

美军无人机蜂群作战探析

燕清锋 肖宇波 杨建明

摘 要 无人机蜂群作战技术作为美国第三次抵消战略五大支撑技术之一,受到美军高度青睐,现有四家机构正在大力发展。介绍了美无人机蜂群的主要任务,包括渗透侦察、前沿消耗敌方力量、一体化察打、与有人机协同作战以及承担民事任务等。从低成本优势、数量规模优势、作战效能优势和体系作战优势四个方面,详细阐述了其作战优势。分析了美军无人机蜂群作战面临的机动能力不足、导航通信限制、指挥控制难度大、技术与战术融合困难等现实问题。

关键词 无人机 蜂群 作战

引 言

美国学者约翰·阿奎拉和大卫·朗斐德曾在其专著《蜂群战与未来冲突》中指出,蜂群战是有史以来第四种(前三种冲突形式分别是混战、集结战和机动战),也是最先进的一种冲突形式。其实,蜂群作战古已有之,最早在十三世纪蒙古人远征作战行动中就可以看到这一战术的影子。只是随着现代无人机、网络、人工智能、自主系统、大数据等前沿技术的发展与应用,赋予了无人机蜂群新的潜能;而且由于战场环境日趋复杂恶劣、各种作战成本增大等原因,促使蜂群作战重新进入了美军视野。

1 美军无人机蜂群作战发展简况

鉴于无人机蜂群作战的巨大潜力,目前美国的战略能力办公室(SCO)、国防部预先研究计划局(DARPA)、空军研究实验室(AFRL)、海军研究局

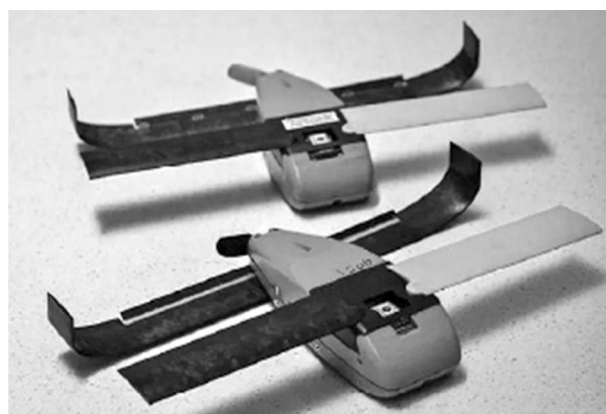


图1 由3D打印而成的山鹑无人机

(ONR) 四家单位都在开发无人机蜂群作战技术。

1.1 美战略能力办公室的山鹑无人机蜂群项目

美战略能力办公室发展的是山鹑无人机蜂群技术。山鹑无人机最早于2011年由麻省理工学院的学生研制而成,用凯芙拉合成纤维和碳纤维通过3D打印而成,如图1所示。据《华盛顿邮报》对相关试验视频分析,该机尺寸约为138 mm×67 mm,质量约为0.45 kg,主要装在一个小型金属容器中发射,由锂电池给螺旋桨供电飞行,能够在飞行过程中通过数据链实现人机通信;可依据商用标准,由3D打印部件组装而成,适合快速制造,成本低廉,一次性使用,可由战斗机搭载和发射;还可以在空中自行编组,自主协同作战,目前已完成500余次飞行测试。2015年6月在位于阿拉斯加的空军

本文2017-04-02收到,燕清锋、肖宇波均系空军指挥学院博士生

基地进行了机载投掷试验,由时速达690 km/h的F-16战斗机通过曳光弹投放器投放出了20余架山鹑小型无人机。同年6月举行的北方利刃军事演习中,F-16战斗机也投掷了72次该型无人机。目前,美国国防部没有透露山鹑无人机蜂群的用途,根据相关人士推测,其最大的用途是用来对付敌方的防空系统。

