



电子战与现代航空兵

洪 维 权 钱 明 华

电子战与现代航空兵

洪维权 钱明华

江苏省航空学会

内 容 提 要

本书是一本介绍电子战的科普读物，内容丰富，文句通俗易懂，可读性、趣味性强。为广大青年朋友了解各个历史时期电子战在军事上的巧妙运用，提供了大量史料。同时还较全面地介绍了电子战的发展趋势。

本书还可供航空电子工业的科技人员及大专院校的师生、部队的指战员和工厂职工阅读，以了解电子战的基本知识，认识电子战在现代化战争中的地位和作用。

前 言

随着军事科学技术的发展，电子技术在军事上的运用日益广泛地深入到所有的军事领域。在现代化战争中，各种新式武器的威力发挥、战区的监视和警戒、诸兵种协同作战的联系和指挥，都越来越多地依赖于各种电子装备的效能。现代化的各种飞机、导弹、坦克、大炮、军舰、核武器以及各种军事工程系统，都要使用大量的电子技术装备。

因此，在现代化的作战环境中，到处存在着电波，有无线电通信密码，有各种雷达的探测脉冲，有导弹的控制指令信号，有飞机和舰船的导航信号，还有从各种卫星发回地面的联络信号等等。

现代雷达操纵的武器不仅速度快、杀伤半径大，而且命中率极高。一般的飞机，不管它的空气动力性能多好，速度多快，威力多强，若不配备电子对抗设备；在各种对空导弹和高炮面前，几秒钟就会被击落。对飞机而言，炮瞄雷达和导弹制导雷达的电波是主要威胁着飞机的生存。所以机载电子对抗系统首先必须对付：地面和舰艇的炮瞄雷达、防空导弹制导雷达和敌机截击瞄准雷达、空一空导弹跟踪雷达等的“威胁辐射”，并应用电子对抗系统挫败敌方的袭击和进攻，使我机安然无恙。

不难看出，电子战的作用就是要专门破坏或降低敌人的电子装备的效能，借敌方通讯指挥失灵、失误、受蒙骗，雷

达迷盲、大炮和导弹武器失控、失效，导航设备失灵、出差错；同时要充分保障自己的电子设备正常，不受敌方干扰而降低效能，以便为保存自己消灭敌人，取得战争的胜利创造条件。另外，特别在防止和对付由大量各种电子技术装备的敌人突然袭击方面，更有突出的作用。

第二次世界大战后，电子对抗的竞争愈来愈激烈，美苏为了争霸，不惜动用大量人力和财力准备进行电子战争，他们的军界头目一再强调电子战中的“电磁优势”是战争中的“关键”作用和成败的“决定性”因素。故对于发展电子对抗的技术装备和措施越愈重视，许多国家的军费很大比例地投资到研制各种电子战的装备和措施上。美苏的电子对抗领导管理机构和科研生产队伍非常庞大，例如美国有五百多家厂商，三十多万科技人员从事电子对抗的研究工作。美国在第二次世界大战以后研制的电子对抗设备有五百多种，目前装备部队的达三百多种，其中空军占了一半；苏联在用于电子对抗方面的投资大致相当或超过美国，目前装备部队的电子对抗设备超过一百多种。美军头目曾说过：“未来战争的结局多半要取决于谁能在电子战中取得优势地位。”苏联前国防部第一副部长索尼洛夫斯基说：“只要罗列一下电子战的战例，就可以看出电子对抗和抗干扰多么广泛，而后果可能是多么严重。”因此，电子技术装备的发展已具有与导弹和核武器发展同等重要程度，从而可见电子对抗绝不是一项单纯的技术，而是现代战争的一个重要问题。只有训练有素的人员，再配以性能优异的电子对抗设备，才是未来电子对抗中取胜的必要条件。因为未来的战争中谁掌握了电子对抗优势，谁就能掌握战争的主动权。

