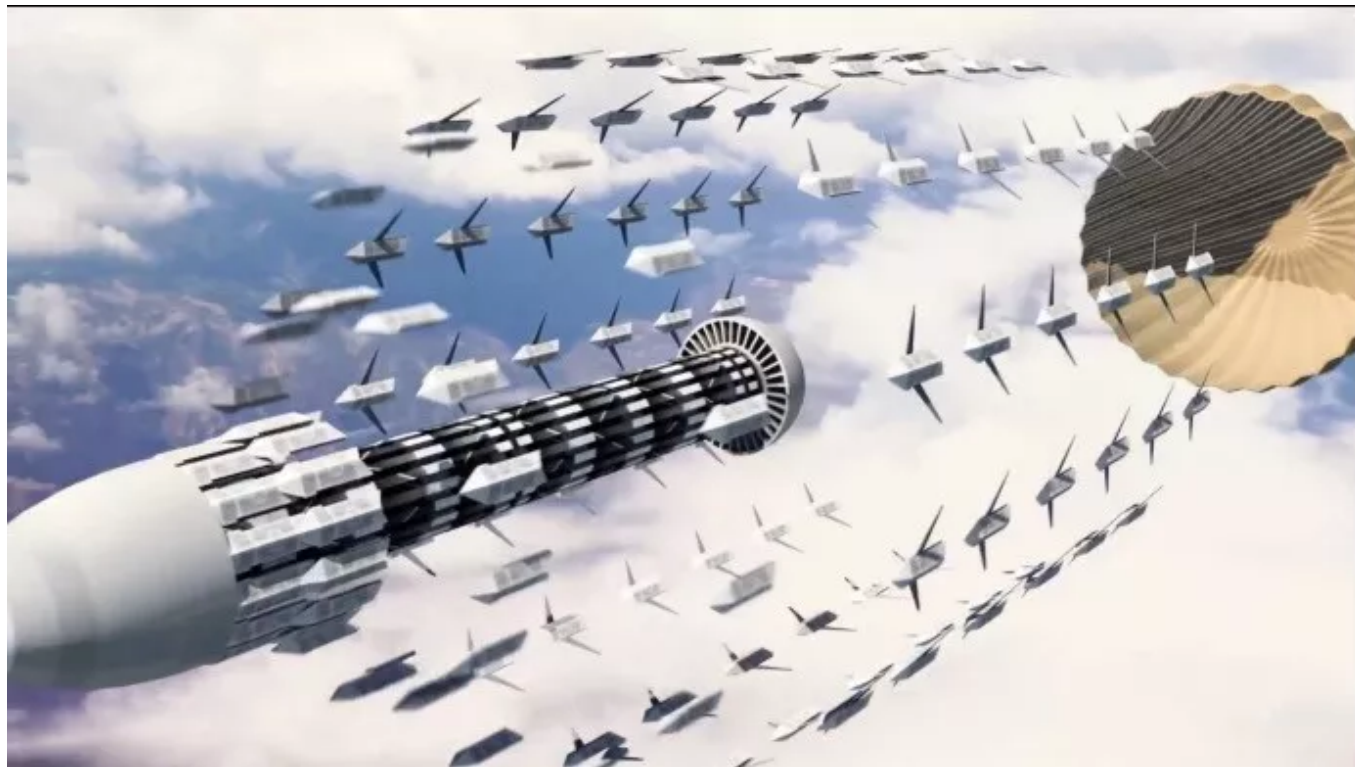


袁成 | 外军无人机蜂群技术发展态势与应用前景

原创：兰军21 空天防务观察 前天



2018年8月，美国防部发布《2017—2042财年无人系统综合路线图》，其中又将“蜂群能力”列为无人系统的15项关键技术之一。从外军发展和应用态势看，无人系统蜂群技术研究基本集中于无人机蜂群，原因是具有组群平台成本低、可大量组网、覆盖范围大、使用灵活、抗损能力强等优点。随着机动组网、编队控制、自主协同等关键技术不断突破，无人机蜂群将逐步具备对地、对海、对空情监侦甚至攻击能力，将对未来航空装备体系构成和作战样式产生重大影响。

一、概念、特点与研发现状

按美空军2016年在《小型无人机系统飞行规划2016—2036》文件中的定义和描述，无人机蜂群是指在操控人员（空中或地面）的指挥或监督下，通过自主组网遂行统一作战任务的一群小型无人机；构成蜂群的无人机可以是相同的（同构），也可以是不同的（异构）；组群方式可以是主从型的，也可以是无中心的。无人机蜂群相比F-22等传统作战飞机具有许多优势：群中无人机数量多，通过大范围分布，具备较强态势感知和压制或摧毁敌防空系统能力；抗毁能力强，部分无人机损失后，蜂群仍可完成任务；单架无人机的成本远低于传统防空导弹，可增加敌防御成本；作战灵活性强，可与多种飞机和武器协同。



