UNIDIR

Funded by
the European Union

研究概述

电子战与无人飞行系统创新：对军控与裁军的影响

MERSINI MARKOPOULOU • FEDERICO MANTELLASSI



执行摘要

电磁频谱已成为现代军事行动的关键支撑。随着依赖电磁频谱进行通信、导航、探测和制导的军事能力在数量和种类上的增加，争夺电磁频谱控制权的较量已成为军事行动中日益重要且日益突出的核心方面。尽管“电子战”并非新概念，但如今已成为现代冲突中一种持续存在、分布广泛且日益普及的特征。这加速了措施与反措施之间的动态博弈：旨在干扰电磁频谱的技术发展，总会被旨在克服这些干扰的技术发展制衡。本研究概述探讨了两种核心电子战技术——干扰和欺骗——如何推动无人飞行系统的设计与应用创新，并分析了这种动态作用对裁军、军备控制和国际安全的影响。

无人飞行系统特别容易受到电子战的影响，因为其指挥与控制链路以及支撑其导航、通信和目标锁定的全球导航卫星系统信号都可能遭到干扰或欺骗。其影响可能从丧失态势感知能力，到无人飞行系统被攻击者诱离预定航线不等。无人飞行系统在现代冲突中的日益普及，加之其脆弱性，使其成为电子战与武器系统之间“措施与反措施”循环演进中最为明显的领域之一。

为应对这一脆弱性，军方和工业界正在开发一系列技术，以增强无人机的韧性。这些技术包括：

- 抗干扰和抗欺骗技术，以及低探测性通信手段，或利用光纤电缆保护指挥控制链路
- 互补的非射频定位方法（例如，可控接收模式天线、多星座接收机和地形匹配），以减少对全球导航卫星系统的依赖
- 人工智能正越来越多地被用于处理传感器数据、支持自主导航和目标识别，并使系统能够在信号减弱或完全不依赖外部信号的情况下继续运行

这些创新技术往往相互融合。尽管其中部分技术仍处于测试或开发阶段，但它们已经重塑了无人飞行系统的发展方向。特别是，这些技术预示着一种新型系统的出现——该系统能够在减少、最小化或完全不依赖持续外部输入的情况下运行。

因此，电子战正成为塑造无人飞行系统乃至更广泛军事能力发展的关键力量。这一动态对国际和平与安全、裁军及军备控制具有多重影响。首先，它与当前关于致命自主武器系统的讨论直接相关，因为受电子战影响的环境，一方面给军队带来了部署更多自主系统的巨大压力，另一方面又使人类控制的问题变得更加复杂。其次，许多相关技术的两用性质增加了扩散风险，既可能导致强大的电子战能力和抗电子战反制措施向非国家行为体扩散，同时也推动了定向能武器等物理反无人飞行系统措施的进一步发展。第三，许多电子战相关技术的软件属性及其创新速度，使得能力监测与核查日益困难，因为系统可以在不改变硬件外观的情况下进行重新配置或增强。 最后，这些动态影响着现有的无人机治理工作——这些工作主要侧重于追踪系统及其组件的转让，而非可能影响其风险特征的定性发展。

随着电子战继续塑造无人机的设计、部署和作战应用，裁军与军控界将得益于更密切、更系统地关注这一动态。需要进一步关注的方面包括：

- 跟踪电子战的发展动态，以进一步了解其将如何塑造自主武器系统的作战环境，以及这将如何影响人类控制的方式
- 监测两用电子战技术及抗电子战技术的扩散情况，包括向非国家行为体的扩散，以及其对反无人飞行系统研发的连锁影响
- 探索能够兼顾电子战相关能力的软件属性及快速演变特性的监测与核查方法
- 考虑电子战驱动的无人飞行系统的定性发展应如何指导现有关于无人系统的转让、出口和使用的治理框架

封面图片：一架无人机悬停在烟雾弥漫、昏暗的环境中，周围是一片由相互连接的蓝色灯光组成的、绚丽夺目的光网。由Anca利用人工智能创作。

@unidir
/unidir
/un_disarmresearch
/unidirgeneva
/unidir

UNIDIR

Palais des Nations
1211 Geneva, Switzerland

© 2026, UNIDIR

UNIDIR.ORG