

美军无人系统蜂群技术发展现状与趋势分析

许 彪 张 宇 王 超

摘 要 介绍了美军发展无人系统蜂群技术的背景,结合具体项目,阐述了美军无人系统蜂群技术的现状。在此基础上,简要地分析了美军无人系统蜂群技术的发展趋势。

关键词 美军 无人系统 蜂群技术

引 言

2014 年 10 月 15 日,美智库新美国安全中心发布了《战场机器人 II: 即将到来的蜂群》报告,首次系统提出无人系统蜂群战术。蜂群战术顾名思义,就像自然界中的蜜蜂一样,一旦遭到攻击,即倾巢出动,发挥数量多、体积小、机动灵活、协同一致的优势成群结队地攻击同一目标。人类运用蜂群战术历史悠久,早在 13 世纪蒙古人远征中亚和欧洲的作战行动中,蒙古骑兵以快速的机动迅速集中力量,对欧洲的城堡逐个进行密集攻击,这种作战方式即是蜂群战术的雏形^[1]。二战中,纳粹德国海军元帅邓尼茨首创的 U 艇狼群战术更是将蜂群战术发挥到了极致。随着时间的推移,当今蜂群战术又有了新的内涵。得益于微电子技术、计算机技术、自主控制技术以及通信导航技术的发展,现代战场上出现了大量无人系统,它们运用蜂群战术,协同一致地执行作战任务。如同其它军事技术一样,在无人系统蜂群作战技术发展上,美军无疑走在了世界的前列。

1 美军发展无人系统蜂群作战技术的背景

1.1 武器系统成本上升

1984 年,洛马公司前负责人诺姆·奥古斯丁提出了诺姆·奥古斯丁定律,认为美国防开支呈线性增长,而美军用飞机的成本呈指数增长,未来美军



图 1 美军无人系统蜂群作战示意图

能够采购的飞机数量在持续减少^[2]。这一定律同样适用于美军其它的武器系统。随着特朗普当选为美国总统,美国防经费呈持续增长趋势,但面对成本呈指数上涨的武器系统,美军也不得不缩减采购数量。在这种情况下,美军希望通过研发多功能、多用途的通用武器系统,来解决数量不足的问题。结果导致武器系统更加复杂,各项标准更高,研发周期也越来越长,成本也越来越高。F-35 战机的成本不断上升就是典型的案例。美军吸取教训之后,转向发展蜂群作战技术,即简化武器系统,将其分解成多种单一任务系统,从而缩短研发周期,降低成本,然后,根据任务需求,将多种单一任务系统进行优化组合,以数量对抗质量,协同完成任务。

1.2 先进武器技术的扩散

近几场局部战争中,美军都是以军事技术优势取胜,以质量优势对抗数量优势。然而,好景不长,美军的军事技术优势正在逐步消失,潜在对手在隐身技术、精确制导技术以及通信导航技术等方面正

本文 2017-11-08 收到,许彪、张宇均系解放军电子工程学院硕士生

迎头赶上。而且,这些技术还在全世界范围内扩散,如俄制 S-300、S-400 先进防空系统以及先进的超声速反舰导弹已在全世界范围内广泛销售。面对由这些先进武器系统构建的反介入/区域拒止(A2/AD)作战环境,美军武器系统质量优势已经不是很明显,为了应对挑战,美军希望通过数量优势和成本优势取胜,提出发展蜂群作战技术,以廉价的无人系统对抗敌先进军事技术。比如,使用大量廉价的无人机组成蜂群,协同破坏敌先进防空系统,为昂贵的有人驾驶战机开辟通道。