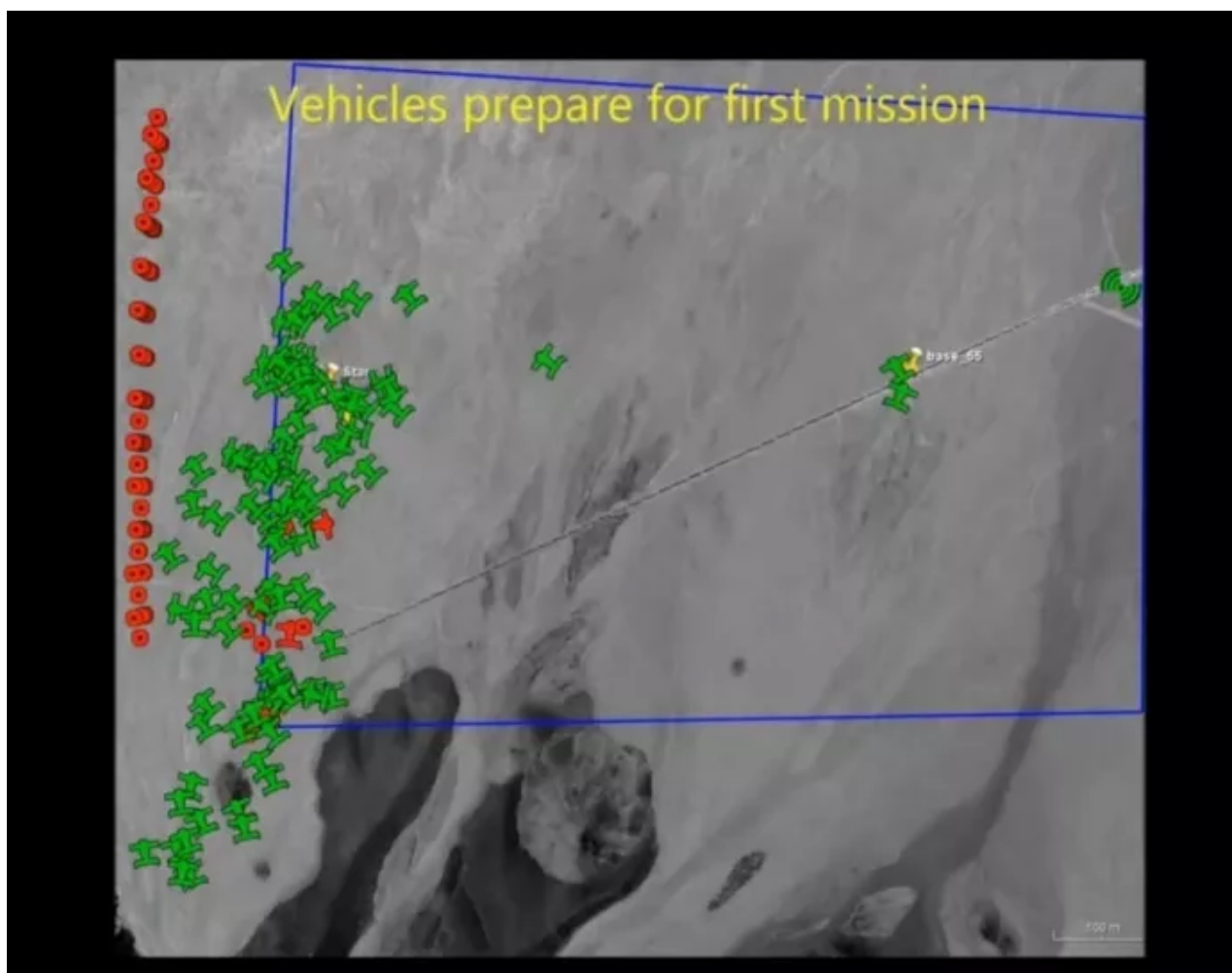
●美空军**2016**年在《小型无人机系统飞行规划**2016—2036**》文件中不仅对蜂群给出了定义，还将该概念与其提出的“忠诚僚机”概念和“编组”概念进行了对比（美空军图片）

国内外已经或计划开展飞行验证的蜂群平台，按美国防部的划分标准属于1~3等级无人机（分别对应：重0~9、9.5~25、小于600千克，飞行高度小于370、1100、5500米，空速小于185、463、463千米/时）。

