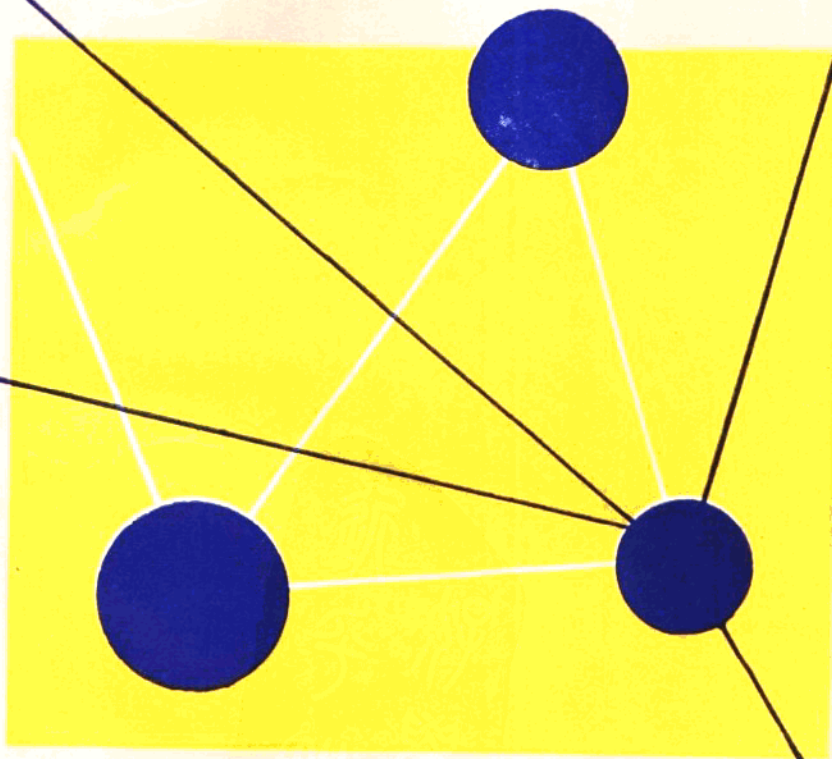


# 第四维战争

——电子对抗的应用与发展研究

王培昆 孙大喜 著



国防大学出版社

加張電子對抗研

完造之未未就事需

要

張

五二〇一四

# 序 言

韩松智

随着科学技术的发展，电子技术在军事上的应用日益广泛，几乎所有的现代化武器系统，军队的作战指挥、军事情报以及控制、通信等系统，越来越依赖于电子系统的技术效能。由于现代战争的电磁环境日益复杂，电子战技术、战术及战略运用也日趋成熟，从而使电子对抗在现代战争中的作用空前提高。目前电子战已经不是传统军事能力的一个补充，而是整个战争能力的一个有机组成部分。所以，外军一些将领认为，电子战已经是与地面、海洋与空间作战相并列的“第四维战争”。

军委1985年提出，军队要提高在现代条件下作战的“五种能力”，其中之一就是“电子对抗能力”。电子对抗是一个在军事领域内正在发展的新事物，在未来战争中将发挥更为重要的作用，目前已经引起世界各国的高度重视和深入研究。在科学技术飞跃发展的今天，如何提高电子对抗能力是摆在全军指战员、乃至全国人民面前的一个新课题。为此，我们必须加强对电子对抗的学习和研究，发展我军的电子对抗手段，提高在未来战争中的电子对抗能力。

《第四维战争》一书是我国第一部较全面而系统地论述电子对抗的著作，它清晰地勾画了电子对抗在现代战争中的地位作用，从理论和实践的结合上阐述了电子对抗的重大意义。

基本知识及作战应用，预测了未来战争中电子对抗的特点和发展趋势。王培昆同志曾参加过抗美援朝及边境自卫反击等作战，在作战实践中对电子对抗体会深刻，又长期从事战争、战略理论研究工作，有较深的造诣。孙大喜同志曾毕业于华中工学院，参加过对越反击战，无线电专业基础好，从事电子对抗教学多年，教学经验丰富。他们在长期的教学和科研实践中，广泛收集国内外有关资料，借鉴世界近期几次局部战争中电子对抗的经验教训，潜心研究电子对抗的理论和应用，大胆使用了一些新的文献资料，瞄准世界电子对抗技术的前沿，撰写了这一著作。本书具有知识性、趣味性和教育性，适合野战部队及军队院校进行电子对抗教学和科研参考，同时适用于全民国防教育中的电子对抗知识学习，也是具有高中文化程度的读者了解现代军事科学知识、了解现代战争特点的良师益友。

