

国外人形机器人发展及军事应用分析

◆ 王桂芝

(北方科技信息研究所, 北京, 100089)

摘要

随着人工智能、自主等前沿技术的应用,人形机器人近年来得到迅猛发展。本文系统梳理了国外人形机器人技术发展情况,归纳总结了发展现状,深入分析了关键技术,研判了发展趋势,从战场优势和军用前景两个维度分析军事应用,最后提出了几点认识。

关键词: 人形机器人, 发展现状, 关键技术, 发展趋势, 军事应用

0 引言

人形机器人是模仿人类外观和功能,将人工智能、自主与机器人技术高度融合的智能化复杂系统。2022年9月,美国特斯拉公司“擎天柱”全球首发,具有高仿真、高智能、低成本优势,将于2027年底之前上市,市场售价仅2万美元^[1],这预示着低成本人形机器人即将投入实用化。人形机器人一旦规模化应用,可深刻影响未来军事行动和变革社会服务。

1 发展现状

美国、俄罗斯、日本等国持续推动人形机器人的发展,推出了多款典型产品,它们具备类人运动、双手持枪射击、操控工具与设备等的的能力,可执行简单的任务。

1.1 美俄军用人形机器人研究重点聚焦战场/灾害救援型和火力支援型

美国重视军用人形机器人研究,其陆军于2005年投资开展战地撤退与救援机器人研究,2008年研制“佩特曼”人形机器人用于防护服测试。2011年,美国国防高级研究计划局(DARPA)依据“机动性与操纵能力最大化”项目开始探索敏捷机器人的研究,研制出以运动技能著称的“阿特拉斯”人形机器人(见图1)。该机器人具有出色的行走、奔跑、跳跃、上下楼、避障、360°后空翻、三连跳等高科技能力,其奔跑速度可达9km/h。2023年,该机器人改进了手部结构,采用夹爪设计,可用于建筑工作^[2]。2015年,DARPA通过第四届机器人挑战赛将人形机器人发展推向高潮,推动了战场/灾害救援型人形机

器人的快速发展^[3]。

2017年,根据俄罗斯紧急事务部的技术任务,俄罗斯安卓技术公司和先期研究基金会研制出“菲多尔”人形机器人(见图2),该机器人拥有灵活的手指,具备双手持枪射击、自主学习、自主行动等功能,可执行火力支援任务。

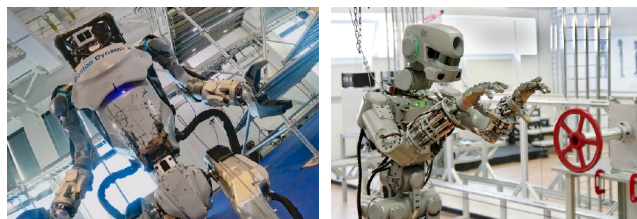


图1 美国“阿特拉斯”机器人 图2 俄罗斯“菲多尔”机器人

1.2 美日民用人形机器人研究重点聚焦高仿真社会服务型

近年来,美国、日本等国的企业和高校开展民用人形机器人研究,注重利用人工智能、自主等新兴技术提升人形机器人的自主化和智能化水平,已推出多款服务型人形机器人,适于医疗、教育、物流、仓储、工业等领域。

2020年,美国敏捷机器人公司首款“蒂吉特”人形机器人上市,该机器人具备自主感知能力,可半自主导航,其手臂可搬动重18kg的箱子,适于物流、仓储、工业等领域。2022年,美国特斯拉公司推出“擎天柱”人形机器人(见图3),可代替人类在重复、枯燥、危险的环境与工况下作业。

日本人形机器人智能化水平较高，其凭借高保真特性及先进水平一直以来备受关注，例如 HRP 系列人形机器人。HRP-5P 是其系列中最新一代的人形机器人，采用高强度材料制成，重 101kg，拥有 37 个自由度，还采用卷积神经网络控制算法，能自主行走、模拟人类动作进行组装作业^[4]。2021 年，日本丰田公司推出“巴士男孩”第四代家务机器人（见图 4），该机器人能完成擦地板、拿玻璃杯等家务劳动。