1.2 DARPA 的小精灵项目

DARPA 于2015年9月公布了小精灵项目。该项目旨在发展一种可由飞机发射、可部分回收、价格低廉的无人机蜂群系统,以降低多用途、造价高昂的空中平台在恶劣战场环境下作战的风险,并在降低作战成本基础上,进一步提高无人机的战术使用灵活性。其发展过程可分为三个阶段:第一阶段是系统和技术设计,主要是设计低成本机身,解决发射与回收、精确数字飞行控制与导航、精确战位保持等关键技术,开发未来自主操作系统。第二阶段是原型机演示验证,主要是在第一阶段的模拟试验基础上,先行开展两架小精灵无人机的自主协同能力验证,继而再用1~2架小精灵无人机带几架虚拟无人机进行自主协同飞行试验。第三阶段是在强对抗环境下验证,主要是在第二阶段试验成功的基础上,开展在逼真的强对抗环境中各种能力的验证,由1名操作员同时控制6架小精灵无人机进行试验。目前,通用原子公司为小精灵项目研发的无人机,质量约320 kg左右,可由大型空中平台或死神无人机搭载、发射,如图2所示。



图2 小精灵无人机概念图

1.3 AFRL 的无人机蜂群作战研究

AFRL 对无人机蜂群作战的研究主要分两个方向:编群战术空间计划和忠诚僚机项目。AFRL 于2007年启动编群战术空间计划,主要是研究试验无人机的协同作战相关问题,包括侦察、搜索与跟

踪、电子战、心理战、对地打击、战术牵制等,演示验证了12架无人战机的自主协同飞行、搜索和模拟打击。忠诚僚机项目于2015年中期发起,重点研究无人机与有人机之间的协同作战问题。主要是面对复杂而危险的作战环境,意图将旧的作战飞机进行无人化改装,使其与第五代战机协同编队作战,由第五代战机对无人机进行指挥控制,使其能够进入有人机因各种原因无法或不能到达的区域作战。据外媒称,AFRL 将在未来两年里改装出1架满足要求的F-16无人验证机,于2018年与F-35战机进行配对作战演示验证,并于2022财年前完成忠诚僚机项目的试验。

1.4 美海军研究局的低成本无人机蜂群技术(LOCUST)

美海军研究局在DARPA的拒止环境中协同作战(CODE)项目征求无人机集群作战技术的背景下,提出了LOCUST项目。该项目旨在从舰船、飞机等平台的管状发射器内,快速发射众多的低成本无人机,使其能够相互分享信息,协同执行作战任务,以数量优势压制敌人,可为美军提供空中监视支持,也可为美军战术车辆、飞机及其它无人飞行器提供护航。项目中所使用的低成本无人机是郊狼

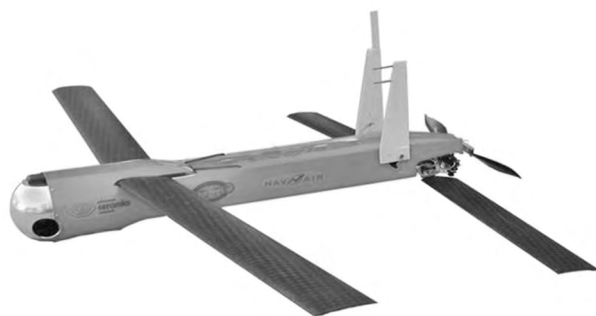


图3 郊狼无人机

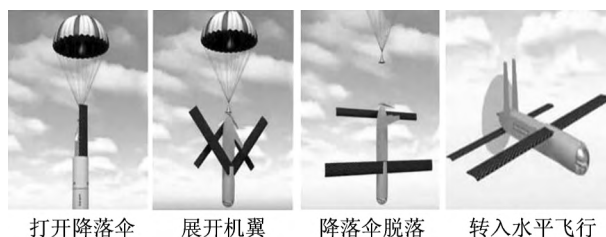


图4 郊狼无人机伞降发射示意图

小型多任务无人机,质量约 5.4 ~ 6.3 kg,有两种发射方式:可在海拔 6.096 km 以下的高度投放,自由下落过程中打开机翼,转入稳定飞行;也可折叠机翼和螺旋桨装入发射管,发射后打开降落伞、展开机翼,进入飞行模式。既可按照预先设定的路径自主飞行,也可经由视距无线电链路加以控制,如图 3~4 所示。目前,该项目已在多个地点进行了演示。2016 年 4 月,美国海军研究局与乔治亚理工大学联合完成了连续发射 30 架小型无人机以及编组飞行试验,该项目经理称,之前从未有过这种自主等级的无人机蜂群飞行试验。