全书取材新颖，内容翔实，资料可靠，可读性强。深信本书的出版，对广大读者了解“第四维战争”——电子对抗的魔力效应与发展趋势，扩大知识面都将大有裨益，祝愿这本书能给每位读者以启示和帮助。

1990年12月23日

# 目 录

|                    |         |
|--------------------|---------|
| 序言                 | 韩怀智 (1) |
| <b>第一章 概述</b>      | (1)     |
| 一、电子对抗的含义          | (1)     |
| 二、电波的基本知识          | (7)     |
| 三、电子对抗在现代战争中的地位和作用 | (17)    |
| 四、电子对抗的基本手段        | (22)    |
| <b>第二章 无线电通信对抗</b> | (33)    |
| 一、无线电通信对抗的发展及其作用   | (33)    |
| 二、无线电通信            | (42)    |
| 三、无线电通信侦察          | (44)    |
| 四、无线电通信干扰          | (53)    |
| 五、无线电通信反侦察与反干扰     | (74)    |
| 六、无线电通信屏障          | (87)    |
| <b>第三章 雷达对抗</b>    | (90)    |
| 一、雷达对抗的含义及重要性      | (90)    |
| 二、雷达               | (93)    |
| 三、雷达侦察             | (105)   |
| 四、雷达干扰             | (111)   |
| 五、雷达反侦察、反干扰及反隐形战术  | (136)   |
| 六、雷达对抗的发展趋势        | (142)   |
| <b>第四章 光电对抗</b>    | (148)   |
| 一、光电对抗技术与设备        | (148)   |

|  |       |
|--|-------|
| 二、光电对抗的基本手段·····                                   | (170) |
| <b>第五章 对电子设备的摧毁与反摧毁</b> ·····                      | (189) |
| 一、对电子设备的摧毁·····                                    | (189) |
| 二、电子设备的反摧毁·····                                    | (197) |
| <b>第六章 C<sup>3</sup>I对抗</b> ·····                  | (202) |
| 一、C <sup>3</sup> I系统与C <sup>3</sup> I对抗的含义及作用····· | (202) |
| 二、C <sup>3</sup> I对抗的手段·····                       | (211) |
| <b>第七章 作战中的电子对抗</b> ·····                          | (227) |
| 一、陆军作战中的电子对抗·····                                  | (227) |
| 二、空军作战中的电子对抗·····                                  | (251) |
| 三、海军作战中的电子对抗·····                                  | (267) |
| <b>第八章 外层空间的电子对抗</b> ·····                         | (285) |
| 一、外层空间军事化·····                                     | (285) |
| 二、外层空间电子技术装备的作战能力·····                             | (287) |
| 三、外层空间电子对抗的方法·····                                 | (301) |
| <b>第九章 电子对抗的发展趋势</b> ·····                         | (311) |
| <b>记 后</b> ·····                                   | (324) |

# 第一章 概 述

现代战争的技术兵器按其作用可分为两种基本类型。一种是产生破坏性的物质或能量,如火炮及核、化学、生物与武器等;另一种是获取指挥作战所必须的情报,或者破坏敌人神经和耳目以及扰乱对方武器控制系统,如雷达、通信机、电视机、计算机、制导系统和干扰器材等。而后一种兵器还可指挥前一种兵器。在利用声能、电能、热能、光能及电磁辐射等,来达到前者目的的方法中尤以无线电波应用最为广泛。各国不仅研制出大量的军用无线电电子设备,而且还组织了专门的机构和勤务部队,来研究各种设备在实战中的运用方法和战术问题,以及获取作战情报,破坏敌方的各种信息传递和控制制导工具的效能,同时保障己方电子设备发挥应有的效能等。随着现代电子技术日益广泛地应用于军事领域,在两军交战和各种武器对抗过程中越来越多地进行着这种利用无线电波来传递信息或破坏信息的传递而进行的斗争,统称为“电子对抗”或称为“第四维战争”、“电波战争”,各国军队对这种斗争都极为重视,因而它的发展也极为迅猛。

