

现代电子战发展特点浅析

姬伟杰, 周伟平, 刘挺君

空军西安飞行学院, 陕西 西安

Email: jiweijie01@163.com

收稿日期: 2020年8月17日; 录用日期: 2020年8月31日; 发布日期: 2020年9月7日

摘 要

电子战是现代战争中军队战斗力的倍增器, 是信息化条件下联合作战的重要组成。随着国际形势、科技水平、军事力量的变化发展, 现代电子战正面临的新的变革。本文首先分析电子战面临的电磁频谱、作战目标、作战环境的变化情况。其次, 从多功能、灵敏参数控制、认知算法等方面分析现代电子战技术发展趋势。最后, 指出电磁频谱战、网络化、分布式、低功率、认识电子战将成为电子战的主要作战样式。对我军开展电子战研究工作具有参考意义。

关键词

电子战, 网络化, 认知电子战, 电磁频谱

A Brief Analysis of the Development Characteristics of Modern Electronic Warfare

Weijie Ji, Weiping Zhou, Tingjun Liu

Air Force Xi'an Flight Academy, Xi'an Shaanxi

Email: jiweijie01@163.com

Received: Aug. 17th, 2020; accepted: Aug. 31st, 2020; published: Sep. 7th, 2020

Abstract

Electronic warfare is a multiplier of military combat effectiveness in modern war and an important component of joint operations under the information condition. With the change and development of international situation, science and technology level and military force, modern electronic warfare is facing a new revolution. This paper firstly analyzes the changes of electromagnetic spectrum, targets and environment of electronic warfare. Secondly, the development trend

文章引用: 姬伟杰, 周伟平, 刘挺君. 现代电子战发展特点浅析[J]. 光电子, 2020, 10(3): 60-65.

DOI: 10.12677/oe.2020.103008

of modern electronic warfare technology is analyzed from the aspects of multi-function, sensitive parameter control and cognitive algorithm. Finally, it is pointed out that electromagnetic spectrum warfare, networked, distributed, low-power and cognitive electronic warfare will become the main modes of electronic warfare. It has reference significance to the research of electronic warfare.

Keywords

Electronic Warfare, Network, Cognitive Electronic Warfare, The Electromagnetic Spectrum

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

电子战萌芽于 1904 年日俄海战, 发展于第一次和第二次世界大战, 成熟于越南战争与中东战争, 并在海湾战争、利比亚等局部战争中不断完善。当前, 随着数字技术、射频技术、计算机技术、人工智能、无人机等新兴科技的不断发展, 以及阿富汗、叙利亚、乌克兰东部等地区冲突中作战方式的变化, 各种新型电子战装备陆续使用, 电子战作战理念、作战方式均呈现出新的变化[1] [2] [3]。

2. 未来战场电磁环境更加复杂多变

2.1. 电磁频谱更加拥挤

文献[4]中提出了一种具有超宽光谱(400~900 nm, 可见光)发光器件在未来军民融合微电子集成电路产业中所具备的发展趋势。军事领域, 各种武器装备使用频谱包囊括从射频、毫米波、可见光、红外、激光至紫外线等各波段。各类电磁干扰设备频段不断拓展, 各国主流电子战干扰吊舱的频率均覆盖至 0.05~18 GHz, 涵盖通信、雷达等装备主要频段并不断拓展(见图 1)。民用领域, 随着占用毫米波频段的 5G 技术不断成熟, 军事和民用频段界线逐渐模糊。电磁频谱是未来战场上重要资源, 敌我双方在指挥控制、侦察监视、精确定位、目标识别、准确导航、打击催化、效果评估等各作战环节均离不开电磁频谱的有效应用, 同时还要面对敌方电磁攻击, 做好我方电磁防护, 复杂多变的战场电磁环境对未来电子战装备、人员、作战方式提出了更高的要求。