国外正积极推动无人机蜂群技术发展，目前处于关键技术飞行验证阶段。国外验证的蜂群都是同构的，未来经过技术发展也可能出现异构无人机蜂群。

美军积极布局，整体领先。美军近年来提出了2025—2035年形成无人机蜂群作战能力的目标，全面开展了顶层设计和关键技术攻关，多个项目推进至飞行演示验证，如美国防部战略能力办公室2014年启动了“无人机蜂群”项目，试验平台为“灰山鹑”一次性微型无人机，其长16.5厘米、重0.3千克、续航时间大于20分钟、时速75~110千米。2016年，项目演示了103架“灰山鹑”空中快速投放和按指令组群飞行，创下国外军用无人机蜂群最大规模飞行纪录。试验中，“灰山鹑”蜂群未预先编写飞行程序，展现了集体决策、自修正和自适应编队自主协同飞行能力；海军研究办公室2015年实施了“低成本无人机技术蜂群”项目，试验平台为雷神公司“郊狼”小型无人机，其长91厘米、重5.9千克、时速110千米。2016年，项目完

成在30秒内投放30架“郊狼”的试验，验证了“郊狼”蜂群的自主编队飞行、队形变换、协同机动能力。2018年6月，美海军授予雷神公司2968万美元合同，生产“低成本无人机蜂群技术创新海军原型机”；国防高级研究计划局（DARPA）2015年推出“小精灵”项目，研究小型无人机蜂群的空中投放 / 回收等关键技术。空中投放 / 回收系统设计参考了成熟的空中加油系统，由绞车、线缆、线缆末端的对接装置、机械爪等部件组成。回收时无人机与对接装置在空中对接，之后由机械爪抓进机舱。项目将在2019年开展C-130运输机空中投放和回收多架机的试验。另外，DARPA还通过“体系集成技术试验”、“分布式作战管理”、“进攻蜂群战术”、“拒止环境协同作战”和“协奏曲”项目，发展无人机蜂群体系架构、作战管理、蜂群战术、自主协同和小型多功能传感器等多项关键技术。



●2016年10月25日，103架“灰山鹑”一次性微型无人机在演示以蜂群方式执行任务，
图为地面指挥控制站画面（美国防部图片）

欧盟、英国开展了关键技术研发。欧洲防务局于2016年11月启动“欧洲蜂群”项目，发展无人机蜂群的任务自主决策、协同导航等关键技术；英国国防部于2016年9月发起奖金达300万英镑的无人机蜂群竞赛，参赛的蜂群完成了信息中继、通信干扰、跟踪瞄准人员或车辆、区域绘图等任务。

俄、韩等国披露了作战概念。俄无线电电子技术集团在2017年透露：俄未来战斗机可采用1架机或2架机与20~30架蜂群无人机协同作战样式，执行空空作战、对地打击、空中侦察等任务。韩国陆军也在2017年透露正以朝鲜的弹道导弹阵地和核试验设施为目标，大力发展无人机蜂群技术，首先用于侦察，后续用于打击。

二、关键技术

无人机蜂群技术实用化需攻克作战管理、蜂群自主编队控制、低成本平台等多项关键技术，蜂群的规模越大、作战环境越复杂，对技术的要求也越高。综合外军近年的规划文件和技术发展来看，其关键技术可归纳为如下三大方面。

1. 蜂群与装备体系协同技术

该关键技术主要包括以下3个方面：①体系架构。根据任务合理规划和配置无人机和有人机的种类、数量、性能、功能等，需研究开放式体系架构和开放式任务系统等。②作战管理。由预警机或地面站对无人机蜂群进行监督管控，需解决统一作战场景构建、编队控制与调整等问题。③协同战术。为充分发挥无人机蜂群效能，必须结合部队需求制定出战术。需解决虚拟和真实试验台建设、人机交互等问题。

2. 蜂群内部协同技术

该关键技术主要包括以下4个方面：①蜂群组网。通过数据链实现蜂群间的互联互通是实现群内协同的基础，需要针对强电磁干扰，研究抗毁网络、低可截获技术、抗干扰、身份识别等技术。②蜂群自主编队控制。需控制蜂群的自主形成，使之保持特定几何构型。③蜂群协同态势感知与共享。为利用蜂群中的各类任务载荷搜集、分析信息数据。需研究协同目标探测、目标识别和融合估计、信息理解和共享等问题。④协同任务规划与决策。为提高任务成功率和执行效率，降低风险和成本。需研究蜂群自主规划与决策技术，其核心是自主任务分配算法。