2 美军无人机蜂群的主要任务

根据美军发展无人机蜂群技术的宗旨和意图来看,未来作战中无人机蜂群可以执行以下几类任务:

1) 渗透侦察

美军四大机构发展的都是微小型无人机(除忠诚僚机中改装的无人战斗机外),另据美国《国家地理》杂志报道,美军还开发了一种利用电线补充能源的无人机。这些微小型的无人机均具有很强的隐蔽性,能够轻易突破敌防空体系,可以运用携带的各种侦察探测设备,悄悄潜入对方防护严密的区域进行抵近侦察,并通过蜂群间的数据链,将情报接力传回,提供可靠的情报保障。

2) 前沿消耗敌方力量

由于敌方对空防护严密,隐身轰炸机或战斗机强行进入可能会造成重大损失,此时,可用成本极低的小型无人机充当诱饵或者干扰机,引诱敌方防空探测设备开机工作,暴露阵位,由蜂群中携带反辐射武器的无人机进行打击;或直接吸引敌方防空火力,消耗防空兵器。

3) 一体化察打

无人机蜂群可根据任务需要,在蜂群内灵活配置侦察探测、信息处理、导弹火力等模块,深入敌方纵深,对关键目标或危险目标进行实时的侦察打击,作战概念构想如图 5 所示。

4) 与有人机协同作战

运用大量低成本无人机携带各种类型的传感器和导弹,在降低作战风险和成本的前提下,对敌纵

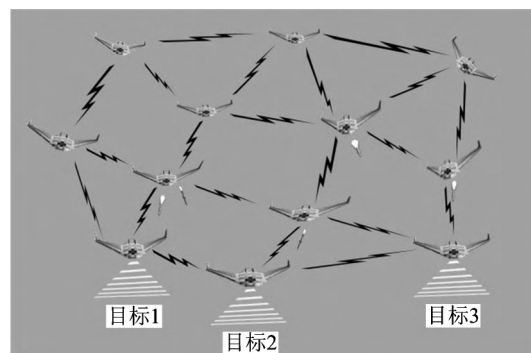


图 5 无人机蜂群一体化察打作战概念图

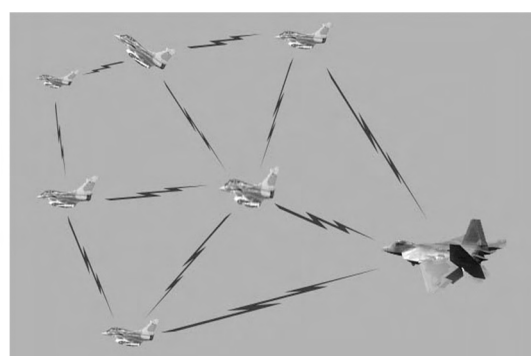


图 6 无人机蜂群与有人机协同作战概念图

深内的目标实施打击,扩大对复杂和高风险区域的打击控制范围;或者根据作战需要,与有人机组成编队作战,灵活掩护有人机安全。作战概念如图 6 所示。

5) 承担民事任务

根据民事部门需要,可以承担对危险区域的探测监视任务、海上搜索任务等。如美海军研究局的郊狼无人机蜂群已在其国家海洋和大气管理局的 P-3 飞机上装配,并对飓风进行了监视。