现在，电子战技术已渗透到作战的各个领域。国外电子对抗部队已发展到很大规模。除了数量很多的专门的电子战飞机(美、苏各有数百架)，电子侦察船(苏联有五十余艘、美国有三十余艘)、数目日增的电子侦察卫星，以及很多的地面电子对抗部队外，几乎每架飞机、每艘舰船，甚至坦克、机械化部队和步兵分队也都装备了电子对抗技术装备。

所以除了从事电子对抗的专业人员外，还希望广大的各行各业人员，都来重视电子战，并掌握一定的电子战基本知识，本书的目的也就在于此。

由于时间仓促、水平有限，有错误不当之处希望提出宝贵意见。

本书引用的均为国内外公开刊物上发表的资料，编者在技术上作了一些必要的处理。对本书写作中引用到的书刊、资料的作者、译者致以谢意，但不再逐一作来源说明。

编 者

1986.5.

目 录

第一章 电子战的概况	1
第一节 电子对抗技术的分类和简介	3
第二节 电子战的由来和发展史料	10
第三节 电子对抗和现代空战	66
第二章 电子侦察	71
第一节 电子侦察战例	71
第二节 电子侦察的特点	76
第三节 现代电子侦察设备	77
第四节 电子侦察技术的发展	78
第五节 美国苏联等, 电子侦察组织情况	79
第六节 电子侦察飞机	82
第三章 电子对抗	89
第一节 电子干扰飞机	90
第二节 电子干扰飞机的战斗应用	97
第三节 电子对抗技术手段的研究	103
第四节 常用的机载电子对抗系统	105
第四章 电子战的发展趋势展望	113
第一节 电子侦察设备的发展趋势	118
第二节 电子警戒设备的发展趋势	121
第三节 有源干扰设备的发展趋势	121
第四节 无源干扰设备的发展趋势	126

第五节	飞行器“隐身技术”的发展动向	131
第六节	反辐射导弹的发展动向	136
第七节	电子对抗无人驾驶飞机的发展动向	140
第八节	发展指挥、控制、通信对抗手段	144
第九节	电子战的新领域——激光对抗	145

附录:

附录 1	无线电电波的波长与频率表	149
附录 2	美国军用电子设备型号表示法	151
附录 3	各类接收机特性和优缺点比较	153
附录 4	国外专用电子对抗飞机现状与发展趋势	154
附录 5	雷达的分类	158

第一章 电子战的概况

电子战 (EW) 是一场什么样的战争呢? 它是指敌对双方利用专门的无线电电子装备进行的相互斗争。电子战通常分为电子对抗 (ECM)、电子支援措施 (ESM) 和电子反对抗 (ECCM) 三个组成部分。下面我们对电子战中的有关名词和含义作一些简要的说明。

电子战是一种军事行动, 它包括使用电磁能量来确定、利用、降低或阻止敌方使用电磁频谱并保证己方使用电磁频谱。故又称“第四维战争”。

电子战包括两个相互斗争的方面

(1) 利用专门的无线电电子设备 (侦察、干扰设备) 以破坏和减弱敌方无线电电子设备 (通信、雷达、遥控、导航等) 的威力和效能;

(2) 采取一定的技术和措施以消除其有害的影响, 保证自己的电子设备的正常工作。

前者称为“电子对抗”或“电子干扰”, 后者称为“电子反对抗”或“电子反干扰”。

所以, 电子对抗的作用是阻止、削弱敌方有效使用电磁频谱。电子反对抗的作用是当敌方进行电子战时, 仍确保己方有效地使用电磁频谱。

电子对抗一般不能直接对敌方人员和武器装备造成杀伤, 但它能使敌方无线电通讯指挥系统失灵、雷达迷盲、火

炮、导弹等武器失控、失效，为保卫自己和大量杀伤敌有生力量创造条件，故电子对抗又有“软杀”手段之称。它在现代战争中具有越益重要的地位，故成为军事电子技术中发展最快的领域之一。