2.2. 新型装备不断涌现

美军计划装备于 EA-18G “咆哮者” 电子战飞机的新一代电子战干扰吊舱 AN/ALQ-249 即将装备部队, 能覆盖更宽的频段、同时用对多种威胁, 实现频率、计划、波束快速切换。具备强大电子战能力的新一代战机 F-35 陆续交付多国空军, 其机载多功能有源相控阵雷达具有较强的电子战能力, 其装备的 AN/ASQ-239 电子系统使 F-35 能够识别、监视、分析、应对雷达制导防空导弹及对空搜索雷达等威胁。2020 年 3 月, 美国海军采购第 9 批 235 枚用于舰载机和电子战飞机的 AGM-88E 反辐射指导导弹, 这是 AGM-88 系列的最先型号, 拥有先进数字反辐射寻的传感器、毫米波导引头、GPS 制导、网络中心连接能力。俄罗斯也陆续装备“摩尔曼斯克-BN”、“停车场”、“希比内”电子战系统, 2020 年 3 月在加里宁格勒部署“集装箱”超视距雷达, 用于对抗美国的高超音速武器。随着各种电子战无人机、定向能武器、高功率微波武器的出现, 电子战武器装备家族不断发展壮大[5] [6] [7] [8]。基于栅端口可控器件结

构的高速光电调制器可应用于微波光子雷达,在信息处理与感知的光电子与微电子集成芯片、器件与模块技术方面,推动信息领域中的核心芯片与器件研发取得重大突破,改变我国网络信息领域中的核心元器件受制于人的被动局面,支撑通信网络、高性能计算、物联网与智慧城市等应用领域的自主可控发展,满足国家发展战略需求[9]。

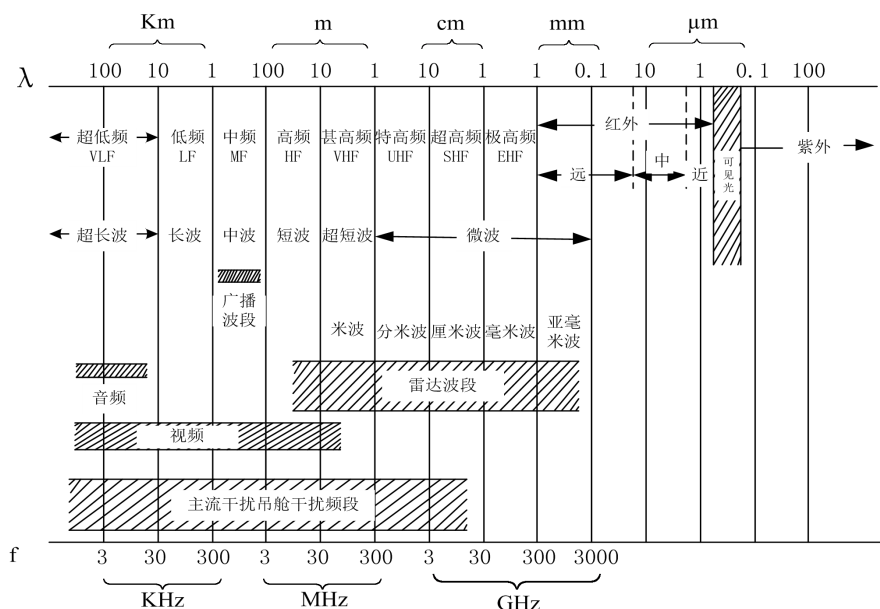


Figure 1. Electromagnetic wave spectrum
图 1. 电磁波频谱

2.3. 低可探测技术不断拓展

一方面,针对主动雷达和红外探测的隐身技术不断成熟。1981年F-117飞机首飞,战争进入隐身时代,如今F-22、F-35、B-2, Su-57、J-20等新型隐身战机已经陆续列装,现代隐身飞机不仅具备射频隐身,同时具备红外、可见光隐身能力。除此之外,各种隐身舰艇、隐身坦克、隐身战车、隐身直升机、隐身无人机等武器装备也不断出现。另一方面,针对无源探测电子侦察系统的电磁辐射控制技术不断发展。以有源相控阵雷达为代表的新一代雷达设备均具有功率、波束灵活控制能力,通过阵列合成、功率合成技术,可以实现某方向零波束、零辐射,大大降低了其被敌方侦测设备发现的概率。低可探测技术以及低可指示技术对电子对抗侦察提出了严峻挑战。