3. 蜂群无人机平台技术

该关键技术主要包括以下3个方面：①低成本无人机。无人机蜂群概念要求其中的无人机成本低，可以是一次性或有限寿命。在满足需要的前提下，需通过低成本材料、制造工艺及发动机等降低成本。如“小精灵”项目要求无人机的单价低于70万美元。②空中快速投放回收。空中投放蜂群无人机，需在载机和无人机上设计相应机构，根据投放和回收迅速、低成本、对无人机性能影响小、可迅速再次投放等要求开展相关技术研究。③小型多功能载荷。应采用轻便、综合、开放式射频架构，使蜂群中的无人机拥有雷达、电子战、通信等多种功能。需研究射频调节与数字变换、功放和天线/机体集成、混合式射频处理等技术。

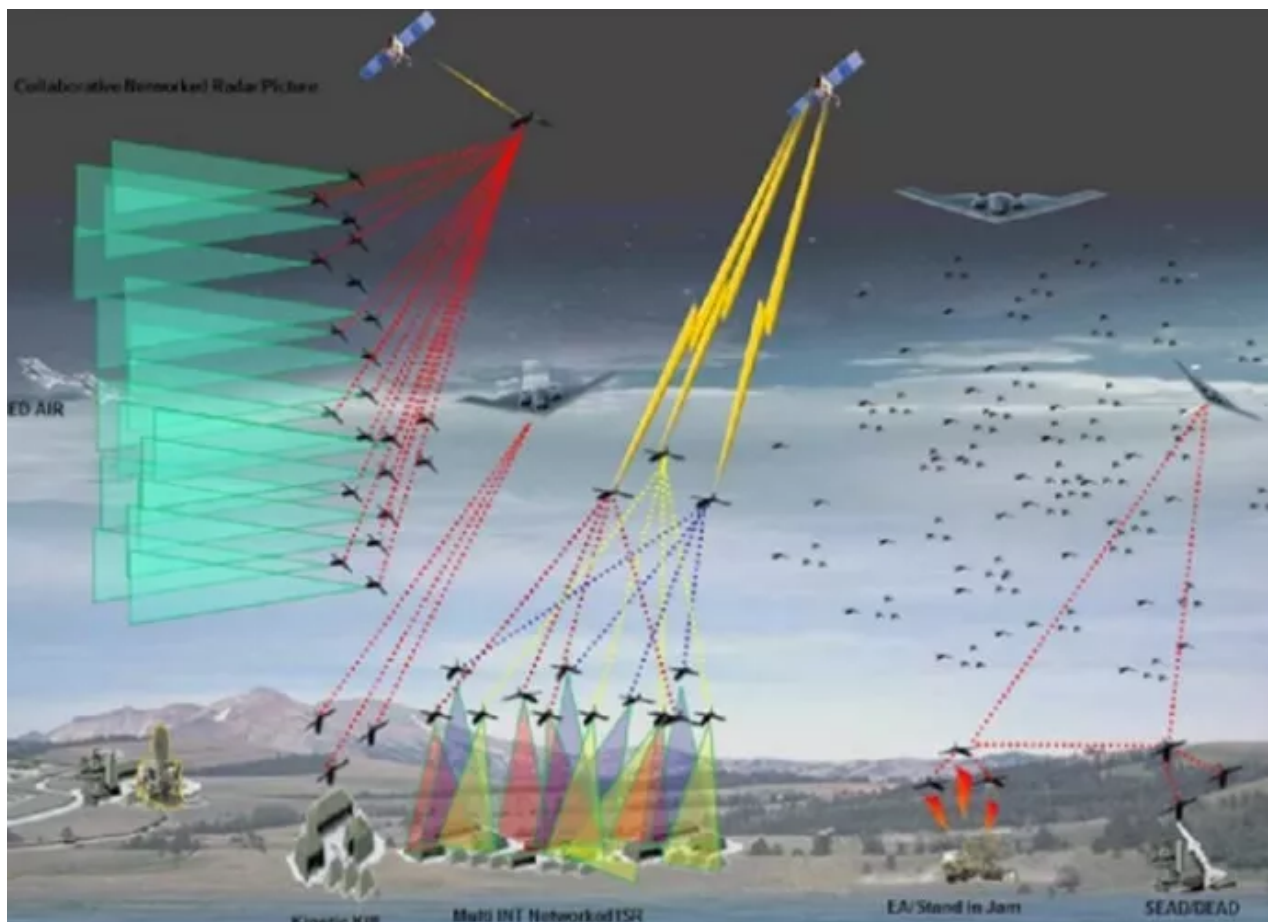


- “小精灵”无人机的空中回收采用类似空中加油对接的技术，图为一架机正准备回收（美国**Dynetics**公司图片）

三、应用前景

总体来看，目前外军无人机蜂群整体上还处在技术研发与演示验证阶段，综合国外情报资料，未来无人机蜂群将在多种作战任务中发挥重要作用。

对地对海作战主要有**6**种运用设想。①情监侦。蜂群可携带各类传感器同时执行任务，通过多源信息融合提高情监侦能力。②压制防空。饱和攻击敌防空雷达跟踪和瞄准通道，瘫痪敌防空系统。③诱饵。形成与有人机相似的信号特征，消耗敌防空导弹。④对面攻击。安装战斗部或携带弹药，多角度同时发起对地对海攻击；⑤对地电子干扰。携带电子对抗装置，干扰敌地面电子设备；⑥战毁评估。完成敌关键目标的损伤评估。对空作战主要有**2**种运用设想。①反无人机蜂群。目前外军普遍把无人机蜂群识别为反制敌无人机蜂群的有效手段。②对空电子压制。蜂群可在空中组成一面广阔的电子对抗阵列，对敌来袭军机或武器实施电子战。



- 无人机在“反介入 / 区域拒止”环境中实施蜂群作战想象图，任务包括打击、多源情报、网络化情报、电子攻击、防区内干扰、压制 / 摧毁敌防空（美空军图片）

城市战主要有3种运用设想。①发现敌人。蜂群可飞临每栋建筑，观察、发现狙击手等目标。②掩护地面部队。蜂群可携带烟雾发生器，通过烟雾掩护地面友军前进。③保护地面部队。蜂群可在友军地面部队周围形成“无人机墙”，抵御敌来袭火力。

其他运用设想包括：执行弹药、医疗物品空投补给和战场气象监测等支援任务；以大批量同时突然飞临战场，对敌造成极大震撼，形成心理战效果。