## 一、电子对抗的含义

电子对抗 (Electronic Countermeasure) 亦称电子

战(Electronic warfare), 它既不是常规武器之间的彼此相击, 也不是火箭与导弹现代尖端武器之间的相互交锋, 更不是用电子流、电磁能量直接进行的杀伤或破坏, 而是现代信息技术与军事斗争相结合, 在信息空间敌对双方利用专门电子设备和采用战术技术措施所进行的电磁信息斗争。

电子对抗是一种特殊形式的斗争, 它的战场是电磁波频谱涉及的空间。众所周知, 在我们生存的整个地球及其周围的空间里, 几乎到处都存在着看不见的电磁波: 无线电通信的密码、警戒或炮瞄雷达的探测脉冲、导弹的控制指令、舰船和飞行器的导航信号、C<sup>3</sup>I系统的控制信号、侦察卫星发回地面的情报信号, 以及干扰上述电磁信号的干扰波等等。这种以辐射的电磁波为作战对象的电子对抗, 其范围一般仅局限在军事领域。

近几年来, 电子技术的飞速发展, 使通信、雷达、导弹等电子武器和电子控制、制导武器的性能有了飞跃性的提高。并且, 随着红外线、激光等技术的发展, 又出现了光电子(Electronic optical)对抗; 自动化武器、智能武器、计算机技术的发展, 又出现了C<sup>3</sup>I对抗。围绕这些兵器进行的“电磁波之战”, 给电子对抗又增添了新的内容。电子对抗所使用的电磁波谱, 由低频到高频的无线电频率范围扩展到了红外线和可见光的广阔范围。电子对抗的内涵随着电子技术的发展而不断丰富, 其外延也在不断扩展。

根据北大西洋公约组织的标准定义, “电子对抗是电子学军事应用的一个分支, 他包括为阻止和减少敌方有效地利用电磁辐射确保自己有效地利用电磁辐射所采取的各种行动”。而美国三军参谋长联席会议对电子对抗确定的定义是:



“为了用电磁能对敌方所使用的电子波谱进行判断、反利用、削弱或干扰，以及为确保己方对电磁波谱的有效使用而采取的措施”。（《现代电子国防技术与战略》——军事译文出版社1987年版第2页）两者定义大同小异。换言之，电子对抗就是为削弱、破坏敌方电子设备的使用效能和保障己方电子设备正常发挥效能而采用的综合技术措施，其实质是斗争双方利用电磁波的作用来争夺对电磁频谱的有效使用权。其内容包括三个方面：电子支援措施、电子对抗措施和电子反对抗措施。

电子支援措施（ESM），是获取敌方电子设备的情报，分析敌军的部署和作战意图，查明敌人电子设备的工作频率、工作方式、技术参数、类别、数量、用途、部署、运用手段和行动企图等军事情报，为己方研究战术技术对策，制定作战计划，采取正确的军事行动创造条件，从而达到知己知彼，百战不殆的目的。

电子对抗措施（ECM）是一种有意破坏或降低敌方电子装置的效能，甚至给以摧毁的一种措施和行动。它采取的手段是电子干扰、假目标和诱饵、隐身技术和反辐射导弹、干扰迷惑，以及破坏敌方军用电子设备或武器系统的正常工作，使其效能降低或完全失效。

电子反对抗措施（ECCM）是保障己方电子设备在敌方电子对抗和反辐射导弹攻击条件下，能正常工作的各种方法和手段，它采取干扰迷惑和破坏敌方C<sup>3</sup>I系统以及武器系统中的侦察设备，使其不能进行正常工作，同时防止己方C<sup>3</sup>I系统、武器系统的电子设备所使用的电磁辐射信号被敌方截获，或者虽被敌方截获也难从中获得有用的情报，从而使敌方

无法实施有效的干扰和摧毁，借以达到电子反侦察干扰的目的。

电子对抗是一个技术分支很多、范围广泛的技术领域。

从电子对抗的对象来分，有通信对抗、雷达对抗、导航对抗、制导对抗、对敌我识别系统的对抗、对无线电引信的干扰、对C<sup>3</sup>I系统的对抗以及计算机对抗等。