3. 电子战技术发展呈现出新的特点

3.1. 由单功能单目标向多功能多目标发展

随着电磁频谱拓宽、作战环境越来越复杂,作战平台面临的威胁种类和数量不断增多,只能应对一种目标,实现单一功能的电子战设备难以胜任未来战争需求,需要不同种类、不同性能的电子战武器联合使用才能满足要求,必须发展多功能电子战设备。在新一代作战飞机上机载有源相控阵雷达系统已经具备搜索、跟踪、成像、干扰、火控、导航、敌我识别等多种功能(见图2)。现代舰载电子战系统均具备电子对抗侦察,有源和无源电子战干扰能力。随着计算机技术、数字处理技术、射频硬件技术、加工工艺的进步,未来电子战设备将具备各种通用模块和软件定义功能,同时具备实现雷达探测、通信、导航、电子战等各种功能的能力,可根据作战需要通过软件快速切换装备功能,灵活应对各种威胁。

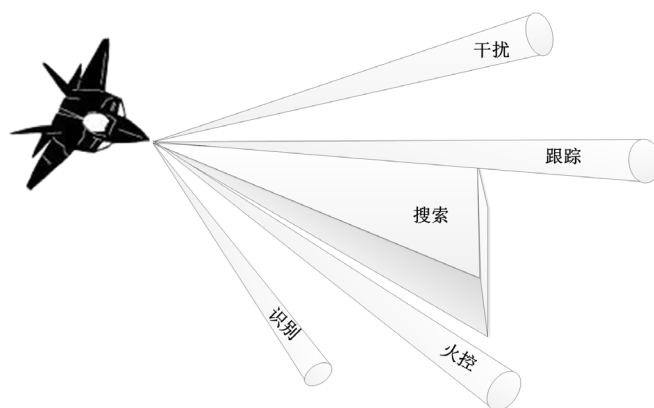


Figure 2. Airborne multi-function phased array radar beam
图 2. 机载多功能相控阵雷达波束

3.2. 由预先固定程序向灵敏参数控制发展

未来电子战系统应该能够灵敏改变它们的频率、波束方向、模式、功率级别和时间，以便有效对抗敌方电子战系统攻击。电子战系统在参数控制方面灵活性可以使雷达侦察设备和通信系统在整个电磁频谱范围内工作，降低被敌方无源探测系统发现的概率，增加敌方通过电子侦察设备定位的我方目标的难度。提高军队与民用用户共享频谱的能力。随着新的移动通信和传感技术在商业上的应用，电磁频谱变得越来越拥挤。对商业带宽的日益增长的需求正在蚕食军方使用的电磁频谱领域。电磁频谱的灵活性将有助于商业和军事用户开发程序和自动化控制，在时间和空间上消除他们的冲突。

3.3. 由被动适应技术向主动认知算法发展

自适应电子战是指电子战装备根据战场电磁环境及面临威胁，选取提前设定好的程序采取对抗措施，其本质是被动适应。未来电子战的高级阶段将是认知电子战，其本质是主动学习，其主要特征之一就是算法致胜。随着人工智能的不断成熟，未来电子战装备将具备自主学习能力，较少需要操作人员的干预，而是通过采用各种预先注入的先进算法，进行战场态势感知、电磁目标侦察、进行电子对抗、采取电子防御、进行电磁频谱管理。通过各种算法，电子战装备将对各种频率、波形、能量、时间等参数进行最优配置，平衡雷达、通信、导航等功能，充分发挥电子战装备的最佳效能。

