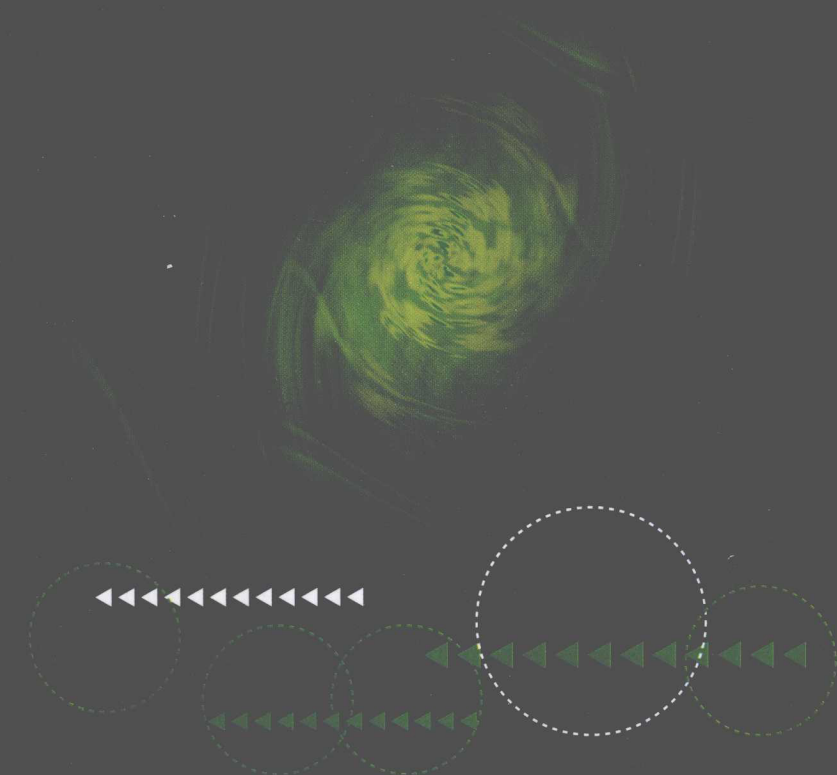


■ 赵惠昌 张淑宁 编著

电子对抗理论与方法

DIANZI DUIKANG LILUN YU FANGFA



国防工业出版社
National Defense Industry Press

电子对抗理论与方法

赵惠昌 张淑宁 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书以电子对抗中主要解决的三大问题,即电子对抗中的信号侦测问题、电子对抗中的干扰问题和电子对抗中的抗干扰问题,详细介绍了无线电频率侦测、辐射源定位理论与方法、有源干扰干扰机理、电子干扰理论与方法以及电子系统抗干扰理论与方法,并开展了对典型电子武器系统干扰方式的讨论。在内容编排上,重点对基本理论和方法进行阐述,并配以适当的图片,有一定的系统性、完整性和新颖性。本书适合作为大学本科电子对抗相关学科的专业教科书,同时可作为硕士研究生相关学科教学用书,也可作为从事电子战系统工程技术人员自学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子对抗理论与方法/赵惠昌,张淑宁编著. —北京:国防工业出版社,2010.3
ISBN 978-7-118-06679-1

I. ①电... II. ①赵...②张... III. ①电子对抗—研究 IV. ①TN97

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 031674 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 12¼ 字数 350 千字

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

众所周知,雷达和无线电通信的发明,扩大了陆海空战场的作战范围,改变了诸军兵种协同作战的方式,导致了电子战的形成和发展。随着电子技术的快速发展,电子装备已渗透到军事领域的各个方面,并对武器平台的作战效能起着决定性影响。近年来,几次局部战争证明现代战争几乎完全依赖于电子设备,可以毫不夸张地说,现代战争离开了电子战争就不能称其为现代战争。我国有关部门根据对立面相互斗争的哲学原理,称电子战为“电子对抗”。

