

军用机器人的研究和应用

邹丹, 李晓楠, 杨浩敏

中国兵器工业第二〇八研究所, 北京 102202

未来战争中军用机器人将发挥越来越重要的作用。本文介绍近年来各国在军用机器人领域的发展思路,以及推出的先进军用机器人和技术,分析国内外军事机器人的发展特点和趋势。提出中国未来军用机器人的发展应以实战应用为出发点,明确发展方向,推进专用武器的研发。

军用机器人,即无人作战平台,是无人作战系统最主要的组成部分,是一种有动力但无人驾驶、能自主控制或远距离遥控、可回收或一次性消耗、可携带致命或非致命载荷的平台。

在战场上,军用机器人可以执行战场抵近侦察监视、精确引导与毁伤评估、潜行突袭与定点清剿、作战物资输送、通信中继和电子干扰、核生化及爆炸物处理等多种作战任务,具有后勤保障依赖度低、持续作战能力强等优势,有效提高作战行动的灵活性、有效性和持续性,能代替人在高危险环境下完成各种任务,对保存有生力量、提高作战效能具有重要意义。

1 军用机器人的分类

根据不同使用区域,军用机器人可分为无人机系统(UAS)、无人地面车辆(UGV)、无人潜航器(UUV)、无人海上系统(UMS)、无人水面艇(USV)和无人值守地面传感器(UGS)^[1]。

无人地面车辆作为军用机器人的一个分支近年来受到世界各国广泛重视。20世纪80年代军事无人车出现,90年代地面无人作战系统取得了长足的发展。军用无人车的发展大致分为遥控式、半自主、自主无人车3个阶段。

按执行任务划分,无人车可分为侦察型、排爆型、后勤支援型、突击型等。

在美军“联合机器人计划”中,将无人车按质量进行了分级,如表1所示^[1]。

表1 无人车按照质量分级

Table 1 Unmanned vehicles in accordance with the quality classification

级别		质量
Micro(微型)		8磅(3.6 kg)
Miniature(微小型)		8~30磅(3.6~13.6 kg)
Small(小型)	轻型	31~400磅(14~181.4 kg)
	中型	401~2500磅(182~1134 kg)
	重型	2501~20000磅(1134~9072 kg)
Medium(中型)		20001~30000磅(9072~13608 kg)
Large(大型)		>30000磅(13608 kg)

2 国外军用机器人发展与应用

近年来,无人系统在世界各国军事领域蓬勃发展,在发达国家得到广泛应用,无人车作为其中最受关注的无人系统产品之一,世界各军事强国在推动其发展过程中做了大量努力。

2.1 军用机器人的发展

美国机器人系统联合计划办公室早在2011年发布的《无人地面系统路线图》中将自主导航技术、通信技术、动力技术、视觉技术、系统架构技术、人机接口技术、操纵技术、复杂地形机动技术和载荷技术确定为地面无人系统发展至关重要的关键技术^[2]。经多年的发展,军用机器人在通信、打击、自主等关键技术方面取得了长足进步,同时更注

重装备的可靠性和实用性。

在无人车的发展策略上,美国侧重于研发军用无人作战系统。加拿大研发的领域包括自主系统、控制系统、数据通信系统、机器人平台、人工智能和人机交互技术。德国重点发展地面无人系统的关键技术,包括感知技术、智能控制和自主式机器人平台;近年来德国开始发展便携式小型机器人。澳大利亚研发的重点领域是平台相关的技术和武器技术、人-无人协同系统、控制理论和控制系统。法国研发的重点是系统协作技术、武器技术、自主能力、夜视技术等。

随着智能控制水平的不断提高,国外更为重视半自主式无人车的研制,其



优点在于将人类的智能和机器的智能有机地结合在一起,最大限度地发挥平台的作战效能。同时,开始由单体地面无人作战平台的研究转向多平台协同作战系统的研究,也就是地面无人作战平台群的研究。今后,地面无人作战系统的发展趋势是面向复杂环境的应用需求,突破新的环境感知、自主规划与多平台协同理论和技术。

2.2 推进军用机器人战场应用

美国国防部在2013年发布了《无人系统综合路线图2013—2038》。在

这份路线图中着重强调了无人系统在战争中的应用能力。提出无人系统的发展经久不衰主要有3个方面的原因:1) 军用无人系统在战争中的迫切需要;2) 在整个国防系统投资预算持续收紧的情况下,发展无人系统具有最佳费效比;3) 多变的国家安全局势带来了一些独特的挑战,难以进入或无法进入的特殊环境需要无人系统。同时指出,虽然无人车辆已经在整个中东和中亚地区的作战行动中证明了自身的价值,但是目前技术必须得到扩展,并被纳