3 美军无人机蜂群的作战优势

正是因为无人机蜂群具有极大的作战优势,美军四大机构才极力发展这一技术。综合媒体透露的相关信息可以看出,美军无人机蜂群的作战优势主要体现在四个方面。

3.1 低成本优势

进入 21 世纪以来,美军虽不断增大军费投入,但由于采购成本提高,所采购到的武器装备却逐年

减少。美洛马公司前负责人诺姆·奥古斯丁于1984年提出了一个所谓的“奥古斯丁定律”：到2054年，美国全部的国防预算将只能购买1架战术飞机，这架飞机由空军和海军每周各享用3天半。闰年多余的天数可供海军陆战队使用。因此，美军在发展无人机蜂群技术时，最基本的要求就是尽可能降低无人机的成本。如美海军研究局的郊狼无人机单价定在10 000美元以下，甚至压缩到5 000~7 000美元；AFRL编群战术空间所使用无人机成本大约在1 000~10 000美元左右；战略能力办公室在两年里试验所使用的上百架山鹑无人机仅为2 000万美元，相比成本在30万美元的小型空射诱饵(MALD)来说，是相当便宜。

3.2 数量规模优势

现代战争中，武器装备的质量是很重要，但是数量也很重要。大量低成本无人机蜂群对敌方发起饱和式攻击，一方面，微小型无人机的雷达反射截面积小，使敌难以做到远距离发现，即使发现也会因距离过近，留给敌方的反应时间不多，更是难以对成百上千的无人机进行跟踪、锁定，使敌预警探测系统崩溃；另一方面，因为无人机数量庞大，也会急剧增加敌方需要打击的目标，使敌难以有效防御，甚至使其防空系统面临失效的危险。美海军研究院曾就无人机蜂群作战做过实验，一艘宙斯盾驱逐舰与5~10架无人机蜂群对抗，模拟的结果是每8架无人机就有2.8架能够有效突破防空拦截，如果将无人机数量扩大到20架、50架，而其拦截系统只能拦截前面7架左右，极大地提升了无人机的突防能力。

3.3 作战效能优势

无人机蜂群具有成本优势和数量规模优势，必然会带来作战效能上的优势。尤其是在使用无人机蜂群消耗敌方防空火力时，其作战效能将凸显出来。如美空军特拉维斯·伯丁上校称“若对手拥有100或1 000枚地空导弹，美空军可以用10 000架廉价的小型无人机将其消耗或摧毁。这些小无人机的成本如果在1 000~10 000美元之间，相对于成本数百万美元的地空导弹，特别是俄罗斯的C-300和C-400等先进型号时，性价比仍相当诱人。”另外，在2002年五角大楼举行的大型兵棋推演——

千禧年挑战2002中，海军陆战队中将保罗曾运用蜂群战术成功击沉7艘航母。可见，无人机蜂群在未来战争中将具有极高的作战效能优势。

3.4 体系作战优势

无人机蜂群主要是将复杂的、多功能的大型系统分解成大量低成本的系统模块，根据作战需要配置于无人机上，使其形成一个完善的作战体系，具有完整的侦控打评闭环链路，能够做到实时侦察、实时打击，很好地适应了未来快节奏、高效率的作战要求。由于无人机蜂群的冗余配置，使其具有较强的“自愈”能力，即使在作战中一些无人机被敌摧毁，但剩余的无人机仍能组成一个功能完整的作战系统，继续执行作战任务。而不会像大型、昂贵的作战平台那样脆弱，一旦被毁伤，将导致作战任务不能完成。另外，无人机蜂群能够快速感知战场态势，并根据态势进行密切的协同控制以及快速灵活的机动编组，以应对瞬息万变的复杂战场环境。

4 美军无人机蜂群作战面临的问题

尽管美军无人机蜂群作战运用了许多高新技术，解决了诸多技术难题，但是仍然存在一些困难和问题。

4.1 机动能力问题

无人机蜂群大多采用的是微小型无人机，速度较慢，续航能力也较弱，机动性能不强，变更航线需要较长时间；而且未来一旦装载上各种武器装备或其它载荷后，无人机质量增大，续航能力可能会进一步减小，速度和机动性能也会随之下降。这将会带来严重的后果，导致无人机蜂群的载体平台必须到距离敌方更近的空域或海域释放蜂群，从而面临被敌方发现或攻击的高风险，使无人机蜂群的实战意义大大降低。