1.3 应对非常规作战任务的需要

随着冷战的结束,美军面临的大规模对称常规战争威胁大大降低,恐怖主义已成为美军的主要威胁之一。特别是 9·11 恐怖袭击事件后,美军致力于中东地区反恐。恐怖分子藏匿在普通民众中,很难分辨,他们神出鬼没,随时都有可能制造各种恐怖袭击,威胁无处不在,致使美军伤亡惨重。美军吸取教训,为了减少人员伤亡,在反恐战场上大量使用无人系统执行作战任务。当前,美军无人系统一般是单架(辆/艘)完成侦察-打击任务,如 MQ-9 死神无人机一般是单架执行任务。随着恐怖袭击手段的升级,如自杀汽车炸弹袭击陆军营地、自杀小艇袭击海军港口,面对这样的威胁,单架(辆/艘)无人系统已经不能有效应对。特别是科尔号驱逐舰遭受恐怖袭击后,美军迫切需要蜂群无人艇来保护海军舰艇、港口及其它海上设施。

2 美军无人系统蜂群作战技术发展现状

在日益发展的军事需求的强力推动下以及雄厚的经济实力和先进的技术优势支撑下,美国无人系统蜂群作战技术现状遥遥领先于其它国家。美军无人系统主要分为无人空中系统(UAS)、无人地面系统(UGS)和无人海上系统(UMS),下面分别介绍其蜂群技术发展现状。

2.1 美军无人空中系统蜂群作战技术发展现状

美军无人空中系统主要包括无人机系统和无人飞艇系统。其中,无人机系统是最早发展蜂群作战技术、运用蜂群战术的。美国是最早研发与实战运用无人机系统的国家,其技术现状处于世界领先地位。美军认为无人机蜂群技术将会改变战争的“游

戏规则”,成为制胜关键所在。美军正大力研发无人机蜂群技术,借以抵消中俄的反介入/区域拒止(A2/AD)优势。2016 年 5 月 17 日,美空军发布《2016—2036 年小型无人机系统飞行规则》,系统地描述了无人机蜂群作战构想。当前,美军主要开展的无人机蜂群作战技术项目有小精灵(Gremlins)项目、灰山鹑(Perdix)项目、低成本无人机蜂群技术(LUCUST)项目。2015 年 9 月,DARPA 发布了小精灵项目公告,该项目拟发展一种能够从 C-130 运输机上齐射、回收并能够组网与协同的蜂群无人机执行防区外电子攻击与侦察任务。目前,该项目进展顺利,2016 年 3 月,第一阶段合同已经授出。灰山鹑无人机于 2011 年就已经研制成功。2012 年,美国国防部战略能力办公室(SCO)采纳了该型无人机,并为其配套开发了由战机进行空中投放的技术。2014 年和 2015 年,美空军 F-16 战机进行了该无人机投放试验;2016 年,美海军 F/A-18E/F 战机进行了该无人机投放试验。2015 年 4 月 16 日,美国海军研究办公室公布了 LOCUST 项目,并进行了一系列无人机集群技术验证工作。LOCUST 项目的核心是发展通过发射管将大量可进行数据共享、自主协同的无人机快速连续发射至空中的技术。

2.2 美军无人地面系统蜂群作战技术发展现状

在中东的反恐战场上,美军大量使用无人地面系统执行排除简易爆炸装置和侦察任务。随着俄罗斯等国正在加快研发和部署多种先进地面无人系统,并运用新的战术,给美军造成很大压力,美陆军认为必须加速发展无人地面系统技术,并运用蜂群战术,以达到压制敌人的目的。2017 年 3 月,美陆军训练与条令司令部发布了《美陆军机器人与自主系统战略》,描绘了美陆军机器人与自主系统未来 25 年的发展路线图。其提出的近期(2017—2020 年)目标是提高各机器人的态势感知能力,中期(2021—2030 年)目标是提高蜂群的态势感知能力,远期(2031—2040 年)目标是利用蜂群持续侦察能力增强整体态势感知能力。结合战略目标和当前情况,美陆军采取五步走的方式发展无人地面系统蜂群作战技术:维持现有无人地面系统;持续改善现有无人地面系统,提高自主能力;开发新功能,发展蜂群作战技术,进行蜂群侦察;更换过时系统;