入国防建设的核心中。未来,无人车辆将被要求在更为复杂的环境下工作^[3]。

美国国家标准研究院(NIST)和西南研究所联合建立了机器人标准试验场(图1^[4]),专门用于进行地面无人作战系统的各项性能测试。能够进行地面无人作战系统在各种地形上的机动能力、通信及续航能力、自主能力等测试,建有各种典型的场景设施,对地面无人作战系统的实战性能进行测试。

目前许多国家已经将地面无人作战装备纳入未来武器发展计划,已有无



图1 美国机器人标准试验场

Fig. 1 Standard test ground for robot

人作战平台应用于实战。在伊拉克战争中,美军有超过8000多辆地面无人系统用于执行不同的作战任务;至2010年9月,美军地面无人系统用于超过125000多次作战任务,包括可疑物体识别、道路清理、临时爆炸物清理等。在排雷任务中,陆军、海军和海军陆战队爆炸物处理任务分队应用地面无人系统处理了超过11000起爆炸

物^[5]。应用的无人系统开始由单一型行驶机构机动平台向特殊型、复合型行驶机构机动平台发展,功能更加多样,自主能力不断提高,复杂环境适应性不断增强。美军在研的班组任务支援系统(SMSS)(图2)已具备语音控制、自主控制、路径规划等多项自主能力,并逐渐形成系列化。该车已进入阿富汗战场进行实战测试^[6]。



图2 SMSS进入阿富汗战场

Fig. 2 SMSS int Afghan battlefield

Packbot 机器人(图3)是 DARPA 支持开发的最为成功的无人轻武器作战平台原型机之一,其战术使用价值在阿富汗和伊拉克战争中得到充分体现。Packbot 是一种便携系统,能够应对各种不利环境。它可以快速更换电池,快速拆装调节履带,调节履带具备自动调整功能。由于采用铝合金外壳,

Packbot 非常耐用,运动平台的原型机可以承受离水泥地面3 m高处的落地冲击,可以多次从二楼扔下完好无损。全世界范围内的各国军方和公共安全组织已有3500多辆 packbot 机器人投入应用,用于侦查、监控、探测、排爆等领域。

“龙行者”机器人(图4)是 QinetiQ 公司首款全模块地面机器人,可由一人带标配背包进行操作。无需特殊装置,可快速拍摄区域内的动、静事物。“龙行者”可用于执行多项任务,可在建筑物、下水道、院落中进行侦察任务。已有大量“龙行者”机器人投入应用,例如在阿富汗战场执行侦察、排爆任务。

MAARS 机器人(图5)是“模块化先进武装机器人技术系统”的简称。MAARS 是无人地面侦查车家族中最先进的一员,相对于早期的 SWORDS 系统它的平台更大更有力量,它可以携带 M240B/G 机关枪或者4个40 mm 的 M203 手榴弹发射装置。该机器人已在

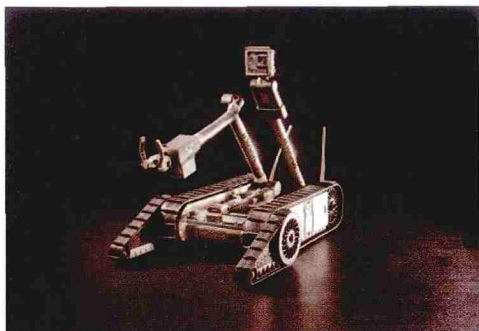


图3 PACKBOT 机器人
Fig. 3 Packbot

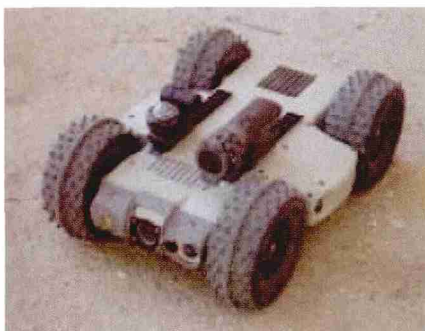


图4 “龙行者” 机器人
Fig. 4 dragon runners



图5 模块化先进武装机器人
Fig. 5 Modular advanced armed robotic system (MAARS)