从领域上分，有射频对抗、光学对抗和声学对抗三个领域，而且在每个领域上，电子对抗范围都在发展。

**射频对抗：**射频是通信、导航、雷达、制导等设备工作的主要频段，如表1—1所示。其中雷达工作频段有：米波、分米波、厘米波和毫米波四个波段。雷达工作频段也是雷达对抗的频段。

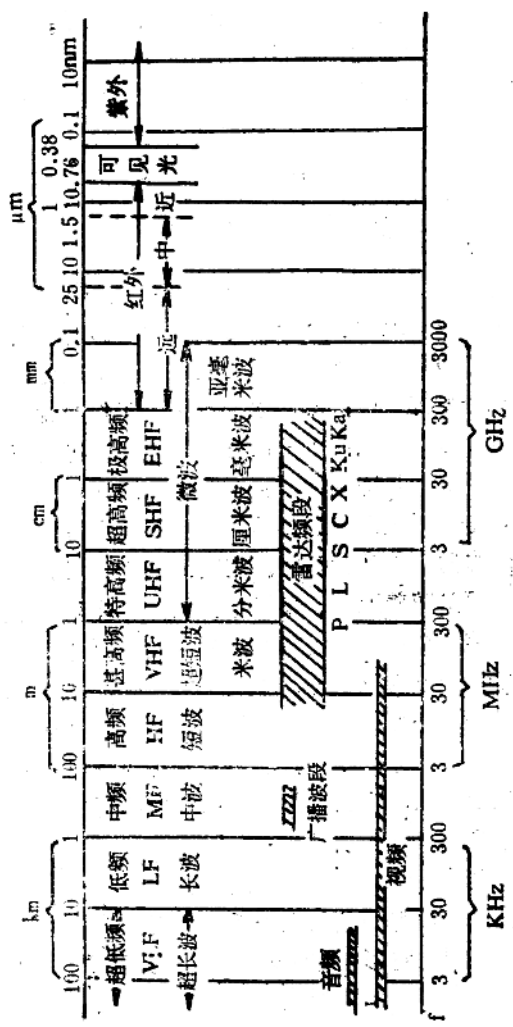
**光电对抗：**它包括红外对抗、电视对抗和激光对抗等分支，主要用以对付红外探测、夜视设备和激光雷达，以及用红外、电视、激光制导的武器系统。

光波也是电磁波，从表1—1可知，光电对抗实质上是射频对抗向更高的电磁频段的发展。光电对抗是近年来发展最快的电子对抗领域。

**声学对抗：**或称水声对抗。它是指海下的电子对抗。水声对抗是专门用来对声学探测设备（声纳）进行侦察和干扰的措施。声学对抗还包括对潜艇、舰船航行时发出的噪声的侦听和跟踪，以及对其航迹的探测。它是现代海军极其重要的电子战对抗手段。

**计算机对抗：**它包括计算机窃取与反窃取、计算机病毒对抗两个方面。是由于近几年来电子计算机在军事上广泛应用，并在军事领域起着举足轻重的作用而发展形成的，现还

表 1-1 电磁波频谱图



处在研究、发展、完善阶段。其主要作战方式是：直接从计算机内获取情报和干扰、破坏计算机正常工作。

追溯历史，在日俄战争和第一次世界大战中，就出现了无线电通信干扰的最初战例。第二次世界大战中，通信对抗和雷达对抗得到广泛地运用。第二次世界大战后，随着导弹的出现，电子对抗又增加了制导与反制导的新内容。当前，由于各类无线电通信设备、电子侦察设备、夜视夜瞄设备和精确制导武器、动能、定向能以及人工智能武器不断地装备部队，电子设备对地面、空中和海上作战的影响逐渐增大。战争中，有效地保证各种电子设备正常工作，就可使己方的武器装备充分发挥效能；暴露电子设备的工作，就会暴露兵力兵器部署和作战意图；电子设备工作遭到干扰或压制，就会导致敌情不明、指挥失灵，甚至会遭致毁灭性打击的后果。现在，电子对抗已渗透到陆战、空战和海战的指挥、通信、侦察、协同、伪装、防空、空袭、突袭、反舰、反潜等作战领域。而且随着卫星、反卫星、洲际导弹和反导弹斗争的深入，促使了全局电子对抗的迅速发展。而许多技术先进的国家，已把侦察与反侦察、干扰与反干扰、破坏与反破坏这种夺取电磁优势作为一种新的战略，列为战略指挥的重要内容。并认为，未来战争中，能否有效地控制电磁频谱权，将是关系战争成败的重大问题。美国主管指挥、控制、通信与情报的助理国防部长唐纳德·C·拉萨姆1988年明确提出，“未来的任何作战行动，无论是陆地、空中、海上还是有朝一日在空间进行，都将是由电子系统控制的。这些主动和被动式的电子系统，将影响未来战争的结局。因此我们在电子对抗方面的能力，是关系到我们国家生存的关键因素。”