继续提高无人系统的自主能力和发展蜂群作战技术。

2.3 美军无人海上系统蜂群作战技术发展现状

美军无人海上系统主要包括无人水面艇(USV) 与无人潜航器(UUV) 。近些年,由于国防经费的缩减,美海军舰艇采购数量不断被削减。面对大量的监测、护航及维护航行自由等任务,美海军舰艇疲于奔命,难于满足需求。美海军有人舰艇在远征部署和执行反水雷(MCM) 等任务时,仍具有一定风险性。相比之下,无人水面艇与无人潜航器成本低廉,损失可承受能力强,可大量部署;被探测概率低,不会造成人员伤亡,可执行危险任务。因此,美海军计划采购一系列无人水面艇与无人潜航器,组成蜂群,来替代有人舰艇,执行侦察、护航、自杀小艇拦截等危险性高的任务。在无人水面艇和无人潜航器的蜂群作战技术研发方面,美军始终处于领先地位。2014 年 8 月,美海军在弗吉尼亚州尤斯蒂斯堡附近詹姆士河举行的一次演习中使用了 13 艘无人水面艇进行了蜂群作战试验。当前,美国防部战略能力办公室(SCO) 和海军研究局(ONR) 正在联合开展海上集群项目,其核心是研发无人水面艇蜂群技术,验证无人水面艇执行不同任务时的态势感知和协作特性。海上集群项目于 2015 年、2016 年、2017 年分别投资 550 万、2 000 万、1 800 万美元。2015 年主要进行样艇的制造;2016 年进行单艘无人水面艇在开放水域的远程自主航行试验;2017 年将开展无人艇蜂群的单项战术任务试验,研究验证复杂联合协同任务能力。

3 美军无人系统蜂群作战技术发展趋势

近些年,美国高度重视无人系统蜂群作战技术的发展。根据美国防部《2013—2038 年无人系统发展路线图》,投入到无人系统的发展经费逐年上涨,为无人系统蜂群作战技术的发展创造了客观条件。

3.1 提高自主能力,降低人力成本

对于任何无人系统,无论是军用,还是民用,自主与认知技术都是一个重要的研究领域,更是无人系统蜂群作战技术发展的前提。将一系列有机构成的单任务无人系统组合成复杂、多任务的蜂群,如果单任务无人系统缺乏自主性,将会是致命性缺点,因为任何缺乏自主性的平台,都需要操作人员

表 1 近年美国无人系统经费 (单位: 亿美元)

类别	2011	2012	2013	2014	2015
无人空中系统 (UAS)	60.553 6	58.235 9	60.494 8	63.811 7	1 072
无人地面系统 (UGS)	2.270 9	2.598 3	2.615 7	2.491 6	596
无人海上系统 (UMS)	0.474 1	1.130 8	1.543 2	1.609 4	562
总计	63.298 6	61.965 0	64.653 6	67.912 7	69.223 1

时间	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
技术	<div> <div>机器推理</div> <div>多传感器数据融合</div> </div> <div> <div>神经和认知科学</div> <div>协同控制</div> </div> <div> <div>检验和验证</div> <div>机器学习</div> </div> <div> <div>认证设计</div> <div>智能控制</div> </div>										
能力	<div> <div>强决策力</div> <div>分散信息整合</div> </div> <div> <div>自主信息处理、利用和分发评估</div> <div>自主协作</div> </div> <div> <div>环境了解和适应</div> </div>										

图 2 美国无人系统自主与认知性发展路线图

来控制,那么由人员产生的成本将会是高昂的,无人系统蜂群作战就失去意义了。提高无人系统的自主能力,将会使人力需求和通信带宽需求降至最低,同时可以将任务区域扩大至视距以外。因此,提高无人蜂群的自主性非常迫切。美国防部《2013—2038 年无人系统发展路线图》指出了无人系统需要重点发展自主控制与认知技术。美空军在开展 X-47B 无人机项目时,就提出了自主作战概念,进行了相关技术的预研。美海军和美陆军也在大力发展无人海上系统与无人地面系统的自主控制与认知技术。美陆军还试图通过提高自主控制能力,将运输卡车改成无人车辆,以减少人力成本。

3.2 建立人-机编组,发挥协同优势

在某些任务中,无人系统不必也不能完全取代有人平台。实际操作中,有机构成的大量低成本、单任务无人系统与少量有人平台协同行动,构成“有生命的蜂群”,将更好地完成作战任务。无人系