而对付敌方电子干扰的措施即是电子反干扰或电子反对抗。

电子对抗设备通常为一些独立的、专门的设备或单元，如电子侦察机、干扰机、电子战斗机、电子侦察船、电子侦察卫星等。操纵这些设备、完成各种战略和战术的电子对抗任务，需要专门的电子对抗部队。而抗干扰在设备上则常常是雷达、通信、导航等电子设备的一个附属的分机或分系统而不单独使用，也无法从整个系统中分出来。

因此，电子对抗为一独立的学科和技术领域，而电子反对抗则归属它所附的雷达、通信、导航等技术范畴。

电子支援措施是电子战的一部分，包括搜索、截获、定位、录取和分析敌方辐射的电磁能，并利用这种辐射支援军事行动。

电子支援措施的作用是为电子对抗、电子反对抗、威胁探测、预警、回避、目标捕获和寻的提供所需的电子战情报。

电子支援措施广义说，包含了电子情报侦察(ELINT)和通讯情报侦察(COIMINT)，两者统称信号侦察(SIGINT)。

一般来讲，电子支援措施中，交战前的情报收集或对威胁信号的即时截获、分析和识别，属于战术范围的电子侦察；而情报侦察则多属战略范围的电子侦察，常指对国外的和对电

子战来讲是重要的那些作战地区所有可利用的信息，作搜索、评价、分析、综合和判断。

下面我们介绍一下电子对抗技术的发展阶段。

电子对抗技术的发展，迄今可大致分为三个阶段：第一个阶段是第一次世界大战以前至第二次世界大战末。这一阶段电子战是针对当时的无线电通讯、导航和典型的脉冲制雷达，发展了三、四十种电子侦察、噪声干扰及消极干扰设备，奠定了电子对抗技术的基础。第二个阶段从五十年代至越南战争期间。雷达技术迅速发展、火控雷达和各种导弹的广泛使用，促进和导致了电子对抗技术的全面发展，新的综合性的电子对抗系统如反辐射导弹、有人或无人驾驶的电子对抗飞机、投掷式遥控电子对抗系统和光电对抗系统等相继涌现，电子对抗系统的类型发展到四、五百种，但其大部分还是属于模拟设备。自七十年代以后，电子对抗技术的发展进入第三阶段。由于许多新技术，特别是数字技术、电子计算机、声表面波器件、超大规模集成电路、相控阵技术等的应用，新一代的机载电子对抗系统正向着数字化、自动化、多功能、自适应的综合电子对抗系统发展，构成新一代的电子对抗系统。

第一节 电子对抗技术的分类和简介

电子对抗技术的范围很广，包括射频对抗、光电对抗（可见光、红外、激光对抗）以及声学对抗三领域。对抗的

对象包括：通信对抗、雷达对抗、导航对抗、制导对抗、遥控遥测系统的对抗。本书主要介绍雷达对抗技术，且主要以机载电子对抗系统的内容为主。

现代航空作战中，机载电子对抗系统的任务，不仅要为各种攻击飞机提供电子对抗掩护，提高飞机的生存能力，而且还要引导杀伤武器（反雷达导弹、炸弹、炮火）摧毁敌方雷达及目标。

所以，机载的电子对抗系统种类繁多，性能各异，按其使用特点及功能，大致可分为电子侦察、积极（有源）干扰、消极（无源）干扰以及综合性电子对抗四类，如下表。

电子对抗技术分类表

电子侦察

电子侦察 { 电子信息侦察（电子信息ELINT，情报收集）；
威胁告警（电子警戒）；
无线电定向（无源测向）；
辐射源定位。

积极干扰

积极干扰 { 压制式噪声干扰；
回答式欺骗干扰（角度，距离，速度欺骗，假目标）；
噪声/欺骗双模干扰；
功率管理技术（多功能综合干扰）。

消极干扰

金属箔条干扰；
电离金属气悬体；
雷达诱饵（假目标）；
反雷达涂层（微波吸收材料）。

综合性 电子对抗 技术

反辐射导弹（无源精确定向与
自引导弹相结合）；
辐射源定位和攻击系统；
遥控无人驾驶电子对抗飞机（用于电子侦察、
干扰、用作假目标或俯冲攻击雷达）；
投掷式干扰机（一次使用干扰机）；
电子对抗卫星。