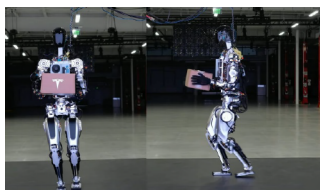


图 3 美国“擎天柱”机器人

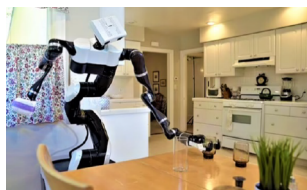


图 4 日本“巴士男孩”机器人

2 关键技术

国外近年来在人形机器人技术领域不断加大投入力度，积极开展关键技术攻关和新兴技术赋能，在关节设计、动力驱动、感知和控制等关键方向取得了大量成果。

一是多自由度关节设计方面，国外开展多自由度关节设计，已从单自由度串/并联结构发展到多自由度混联结构，正开展更多自由度的仿生结构研究。

二是动力驱动优化设计方面，目前人形机器人主要采用电池+电机+减速器驱动，少部分采用气动肌肉驱动。在有限空间内，通过优化动力驱动装置成本、尺寸、重量与功率，降本增效显著。美日等国已在低成本、高性能动力驱动装置方面取得进展。

三是传感器信息融合感知方面，国外开展多传感器信息融合设计，集成光电/红外、雷达、声、位置、力传感器，实现类人视觉、听觉、触觉功能，同时开展电子皮肤研究，提高人形机器人灵敏感知和精细操作能力。

四是智能自主控制方面，国外开展自主控制技术研究，利用人工智能推动控制向更高智能水平的全自主方向发展，注重类脑认知与类脑智能对人形机器人的赋能作用。自主控制技术已在无人系统领域取得了较大进展，如实现无人车自主越野机动、无人机自主飞行与协同控制技术演示验证。

3 发展趋势

在人工智能、自主等前沿技术加持下，人形机器人发展呈现出结构类人化、控制自主化、成本低廉化的发展趋势。

一是结构类人化。人形机器人由头部、躯干、双腿

和双臂等组成，其自由度数量是实现灵巧运动的关键，自由度越多，其仿真度越高，如“擎天柱”采用 28 个结构致动器，可提供 200 多个自由度，远超过“阿特拉斯”的 28 个自由度，仿真度较高，仅手部结构就有 11 个自由度，采用 5 指设计，可精准抓取物体。

二是控制自主化。在人工智能、自主、超级计算等新兴技术赋能下，人形机器人智能水平持续提升，“菲多尔”可双手操控机枪，可自主学习、自主行动；“擎天柱”集成特斯拉全自动驾驶系统和人工智能系统，利用其“道场”超级计算机进行学习，具备复杂场景感知能力，可自主行进、挥手和跳舞。

三是成本低廉化。目前人形机器人通常采用数十台电机与减速器以及多部高精度传感器和雷达等高成本零部件，导致其成本大幅提升，高达数十万美元，难以量产，如“蒂吉特”25 万美元。随着核心零部件降本增效，人形机器人成本将更加低廉化，如“擎天柱”的重要系统源自特斯拉汽车，可采用市场现有零部件，在 2027 年底前的市场售价可降至 2 万美元左右，大幅降低人形机器人成本。

4 军事应用

人形机器人是模仿人类外观和功能，将人工智能、自主与机器人技术高度融合的智能化复杂系统，可辅助甚至替代人类参与军事行动，其军用前景广阔，可变革未来作战样式。

4.1 战场优势独特

与传统有人装备以及轮式与履带式机器人相比，人形机器人具有独特的优势。

一是战场态势感知能力强。模拟人类视觉、听觉、触觉等，具有类人感知功能，且部分视觉功能甚至超越人类，如机器视觉在灰度分辨力和微米大小目标观测方面优于人类；可在战场上直立行动，具备更广阔的视野和更精准的感知能力，可及时、精准发现目标并快速应对。