图6 “守护者” 无人车
Fig. 6 Guardium

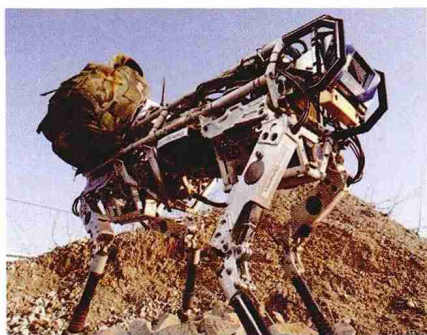


图7 “大狗” 机器人
Fig. 7 BigDog

伊拉克战场进行实战评估。

以色列“守护者”无人车(图6)随车携带摄像机、夜视仪和感应器,同时也配有机枪等武器。它可以按照预先设定好的路线沿着隔离带巡逻,还可以独自穿越城市。该无人车于2008年

初开始在以色列国防军中服役,具有态势感知、自主机动和独立决策等能力,可以执行侦察巡逻、火力打击、战斗支援支援等作战任务。

“大狗”机器人(图7)的四条腿完全模仿动物的四肢设计,内部安装有特制的减震装置。“大狗”机器人的内部安装有一台计算机,可根据环境的变化调整行进姿态。“大狗”可以自行沿着预先设定的简单路线行进,也可以进行远程控制,被称为“当前世界上最先进适应崎岖地形的机器人”。

通过各国列装和研发情况可以看出:遥控型无人作战装备技术已基本成熟,并有较大规模的列装;半自主型无人作战装备大多处于研发阶段,已有多款样机,少量装备了部队;完全自主的无人作战装备仍以突破关键技术为主。

3 国内军用机器人的发展

基于中国目前的人口和社会结构形态,对无人系统的需求和美国等国家相比较还不是非常迫切。但从长远来看,人类现在能胜任大部分的工作,未来未必能胜任所有的工作,尤其是有危险的军事领域。

经过多年计划的实施,中国在军用机器人技术方面已取得了突破进展,缩短了同发达国家之间的差距。在中国人民解放军总装备部、国家国防科技工业局以及国家“863计划”的支持下,国内一些高校和研究所从20世纪80年代开展了移动机器人、智能车辆等轻型无人系统的研究。国内研制相对成熟的机器人产品,主要用于工业、消防和排爆领域。国内技术水平较高的科研院所将开发重点放在无人平台自主控制方面,在此领域的研究主要处于对现有车辆改装测试阶段,还没有形成成熟的产品应用。

目前,遥控型无人平台技术已基本成熟,研制出了许多样机,少量投入使用;半自主型无人平台以关键技术开发与验证为目标,有少量样机,尚无装备;自主型无人平台方面,只开展了一些关键技术研究,尚无研制出的样机。

在“十一五”期间,进行了“轻武器智能作战平台技术”项目的研究,实现了轻武器智能作战平台(图8)的遥控操作、打击等功能,有一定的地形穿越能力,但速度较慢。

反恐机器人(图9)曾投入上海2010世博会执行安保任务。该机器人

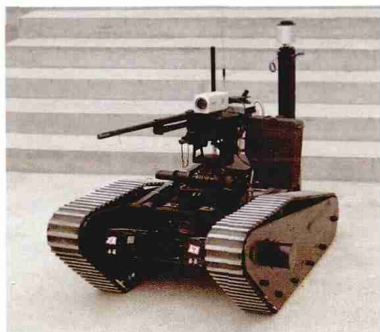


图8 轻武器智能作战平台

Fig. 8 Intelligent combat robot
with small arms

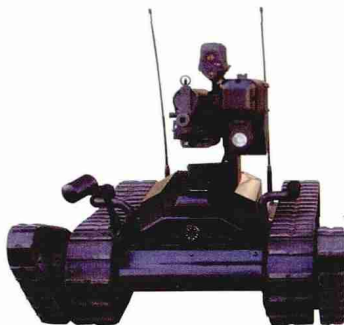


图9 反恐机器人

Fig. 9 Anti-terror combat robot



图10 某单兵地面机器人

Fig. 10 Combat Unmanned
Ground vehicle

具有一定的地形适应能力,能够翻越一定高度的障碍、爬楼梯等。

在“十二五”期间开展的无人作战平台项目研究。在平台可靠性、自主性、环境适应性等方面较之前的研究已有很大突破,逐渐形成微型、小型、轻型系列化无人平台,在功能上更加能够满足未来战场的需求。

2015年10月,某型单兵地面机器人(图10)正式亮相边防一线,开展的牵引性作战试验,标志着中国军队地面无人作战系统正式由实验室走向实用化。此款机器人在远程操控、硬件集成等方面都有了新的突破,智能化程度更高。

4 国内外差距分析

国外地面无人作战平台经过多年的发展已形成了装备体系结构和部队编配方案,并逐步向系列化、通用化、自主化方向发展,同时更注重装备的可靠性和实用性,并实现型谱发展。国内地面无人作战平台近些年也得到了一定的发展,但由于缺乏统一的规划部署和配套建设,目前还处于无序发展状态,技术分散缺乏交流,距离标准化系列化还有一定的距离。主要体现在:

