

多种因素在推动人形机器人行业的快速发展，其中生成式AI的快速发展最为关键，它显著增强了人形机器人的能力，使其能够应对人类工作环境中的各种复杂场景。生成式AI还帮助人形机器人有效使用精密复杂的传感器、视觉系统和执行器（将能量转化为机械运动的设备），这些功能对于人形机器人的商业化应用不可或缺。

而执行器和传感器等硬件的进步，也在支持设计师打造日益复杂的人形机器人。例如，投资银行摩根士丹利（Morgan Stanley）指出，过去十年间，电池技术的升级使其能量密度每两年就增加约20%。²

制造成本的不断降低同样在助推该行业的发展。投资银行高盛（Goldman Sachs）表示，仅在2023年一年，人形机器人的生产成本就减少了40%；低端产品目前价格约为3万美元，低于此前5万美元的标价。³ 这种下降主要得益于更低廉的零部件，并且随着本土供应链的壮大，企业不再依赖昂贵的进口部件。此外，制造技术的革新也有助于降低价格，例如，改良的3D打印功能和更高效的组装工艺。

普及之路仍障碍重重

与任何新兴技术一样，人形机器人（及其人类支持者）必须克服种种障碍，方能加速前进。

首先是成本问题。人形机器人的价格往往高于传统机器人的部署成本，对于企业来说，这无疑是一项重大的资本投入。

虽然高昂的前期成本可能会影响企业的投资决定，但企业还应权衡其他经济因素。例如，人形机器人可以让企业减少对多种机器人的需求，最大限度地

避免工作场所改造，带来更多适应性，从而能够显著降低成本。随着人形机器人的迭代改进，成本节降有望进一步提高。

其次，人形机器人的普及还面临着各种技术障碍。尽管机器人技术的发展历史已达数十年之久，但人形机器人的发展仍有待工程和材料等学科领域实现新突破。例如完善执行器的设计，创造更精确的多模态传感器，以及利用新型合成材料来平衡强度与重量——这些要素对基础动作（行走、跑步）和精细动作（手指、手部活动）都至关重要。与传统的机器人解决方案相比，这些技术难题是导致目前人形机器人系统成本高企的主要原因。

不仅如此，人形机器人的设计必须尽量缩短充电或维修导致的宕机时间，才能成为更可靠的投资选择。目前，很多产品的电池寿命通常只有几个小时，因此需要频繁充电或更换电池，这会增加运营成本、削弱生产力，对投资回报产生负面影响。

最后，AI本身也需要更多进步。若想支持人形机器人的应用落地，AI模型必须精心定制，才能有效处理与人类交互时的细节信息。不过，开发适用于人形机器人的AI系统极为复杂，这也导致成本居高不下。

从社会影响层面来看，大规模推广人形机器人也有可能带来风险，企业高管必须谨慎行事。他们必须考虑，如何消除员工对岗位被替代的担忧，如何提高员工的接纳程度，这些对于人形机器人成功融入企业都至关重要。

此外，企业还需要确保人形机器人的行为合乎伦理道德。一旦使用带有偏见的数据为人形机器人编程，就会使种族歧视和其他偏见持续存在，企业必须避免这种状况。与之类似，包容性也应作为核心特征植入人形机器人。

2. 《新的石油：全球电池经济的投资影响》，摩根士丹利，2021年11月15日，<https://advisor.morganstanley.com/eliah-najjar/documents/field/1/1a/lanigan---najjar-group/Morgan%20Stanley%20Blue%20Paper%20-%20The%20Electric%20Battery%20Economy%2011-2021.pdf>。

3. 《人形机器人：人工智能的加速器》，高盛，2024年2月26日，<https://www.goldmansachs.com/insights/goldman-sachs-research/global-automation-humanoid-robot-the-ai-accelerator>。

人形机器人 VS 传统机器人

传统机器人的可靠性和精确性已得到市场的长期验证。它们擅长完成定义明确的重复性任务，可以为多种工业应用带来出色的投资回报，并且传统机器人通常比人形机器人更便宜。尖端技术的使用抬高了人形机器人的价格，例如，灵巧手在高端产品总成本中的占比达55%（见图四）。

图四 人形机器人总成本中各部件的份额



资料来源：德意志银行；百分比为高端人形机器人的数据。

人形机器人提供了全新的价值主张。与用途单一的传统机器人不同，它们具备出色的多功能性。每一台人形机器人都拥有双手双脚，能够适应多样化的任务，从而可能取代一组专门的机器，甚至是一些人类的工作。在以人为焦点的动态化行业环境中，适应性远比专业效率更为重要，因此人形机器人的“多才多艺”能够催生变革。

合成的智慧个体

攻克相关挑战仍需较长时间。但是，已经做好准备将人形机器人融入自身运营的企业可以优先考虑以下行动，为后续成功奠定基础：

确定最具影响力的领域。找到人形机器人能够显著增强运营的环节——比如重复性任务、危险环境和客户服务职能。

培训员工进行人机协作。营造员工与机器人密切合作的环境；企业应当为雇员提供与人形机器人联手工作的全面培训，以确保机器人的能力与人类的专业知识充分融合。

制定严格的安全标准。优先考虑人形机器人的安全运作；企业应定期评估其机器人系统，消除各种故障或人机交互意外风险。

通过合作，人类和人形机器人可以共同创造非凡成就。人形机器人的时代已拉开帷幕，对于企业领导来说，这不仅是一种必然趋势，更是一次难得的机遇，这个行业的发展可以极大提高人类的潜能，开拓发展空间。企业若能高瞻远瞩，创造性地积极迎接挑战，在创新过程中始终恪守道德承诺，就能在未来取得新的成功。📌

原文于2024年12月发布于《埃森哲前瞻洞察2025》

施卢蒂·沙利尼 (Shruti Shalini)

埃森哲商业研究院创新研究高级经理

洛希特·库马尔 (Lohith Kumar)

埃森哲商业研究院研究专员

业务垂询: contactus@accenture.com