●美海军设想，一架C-130可携带和投放数千架“西卡达”（CICADA）一次性微型无人机，执行组网情报监视和电子干扰等任务（美海军研究实验室图片）

四、影响分析

一是无人机蜂群将成为未来航空装备体系中的重要装备。无人机蜂群可在对地、对空等任务中与少量高性能有人 / 无人平台组成体系作战编队，作为主战装备群执行任务。二是带动军用航空技术变革。发展无人机蜂群将带动低成本有限寿命机体、发动机及人工智能等技术发展，特别是将使算法和软件成为提升未来航空作战能力的关键技术因素。三是促进军民融合。无人机蜂群可以更多地使用模块化、小型传感器等商用成果，促进军民融合，加速技术迭代。四是影响未来空中作战样式。无人机蜂群将进一步推动空中作战从隐身单平台或小编队作战转向网络化、分布式、体系化作战。蜂群将与高性能有人机 / 无人机配合，形成更丰富、更灵活的空中作战样式。

袁成先生已为《空天防务观察》提供7篇专栏文章，如下表：

序号	篇名	发表日期
1	美国国防高级研究计划局发展创新的近距空中支援技术	2016年2月29日
2	刀尖上的新舞者——美国防高级研究计划局航空航天专项办公室分析	3月11日
3	美国防高级研究计划局2015年航空领域科技项目分析	4月27日

4	美国防高级研究计划局“小精灵”空中群射/回收无人机项目分析	10月11日
5	美国防部国防高级研究计划局重要航空项目研究进展	2017年5月19日
6	“蜻蜓眼”受控生物无人机取得重要进展	9月15日
7	美国防高级研究计划局实施颠覆性技术创新的各方利益分析	9月29日
8	外军无人机蜂群技术发展态势与应用前景（即本篇）	2018年10月15日

有兴趣的读者，可点击相关文章的“篇名”阅读原文。

（中国航空工业发展研究中心 袁成）



关注本公众号有以下三种方式：

- 1、点击本文顶部蓝色“空天防务观察”字样，点击“关注”；
- 2、在微信的“通讯录”-“公众号”中，点击右上角的“+”号，输入“AerospaceWatch”查到到本公众号之后点击，再点击“关注”；
- 3、长按下面的图片，选择“识别图中二维码”，关注本号：



您还可以关注我中心“民机战略观察”公众号，掌握和深入了解民用航空领域动向和进展！



您也可以关注我中心“航空简报”公众号，第一时间掌握航空领域各最新动向！



本篇供稿：系统工程研究所

编辑：王 晨