1) 自主性能差距较大。美国、加拿大、德国、法国等国在自主控制技术方面的优势比较明显,它们对地面无人作战平台自主运动控制技术、目标探测与识别技术、人机协同与智能控制技术等进行了深入研究。如美国正在进行

研制和测试的Crusher(破碎机)无人车,其研究目标是完全自主运动与高智能化控制。中国部分地面无人作战平台应用了自主避障、路径规划等自主技术,但总的来说自主程度不高,多数为遥控式或半自主式产品,目前,自主控制技术的研究大部分尚处在理论研究与前期试验阶段。

2) 平台硬件、结构与机动性方面设计缺乏创新。国外许多国家研究设计了一系列不同型号、具有不同机动性能的地面无人作战平台,按运动方式主要分为履带式、轮式、腿式、复合式等,在核心部件、结构设计和机动性能方面具有很大优势,其中有许多产品已经过实战检验或装备部队。中国也分别研制了不同型号的军用无人车,但整体处于模仿、学习阶段,且机动性能较差,真正符合实际战场环境要求的产品很少。由于核心部件过多依赖进口,国产化程度较低,从而导致国内平台硬件技术受制于人,成本过高,限制了推广应用。

3) 系统可靠性亟待提高。国外军事发达国家多制定了一系列军用机器人平台设计、生产、检验标准,并且经过不断地测试与实战化检验,其产品系统可靠性较中国优势很大。国内的地面军用机器人在试验、应用过程中,暴露出机构可靠性、电气可靠性、软件可靠性、抗干扰能力、环境适应能力等方面的很多不足,距离更加严苛的实战环境应用还有很大差距。

5 思考及建议

目前,无人车已大量投入使用,装备型号有十几种,涉及大、中、小型,多数无人车用于执行排爆和侦察任务,少数用于执行攻击和后勤保障任务。从无人车发展来看,早期主要执行排爆任务,近年来任务领域得到不断扩展,拓展至侦察、武装攻击和后勤保障等,还呈现出向多功能方向发展的趋势^[7]。

面对国外越来越多的无人作战系统在实战中的应用,国内对无人作战平台在未来的应用中的定位尚不明确,导致研制方向不清晰,目前只是从研制方的想象中估计未来的可能性,笼统指出能够代替单兵完成一些侦察、搜索、打击任务,具体的协同应用还需要开展大量的试验论证。

技术方面,现有无人作战系统武器载荷均借用现有制式武器,无论从武器的装卡还是射击动作完成方式等方面都不达适用于无人作战系统,这种借用模式很大程度上影响了无人作战系统的总体集成度和使用安全性,专用武器的研发应逐渐提上日程。

伴随着地面武器系统信息化、智能化、杀伤威力的提高,战场环境愈加险恶,无人系统的应用需求将愈加迫切,而随着技术进步的推动,以各类无人作战系统为主搭建一套可补充或代替现有作战体系的无人作战体系将是未来发展的必然趋势之一。

参考文献(References)

- [1] Messina A, Jacoff A, Scholtz J, et al. Statement of requirements for urban search and rescue robot performance standard[R]. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2005.
- [2] Young J J. Unmanned ground systems roadmap[R]. Washington: Robotic Systems Joint Project Office, 2012.
- [3] Winnefeld J A. Unmanned systems integrated roadmap FY2013–2038[R]. Washington: Department of Defense, 2013.
- [4] Coursey B. Standard test methods for response robot[R]. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2011.
- [5] Winnefeld J A. Unmanned systems integrated roadmap FY2013–2038[R]. Washington: Department of Defense, 2013.
- [6] 贾进峰. 全球陆战机器人[M]. 北京: 解放军出版社, 2013.
- [7] 闫巍. 2030年的武器装备[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.

Research and application of military robots

ZOU Dan, LI Xiaonan, YANG Haomin

No.208 Research Institute of China Ordnance Industries, Beijing 102202, China

Abstract Military robots will play an increasingly important role in future warfare. In this paper, we introduce the development strategy and technologies of military robots, analyze the development characteristics and trends, and bring forward some suggestions for the development of future unmanned ground combat systems in China, indicating the importance of their applications and promoting special weapon researches.

Keywords military robots; application; autonomy; flexibility; reliability

作者简介: 邹丹, 高级工程师, 研究方向为机器人技术, 电子信箱: 13910279390@163.com

(责任编辑 刘志远)



新华社 王立群/摄