。由上可见，电子战争是由于其基本特点而存在的，这一斗争无论在今后的全面性战争、局部战争或边境冲突中，都将有形无形地延续下去。这种战争即使在和平时期也无形地存在着，它随时都在全面地考验着敌我双方技术观点、技术水平、人员智慧、工作效能和保密素养等各方面的优劣。

## 二、电波的基本知识

无线电通信、无线电遥测、遥控以及雷达定位等，都是靠发射和接收无线电波来实现的。在电子对抗中，侦察敌方电子设备的工作情况和扰乱敌方电子设备正常工作，也都是靠发射和接收无线电波来实现的。因此，学习电子对抗知识，有必要首先了解电波的基本知识。

### (一) 电波的发射与接收

电磁学理论与实践证明：

第一、电流通过导体时，在导体周围会产生磁场；变化的电流会产生变化的磁场。

第二、变化的磁场能产生变化的电场；变化的电场又能产生变化的磁场。这种相互依存的电场和磁场称为电磁场。

第三、电磁场能使导体中的自由电子作定向运动而形成电流。

概括起来就是电能生磁，磁能生电。这是无线电波发射和接收的基本依据。

任何波都必须有一个波源。无线电波通常是由载有振荡电流的导体所产生的。当导体上通过振荡电流（这个电流，其大小和方向随时间作用周期性的重复变化）时，在导体周

围空间就产生振荡的（交变的）磁场。由于磁场是变化的，它就一定会产生一个变化的电场，变化的电场又会产生变化的磁场……这种不断交替、周而复始互相依存的电磁场就向空间传播，形成了电磁波，也就是无线电波，简称电波。产生无线电波的载有振荡电流的金属导体称为发射体或发射天线。它的作用是将交变电流能量转换为电磁场能量。发射无线电波的过程也就是将电流能量转换为电磁场能量的过程。

无线电波既然是在空间传播的交变电磁场，那么在它的能量所能到达的范围内，若有导体存在，则交变的电磁场就会使导体中的自由电子发生运动而形成感应电流。因此，只要用金属导体做成的接收天线，而接收天线又处在电波能够到达的位置，电波就能在天线上引起感应电流。感应电流进入接收机，电波就被接收下来。接收无线电波的过程也就是将电磁场能量转换为电流能量的过程。

## （二）电波的基本性质

在日常生活中我们知道，适当改变半导体收音机的放置位置，能使收音机收听到的广播声音最响。收看电视节目有时也要调整一下天线的方向才能获得理想的图象。这是因为收音机的磁棒天线垂直于广播电台传来的电波的传播方向，则收听到的广播声音最响，即，这时收音机收到的电波最强，反之，则收听到的广播声音最弱。

这一现象说明，电波中磁场的方向和电波的传播方向之间有一定的关系。收音机能收到广播是由于电波中变化的磁场在磁棒天线线圈中产生了感应电流。根据楞次定理我们知道，只有当磁场垂直穿过磁棒天线线圈平面时，产生感应电流才最强，而当磁场方向平行于线圈平面时，则不能产生感

应电流。因此，收音机接收电波时，磁棒天线的“方向性”说明了振荡的磁场的方向和电波的传播方向垂直，而且两者都垂直于电波的传播方向。

由此可知，只要确定了电场或磁场的方向，就有方法知道电波是从什么方向传来的。这种方法称为无线电定向法。无线电定向法在电子侦察中有着极大的使用价值。

### (三) 电波的传播速度、频率和波长

科学实验证明，不论电波的频率如何，他们在相同的均匀媒质中传播的速度是相等的。实验测量结果表明，电波在空气(或真空)中的速度为每秒30万公里(即  $3 \times 10^8$  米/秒)，通常用C表示，这个速度值相当于每秒绕行地球一圈半。因此，广播电台一发出电磁波，其它各地的收音机几乎都是同时收到了广播，这也就是为什么全国各地都可以按中央人民广播电台的标准时钟来校正自己的钟表的道理。