飞航导弹 2018 年第 3 期

统可以深入敌方领土等危险地域执行任务，为有人平台打开通道。美军正在积极发展无人蜂群与有人平台间的协同作战能力。美国防部《2011—2036 年无人系统发展路线图》中第十章系统地阐述了有人—无人编队(MUMT) 作战，并描绘了其未来 25 年的发展路线。2013 年 9 月，美海军正式成立首支有人/无人直升机联合中队，计划装备 MH-60R 直升机和 MQ-8B 垂直起降战术无人机。其中，MQ-8B 执行长时间态势感知和精确火力支援任务，MH-60R 执行反潜任务^[3]。2013 年 6 月，美海军宣布开发下一代无人水面艇以及扫雷设备，也将融合有人平台。

时间	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
技术	LOI 2 OSRVT-5	LOI 3 ROVER 6	LOI 4 ROVER 7	LOI 6	LOI 5 ROVER 8	认知机器学习					
能力	VUIT-2 空对空	MUMT-3 有效载荷控制	MUMT-2 空对空	MUMT-4 空对地	它机控制 无人机	无人僚机	有人/无人 侦察打击编队	无人 侦察打击编队			
注: LOI: 互操作性等级; OSRVT: 单系统远程视频终端; FMV: 全景活动视频; ROVER: 遥控视频增强接收机; VUIT: 无人机系统互操作性编队视频; TGT: 战术图像终端											

图 3 美国无人系统人机编组发展路线图

3.3 增强互操作性，构建立体蜂群

互操作性是指无人系统在执行指定任务时的协同工作能力。现代信息化战争的战场界限越来越模糊，需要共享的信息越来越多，互操作性能使无人蜂群实现密切配合、无缝连接。当无人蜂群执行任务时出现零星损失的情况，通过互操作性，幸存的无人系统能够承担其任务角色，以保证整体任务不受影响。美国海军研究办公室开展的 LOCUST 项目中，试图通过提高无人系统的互操作性，建成包括无人潜航器、无人水面艇，以及反水雷无人机的立体无人蜂群网络。美海军陆战队也计划在未来的两栖登陆作战中，协同使用无人地面武器系统、无人水面艇以及无人机，构建陆海空多维一体的无人蜂群。当前，美军正在大力发展无人系统的互操作技术。美国防部《2011—2036 年无人系统发展路线

时间	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
技术	符合通讯标准 通用数据链和加密法 服务存储库										
能力	通用地面站 软件重利用 通用地面控制站										

图 4 美国无人系统互操作性发展路线图

图》中指出增强无人系统的互操作性的有力方法是采用开放式架构(OA) 。

4 结束语

无人系统蜂群技术是对人类战争具有革命性影响的技术之一，无人蜂群未来将作为主要力量活跃在战场上，推动战争形态和作战方式的深刻变革。当前我军正处于一个需要在装备技术上赶超世界先进水平并加紧完善现代作战体系的重要强军时期，发展无人系统蜂群技术是实现我军装备技术跨越式发展的重要举措之一。

参考文献

[1] 郑深圳, 赵伟. 冷眼看美军无人机“蜂群战术”. 中国国防报, 2016-05-20(16)

[2] 柯江宁. “蜂群”攻击——美国获取战场优势的秘密武器. 现代军事, 2015(2)

[3] 何萍. 国外海军无人机系统最新发展动向. 现代军事, 2013(2)

[4] 佚名. 未来海战无人化? 一窥美军水面“蜂群”技术系. <http://www.3023.com/1/169262806.html>

[5] 申超, 武坤琳, 宋怡然. 无人机蜂群作战发展重点动态. 飞航导弹, 2016(11)

[6] 许晓伟, 赖际舟, 吕品, 等. 多无人机协同导航技术研究现状及进展. 导航定位与授时, 2017, 4(4)

[7] U. S. Department of Defense. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013 ~ 2038

[8] U. S. Department of Defense. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011 ~ 2036