4. 电子战的作战方式不断变革发展

4.1. 电磁频谱作战逐渐成熟

电子战作战域已经从传统信号、电路作战转变为全频谱覆盖的电磁频谱战。传统电子战注重的是电子攻击、电子防御、电子支援等作战行动，而电磁频谱战注重的是上述作战行动中对电磁频谱的管理，强调的是管、用、控电磁频谱(见图 3)。2010 年，美军在《电磁频谱战结构视图》报告中明确将“电磁频谱”定位为一个新的“作战域”，并指出“电磁频谱域”与“陆地域、海域、空域”均是客观存在的领域且对战争具有重要影响。2017 年，美国战略预算评估中心发布了《决胜灰色地带》的研究报告，将电磁频谱战进一步简称为电磁战，其由电磁频谱中的通信、感知、干扰和欺骗所有军事行动组成，是电磁频谱作战域内的战争形式。2019 年，美国在《空军条令附录 3-51》中提出电磁战与电磁频谱战，该附录对克空军电磁频谱战的概念、内涵、行动类型、作战需求、实施流程、计划、执行、评估等进行了详细规定，显示出美军电磁频谱战发展逐渐成熟。

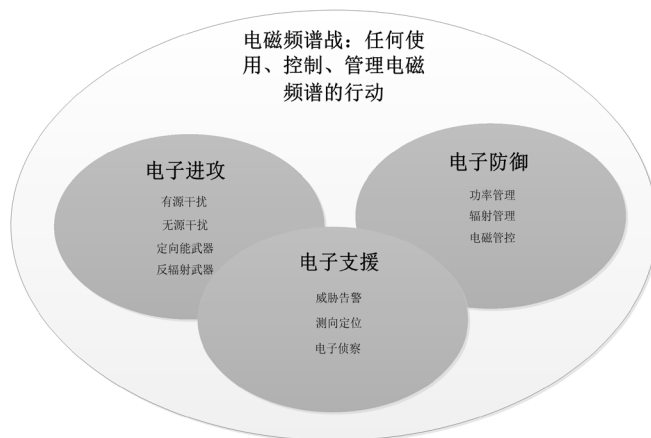


Figure 3. Electronic warfare and electromagnetic spectrum warfare
图 3. 电子战与电磁频谱战

4.2. 网络战电子战逐渐融合

随着计算机网络技术的发展, 网络空间作战已成为军事行动的重要组成部分。网络战通过软件和计算机代码来阻止对手访问其计算机网络, 电子战通过无线电干扰或其他频谱控制影响网络之间的通信。从物理层面理解, 网络战和电子战均应用电磁频谱传输、控制、管理各类信息, 在技术上具有相似性。例如, 当作战某一方将病毒代码注入对方的作战网络时, 如果地方使用无线网络, 可以通过无线电在 Wi-Fi 网络上传输数据, 如果敌方使用封闭的有线网络, 则部队也可能会潜入连接中, 并监听传输信息, 甚至植入有害的应用程序。从作战方面, 网络战和电子战共同影响信息战、空间战。由于地面控制中心需要通过电磁频谱来控制空间装备, 直接传送到在轨卫星的计算机代码可能会允许对系统进行远程控制, 从而阻止其他人访问星载传感器或通信系统。敌方也可以进入地面控制系统, 并向卫星发出假命令, 使其改变位置或关闭重要系统。许多先进武器装备具有软件定义功能和联网能力, 例如有源相控阵雷达可通过软件控制器扫描模式并通过数据链与可控制中心和作战平台构成作战网络, 敌方可通过入侵作战网的方式修改其工作模式和状态, 造成武器系统混乱甚至死机。随着新一代可编程、网络化电子战装备的研制, 网络战与电子战的结合将更加紧密。

4.3. 分布式电子战广受关注

分布式电子战可以有效提高战场电磁感知、电磁对抗能力, 提高军队对战场电磁环境的管控能力。世界各国均装备了大量小型化、无人化、网络化电子战装备, 新一代电子战装备均具备网络作战能力, 这为开展分布式电子战提供了基础。2020 年初, 美国海军完成 EA-18G 软件升级, 重点提升其网络化分布式作战能力。分布式电子战可有效提高军队电子对抗侦察能力, 即可通过多装备联网和分布式部署扩大侦察范围, 又能够通过信息融合对比提高侦察测位能力, 实现战场电磁态势准确感知。分布式电子战可以提高电子进攻能力, 通过不同种类电子进攻武器配合, 可实现多手段、多角度进攻, 有效提高电子进攻效果。分布式电子战具有较强的抗打击能力, 由于多中心、多节点结构, 即使部分节点被摧毁, 仍能够正常发挥电子战功能。