二是战场环境适应能力强。采用双腿设计结构，具有类人行走、跳跃能力，可在复杂战场环境下协调稳定行进、跨越壕沟与低矮障碍，灵巧避障，机动性高。

三是战场协同作战能力强。人形机器人的置信度增加，可与士兵组成人机编队，在战场上协同作战、操控武器、支援保障、救助伤员，提升士兵战斗力和生存力。

4.2 军用前景广阔

人形机器人作为高智能无人装备参战，或作为“机器人士兵”代替士兵作战，将变革传统有人作战样式，

推动未来战争无人化、智能化发展。

一是实施有人-无人协同作战样式。可根据任务需求，灵活构建涵盖士兵、人形机器人、有人装备以及其他类型无人装备的自适应智能编队，实施一体化联合协同作战，实现士兵、有人装备和无人装备的能力“倍增”，有效提升无人赋能下的体系化作战能力。

二是执行多样化作战任务。人形机器人可执行地面突击、侦察监视、战场救援、班组支援等多种作战任务，如：自主驾驶有人装备与伴随无人战车协同突击作战；肩扛单兵火箭筒，进行反装甲突击作战；自主探测与识别、跟踪定位目标；在高危环境中进行化生放核爆侦察；在前沿战场环境中将伤员转送至安全区及时进行救治；操控单兵武器，为士兵提供火力支援。

三是用作士兵“诱饵”进行火力和战术欺骗。人形机器人作为高仿真类人武器，在城市作战中可作为士兵“诱饵”，吸引、消耗敌方狙击手，远程精确火力打击，提高士兵战场生存力，同时暴露敌方火力点，便于实现高效打击；进行战术欺骗，误导、打乱敌方部署决策，获得战场主动权。

5 几点认识

国外近年来持续推动人形机器人发展，其应用将会对未来战争、社会产业变革和全球竞争格局产生颠覆性影响。

5.1 人形机器人规模化应用将产生颠覆性影响


目前人形机器人技术正趋于成熟，已具备较高的自

主化和智能化水平，能够执行简单任务，开始在民用领域投入应用，主要用于迎宾、搬运、看护等社会服务。随着人形机器人技术水平提升，下一步可作为“劳动力”代替工人参与生产制造，亦可作为“机器人士兵”代替士兵参战，执行多样化协同作战任务以及火力与战术欺骗任务，这将变革未来陆战样式以及影响全球竞争格局。

5.2 通过降本增智可加速推动人形机器人应用

人形机器人快速投入应用的关键取决于成本和智能化水平这两个重要因素。一是降低关键零部件成本，人形机器人成本主要是由高功率密度电机、高精度减速器、高精度传感器、控制器等核心零部件组成，电机、减速器和控制器成本占比高达70%，随着自由度数量增加，导致电机和减速器数量大幅提升，为此降低电机和减速器成本是关键；二是利用新兴技术赋能增智，国外注重利用电子皮肤、智能芯片、自主、人工智能等新兴技术进行赋能，提升人形机器人自主化和智能化水平。

5.3 开展军事应用研究推动人形机器人实战化进程

针对人形机器人独特的作战优势，国外深入研究人形机器人战场作战、勤务支援保障应用，如美国陆军于2005年投资开展战地撤退与救援机器人研究；DARPA于2011年研制出“阿特拉斯”人形机器人。美国主要通过作战实验、机器人挑战赛等发展举措推动机器人军事应用。通过探索验证人形机器人作战样式和部队编成，将其融入现有部队，可加快生成新域新质作战能力。

参考文献

- [1] SHANKLAND S. Tesla Reveals Optimus, A Walking Humanoid Robot You Could Buy in 2027[EB/OL][2023-3-14].<https://www.cnet.com/tech/services-and-software/elon-musk-files-to-incorporate-artificial-intelligence-company/>.
- [2] AMADEO R. Boston Dynamics' Atlas Robot Grows A Set of Hands, Attempts Construction Work[EB/OL][2023-3-14]. <https://arstechnica.com/gadgets/2023/01/boston-dynamics-atlas-robot-grows-a-set-of-hands-attempts-construction-work/>.
- [3] ACKERMAN E. DARPA Robotics Challenge Trials: Tasks and Scoring[EB/OL][2023-3-14]. <https://spectrum.ieee.org/drc-tasks-and-scoring#toggle-gdpr>.
- [4] MADJOUR M. HRP-5P Humanoid Robot by AIST(Japan)[EB/OL][2023-3-14]. <https://athis-technologies.com/news/innovation/ai-big-data/2018/hrp-5p-humanoid-robot-by-aistjapan/#article>.