由一定频率的振荡器所发出的电波中，电场和磁场都是以同一频率按正弦规律振荡着。电磁场每振荡一次，电波就向前传播一个距离，这个距离叫做波长，用 $\lambda$ 表示，如图1—1所示。

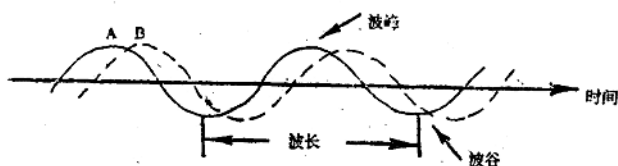


图 1—1

具有一定频率的电波每振荡一次，就向前传播一个波长

(单位为米)的距离,每秒振荡次数叫做电波的频率(单位为赫芝),通常用 $f$ 表示。因此,对于频率为 $f$ 的电波,在一秒钟之内所传播的距离应为频率 $f$ 与波长 $\lambda$ 的乘积。其值为速度,即:

$$C(\text{速度}) = f(\text{频率}) \times \lambda(\text{波长})$$

由于 $C$ 是常数,即:

$$\lambda = c/f = 3 \times 10^8 / f \text{米}$$

而不同波长的电波,就有不同的传播特性。

#### (四) 电波的传播特性及传播方式

无线电波的波长范围很广,长的可达100公里以上,短的仅有1毫米。由于波长不同,电波的特性、传播方式和应用领域也就有所不同。

##### 1. 无线电波波段划分

无线电波通常划分为:超长波、长波、中波、短波、超短波、和微波六个波段(表1—2)。

##### 2. 电波传播的一般特性

第一,在均匀的同一种媒质中以恒定速度直线传播,从一种媒质进入另一种媒质时,其传播速度及传播方向都要改变。

第二,传播中碰到障碍物时要产生反射和绕射。

第三,传播中遇到导体要消耗一部分能量。

##### 3. 电波的传播方式

电波从发射到接收,往往有一定的距离,而在这一段距离之间;无论是空间的大气,还是地面的山河、房屋、森林,都要影响无线电波的传播。由于无线电的波长不同,而它们所采取的传播方式也不一样。根据无线电传播特点,通常把它分为地波、天波、和直射波传播。



表 1—2 无线电波波段划分表

| 分 类                   | 波长范围         | 频率范围       | 传播方式及应用   |  |
|-----------------------|--------------|------------|---|--|
| 超 长 波<br>(甚低频)        | 100—10千米     | 3—30千赫     | 主要用地波传播, 绕射能力强, 地面衰减小, 穿透海水能力强, 信号稳定可靠, 主要用于导航和岸对远洋舰艇、潜艇通信          |  |
| 长 波<br>(低 频)          | 10—1千米       | 30—300千赫   | 主要用地波传播。用地波传播时信号稳定, 但传播距离较近。主要用于国内广播及导航                             |  |
| 中 波<br>(中 频)          | 1000—100米    | 300—3000千赫 | 主要用天波传播。用天波传播时, 可进行远距离通信, 但受电离层变化的影响大, 信号不够稳定, 衰落现象比较明显。在广播、通信中应用很广 |  |
| 短 波<br>(高 频)          | 100—10米      | 3—30兆赫     | 主要用直射波传播, 传播距离一般为视线距离, 受昼夜、季节、气候的影响小, 电气干扰小, 信号稳定可靠。用于通信、雷达、电视方面    |  |
| 超 短 波<br>米 波<br>(基高频) | 10—1米        | 30—300兆赫   | 用直射波传播, 信号稳定可靠, 广泛用于接力通信、卫星通信、散射通信和雷达方面                             |  |
| 微<br>波                | 分米波<br>(特高频) | 10—1分米     | 300—3000兆赫  |  |
|                       | 厘米波<br>(超高频) | 10—1厘米     | 3—30吉赫  |  |
|                       | 毫米波<br>(极高频) | 10—1毫米     | 30—3000吉赫   |  |

### (1) 地波

沿地球表面传播的无线电波称为地波或地面波。如图 1—2。