现在对表中所列的电子对抗技术作简单介绍：

电子信息侦察：

一类是战术侦察，主要任务是查明敌方电子设备的技术参数和性能，如载波频率、方位、脉冲宽度、重复频率、功率、天线扫描方式及工作体制等技术参数，为我方采取对策和实施干扰提供战斗依据；另一类是战略侦察，主要用来查明敌方电子设备类型、数量、配置、部署及其变动情况，还包括对无线通信密码的侦察等以获得武器系统的配置、编制和军队行动企图等情报。

威胁告警系统：

是一种自卫型电子警报系统，要求以100%的概率，快速截获、粗测参数并识别各种雷达信号，一旦发现炮瞄雷达

和制导雷达的跟踪信号、导弹发射后的指令信号，立即向我方人员告警，以便紧急回避或采取电子对抗措施。

无线电定向：

用定向接收机测定辐射源方向，以引导干扰发射机天线或引导反辐射导弹飞向辐射源。

辐射源定位：

包括两侦察机对同一辐射源，用测向法交叉定位和精确的测时差定位等技术，测定辐射源位置后，引导飞机或导弹摧毁辐射源。

压制式噪声干扰：

用来压制和遮盖各种信号，具有多种干扰效果而且不易反干扰，是电子对抗飞机上应用最广的干扰机类型。按调制样式可分为噪声调幅、噪声调频和噪声调频干扰；按实施干扰的方式又可分频率瞄准式、阻塞式和扫频式干扰等。噪声干扰机要求大功率、宽频带和快速电调谐，通常要由侦察机进行方位和频率的引导，以提高有效干扰功率（发射机功率与天线增益的乘积）和功率谱密度（瓦/兆赫），能够有效地干扰火炮、导弹的跟踪雷达和近炸引信。

回答式欺骗干扰：

干扰信号的发射受雷达信号触发，干扰机每收到一个雷达脉冲便自动地发射（回答）一个或几个与雷达频率相同、经过虚假调制的干扰信号，对雷达进行方向、距离和速度上的欺骗。故能快速、自动、准确地对雷达进行方向、距离和速度上的欺骗。

机载回答式欺骗干扰机具有体积小、重量轻、耗电少、控制调整简单等优点，适合作飞机的自卫武器，用以干扰火

炮、导弹的跟踪雷达，破坏其对飞机的跟踪，故又称为“跟踪遮断器”。

回答式干扰机还可对警戒雷达施放假目标干扰，如产生时间上逐渐提前（或退后）的脉冲，使雷达操纵员误认为有一目标在逼近（或远离）。若使干扰机增益随侦察收到雷达信号的强弱相反地变化，能使线性扫描雷达对目标定向发生错误，这就是逆增益干扰。

双模干扰机：

用双模行波管构成的干扰机，能把连续波噪声干扰和脉冲波欺骗干扰两种模式结合起来，称为噪声/欺骗式干扰机，这是一种多功能的综合式干扰机。

功率管理系统：

由威胁告警系统、快速电调干扰机、逻辑控制接口设备和信息处理计算机组成。其功能有：对信号的快速截获、分选、威胁识别并确定干扰顺序；精测信号频率并快速调谐干扰机，在频域上分配干扰功率对威胁目标实施瞄准式干扰；快速电控天线波束，对各威胁目标准确定向并引导干扰机天线，在空域上分配功率；对威胁雷达，实施脉冲重复频率跟踪，以时间分割方式干扰多部雷达，并根据威胁源性质确定最佳干扰调制参数。在对每个威胁辐射源快速截获、实时分析的基础上，确定威胁源等级和干扰顺序，以准确的方向、准确的频率、准确的时间对所有威胁源进行干扰。一部干扰机可以对付几十部威胁雷达，具有体积小、重量轻、耗电少等优点，是目前最先进的机载电子对抗系统。