4.2 导航通信问题

无人机蜂群在飞行和作战中，必须依靠后方的指挥控制信息以及天基导航信息来实现自身的定位和对目标的侦察打击。但往往这些导航信号非常微弱，并且都是通过完全开放的通信链路进行传输，容易被对方干扰或操控。另外，通信网络带宽不足早已是美军面临的一个严重问题。无人机蜂群的每一个组成单元都需要通过数据链进行相互通信，并

飞航导弹 2017年第10期

且与指挥控制中心也必须进行不间断的交互,如传输情报信息、发出/接收作战指令等都需要占用带宽。同时,冗余的探测设备产生的大量过剩信息,也会造成网络链路的拥挤堵塞。因此,导航通信将是制约无人机蜂群作战的又一个重要问题。

4.3 指挥控制问题

庞大的无人机蜂群除了接收指挥控制中心的相关指令,对无人机编队进行任务控制外,还要对蜂群内部的各个单元进行编队自适应控制,以解决蜂群飞行编队在遇到障碍物时的拆分、重构问题。这两种指挥控制是实施蜂群作战的基础,其相互关系、指令响应的优先级别、作战任务的分配协调、危险规避等难题都需要先期解决。另外,这些指令的运行解算,会使无人机蜂群的控制存在一定的延时,使其反应滞后,难以真正实时作战。

4.4 技术与战术融合问题

无人机蜂群虽然运用了许多先进的技术,但必须配以相应的战术才能发挥出蜂群的最佳作战效能。而蜂群是由众多单元模块组成,其网络系统构建复杂,作战训练难度大。因此,如何针对未来战争的特点,对无人机蜂群进行技术与战术融合,使其具备高度智能、自组织能力,将是下一步研究面临的重大难题。

5 结束语

无人机蜂群集现代先进技术而成,美军对此寄予厚望,不遗余力地进行研发,希望能利用这一颠覆性技术获取反介入/区域拒止(A2/AD)环境下的作战优势。虽然随着四大研究机构对无人机蜂群作

战技术研究的深入,在一些关键领域取得了较大的突破,但是面临的困难依然重重;同时,未来无人机蜂群作战还必须考虑复杂战场环境的影响,以及政治、军事和道义上的掣肘等不确定性因素。因此,无人机蜂群实战化运用还有较长的路要走。

参考文献

- [1] 宋晖,陈志宏. “注意,无人机蜂群来袭”. 中国国防报军事特刊, 2016-04-08
- [2] 付征南. 如何打一场无人战争?. 世界军事, 2012 (16)
- [3] 刘志良. 机器人革命引爆“蜂群”. 世界军事, 2015 (3)
- [4] 申森. 美战略能力办公室研制下一代蜂群无人机. 战略前沿技术, 2016-09-21
- [5] 刘志良. 机器人革命引爆“蜂群”战. 世界军事, 2015 (3)
- [6] 朱松,陈志宏. 美军试验新型无人机蜂群技术可用于对付敌防空系统. 电科防务研究, 2016(3)
- [7] 李大鹏. 无人机铺天盖地出动! 解析蜂群战术到底有多厉害. 中国青年报, 2016-11-03
- [8] 周军,福子. 美国海军研究局演示低成本无人机蜂群概念. 飞航导弹, 2015(5)
- [9] 陈晶. 解析美海军低成本无人机蜂群技术. 飞航导弹, 2016(1)
- [10] 袁成. 美海军研究局测试低成本无人机“蜂群”技术. 空天防务观察, 2016-06-17
- [11] 保罗·沙雷. 构建蜂群: 美国制胜战场的秘密武器. 美国国家利益网站, 2014-11-3
- [12] 王浩. 浅析美军“蜂群战术”. 现代军事, 2007(07)