4.4. 低功率电子战初现端倪

2015 年底美国战略与预算评估中心发布《决胜电磁波》报告, 提出“低功率到零功率”作战概念, 强调在未来战场上尽量少使用或不使用主动发射电磁信号的系

传感器和多基地技术侦查敌方目标。用被动传感器来探测敌方的射频和红外辐射。通过对多个分散的载人或无人平台接收到的辐射进行三角测量,或通过分析被动传感器接收到的电磁辐射的多普勒频移,可以确定敌方发射器的位置。二是利用环境反射能量定位敌方目标。通过对战场气象、地理环境进行精密建模,部署无源电磁接收机阵列来探测舰艇和飞机反射回来的环境电磁能,可有效抵消敌方采用隐身技术、低可探测技术的优势。

4.5. 认知电子战呼之欲出

随着战场电磁环境的日益复杂多变,雷达、通信信号新的波形不断涌现,新的电子战方式层出不穷,各种作战场景相互重叠,传统依靠人工加软件控制的方式已经难以满足未来电子需求。认知电子战是人工智能技术、计算机技术、大数据技术在电子战领域的应用,能够满足恶劣作战环境中,在任何时间、地点自主预测、发现、识别、评估、判断并能采取相应的对抗措施。美军当前开展的认知电子战项目包括自适应雷达对抗项目、自适应电子战行为学习项目、认知干扰机项目、认知通信电子战项目等。认知电子战将深刻改变未来电子战作战方式,对电子战领域产生深远影响。

当前,电子战处于从中级阶段向高级阶段发展的关键阶段,其面临的作战环境变得更加复杂、作战目标更加多样、电磁频谱更加拥挤,以人工智能技术为代表的新技术突飞猛进并对电子战产生深远影响,新的电子战作战样式正处于快速成熟阶段,各国均加强对电子战新型战术战法的研究验证。我军必须提前布局,提前开展新型电子战概念、作战理论、作战条令、编制力量研究,加强新型电子战武器装备研制,从联合作战层面研究电子战与其他作战协同方式,推进我军电子战力量建设快速发展。

参考文献

- [1] 夏辉史,海庆,黎之乐. 下一代支援干扰吊舱发展综述[J]. 电子信息对抗技术, 2019, 34(6): 52-55.
- [2] 何孟,良李雯,刘畅. 无线电电子对抗系统的发展前景及趋势[J]. 电子信息对抗技术, 2019(6): 48-51.
- [3] 许海龙,王隼,周水楼. 国外电子战作战支持系统设计理念和架构分析[J]. 舰船电子对抗, 2017, 4(2): 10-12.
- [4] 张宁,徐开凯,陈彦旭,等. 金属-氧化物-半导体硅发光器件在集成电路中的应用前景[J]. 物理学报, 2019, 68(16).
- [5] 刘都群,郭冠宇. 俄罗斯电子战领域发展现状与趋势分析[J]. 飞航导弹, 2019(10): 16-19.
- [6] 高松,滕克难,段哲. 美军核心电子战支援装备及其发展趋势分析[J]. 飞航导弹, 2019(11): 12-16.
- [7] 唐建强,李昊. 美军电磁战斗管理发展分析[J]. 电子信息对抗技术, 2020, 35(2): 39-43.
- [8] 龙银东,刘世昌,邬江,等. 美军假想敌部队建设思路探讨[J]. 电子信息对抗技术, 2020(1): 26-29+34.
- [9] Xu, K.K. (2019) Silicon MOS Optoelectronic Micro-Nano Structure Based on Reverse-Biased PN Junction. *Physica Status Solidi (a)*, **216**, No. 7. <https://doi.org/10.1002/pssa.201800868>