消极干扰箔条：

最常用的有半波长的铝箔片、丝、带、线和涂金属的玻

玻璃纤维、尼龙丝等，用火箭或引爆式投放器投放，使箔条快速散开形成干扰云或干扰箔条走廊，能诱惑雷达寻的导弹，干扰警戒和跟踪雷达，以掩护机群。

金属电离气悬体：

利用飞机或火箭的喷气发动机喷出的电离的铯、钨、钠、钾等金属微粒即金属气悬体，在空中形成一道雷达电波不能透射的屏障。一九六八年八月，苏联入侵捷克斯洛伐克时，就是用这种干扰，瞒过了北约国家的全部雷达网。

雷达诱饵：

也称假目标或雷达陷阱，通常用诱饵导弹或遥控飞行器来实现，用角反射器、龙伯透镜使其雷达有效反弹面积大于真目标并能模拟飞机的运动特性，使雷达真假难分，具有很强的欺骗能力，当飞机受到敌方导弹或炮瞄雷达的跟踪时，用假目标吸引火力，使真目标免遭攻击。

反雷达涂层：

是用特制的吸收微波的材料涂在飞机表面，使雷达电波极少反射，雷达作用距离大大下降，有可能使现有雷达全部失灵而导致一场电子对抗的重大改革。按照这一原理研制的“隐身”飞机已经问世。目前国外正在大力研制各种吸收微波的材料，主要有金属末橡胶制品、尼龙覆盖的橡胶层、陶瓷铁氧体等。

反辐射导弹：

是侦察定向系统和导弹武器相结合的彻底的电子对抗手段，美国三军倾向于把对付雷达的重点放在反雷达导弹上。在“百舌鸟”、“标准”反辐射导弹之后，美又研制了具有识别、选择和确定优先攻击目标的能力，精度高、抗干扰能

力强而又构造简单的“高速”反辐射导弹。此外，还出现了能自动跟踪敌机火控雷达的空——空反雷达导弹及射频与红外两种制导方式的反辐射导弹。

辐射源定位和攻击系统：

能在雷达短暂辐射信号的时间内，快速准确地测定雷达的位置，以后不管雷达是否开机，都能用各种导弹、炸弹进行火力摧毁，是一种侦察定位和火力攻击相结合的彻底的电子对抗手段。美国的“精确定位攻击系统”采用测时差的定位技术（也称“反罗兰”技术），其原理是利用三架（或四架）精确测定相互位置的侦察机，同时测定某雷达发射的同一个脉冲的到达时间，比较两站所收脉冲的时差（即距离差），就可得出一条双曲线（与两定点的距离差等于定量的点的轨迹为双曲线），比较另两站所收脉冲的时差，又可得出一条双曲线，这两条双曲线的交点就是雷达的位置。

无人驾驶电子战飞机：

能直接进入严密布防的敌方防区上空，以较小的功率获得良好的干扰效果，既不会干扰己方电子设备，也不怕因施放干扰而暴露自己，遭来敌方的攻击。在战术应用上，“无人飞机”可以形成假目标和多目标，或模拟袭击和佯攻。小型无人飞机有的带侦察、积极干扰和消极干扰设备；有的什么也不带，作为假目标；有的带侦察定向设备和炸药，遇到威胁雷达的照射，就自动跟踪炸毁雷达。

投掷式干扰机：

也称一次使用干扰机或“有源箔条”。投掷式干扰机既可用噪声干扰，也可用回答式欺骗干扰。有一种大功率的“丛林式”干扰机从飞机上投放后，靠降落伞缓慢下降，着陆后