海湾战争后,电子对抗(电子战)有了新的定义和内容,重新定义的电子对抗包括电子支援、电子进攻和电子防护三部分内容。电子支援是由指挥员授权或直接控制电子侦察设备对敌方有意或无意辐射的电磁能量进行搜索、截获、识别定位和辨识直接威胁,为电子战作战和其他战术行动服务。电子进攻是电子对抗的进攻部分,是利用电磁能或定向能等手段来攻击、蒙骗敌方人员、装备和设施,以降低、抑制和摧毁敌方战斗力。电子防护是电子对抗的防御部分,是为保护己方人员、装备、设施免遭受敌方或友方电子战的损害所采取的行动。重新定义的电子对抗包含了电子对抗领域的所有内容。

本书适合作为大学本科电子对抗相关学科的专业教科书,同时可作为硕士研究生相关学科教学用书,也可作为从事电子战系统工程技术人员的自学参考用书。为阅读本书,读者应具备基本的微积分、概率论、随机过程的预备知识和雷达原理等先修课程知识。

本书在参考了现有国内外电子对抗技术相关资料的基础上,详细论述了电子对抗理论和方法。本书共分6章。第1章 电子对抗(电子战)概述,介绍了电子对抗的定义和分类,电子对抗频段的划分,电子对抗的发展历程及其在现代战争中的地位和作用,以及电子对抗理论与方法中要解决的三大问题;第2章 电子对抗中的侦察技术,该部分内容隶属于电子支援范畴,详细论述了信号频率侦测的各种侦察接收机工作原理、对无线电辐射源的定位理论和方法、实际侦察系统的作用距离及虚警概率、探测概率等问题;第3章 电子对抗中的电子进攻技术,结合战场态势,阐述了电子进攻系统的电子进攻概念、干扰方程、电子干扰技术(包括有源干扰技术和无源干扰技术)、隐身技术及电子战摧毁技术;第4章 有源干扰干扰机理分析,从理论上分析推导了噪声及其噪声调制干扰信号对接收机的干扰机理、周期波形及其周期波形

调制干扰信号对接收机的干扰机理、伪随机噪声及其伪随机噪声调制对接收机的干扰机理、阻塞干扰机理;第5章 对典型电子武器系统干扰方式的讨论,针对无线电引信、雷达两种典型电子武器系统的工作特点,讨论了对其实施干扰的方法;第6章 电子对抗中的电子防护技术,讨论了反电子侦察技术、反隐身技术和抗摧毁技术,着重论述了无线电接收系统的抗干扰方法。

本书是在原南京理工大学内部同名教材基础上改编而成,由南京理工大学赵惠昌教授主编,张淑宁副教授参与了部分章节内容的改编工作。对于原稿中的图表、公式、文字等校对和排版工作,05级研究生龚威做了大量的工作;南京理工大学许建中教授、庄志洪副教授分别审阅了全书内容并提出了许多宝贵意见;教研室、校有关部门领导,特别是校教材科陈锡林老师对出版本书给予了极大的支持,在此表示衷心的感谢!同时,对本书编写过程中所参考的国内外相关资料的作者表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,编写中难免出现错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 电子对抗(电子战)概述	1
1.1 电子对抗及其分类	1
1.1.1 电子对抗定义	1
1.1.2 电子对抗分类	3
1.2 无线电电子对抗频段划分	4
1.3 电子对抗在现代战争中的地位和作用	6
1.4 电子对抗理论与方法中主要解决的三大问题	8
第 2 章 电子对抗中的侦收技术	9
2.1 无线电信号频率侦测技术	10
2.1.1 晶体视频接收机	10
2.1.2 搜索式超外差接收机	13
2.1.3 瞬时测频接收机	19
2.1.4 信道化接收机	22
2.1.5 压缩(微扫)接收机	24
2.1.6 零差接收机	32
2.1.7 I-Q(正交)接收机	32
2.1.8 数字接收机	33
2.2 对无线电辐射源的定向技术	34
2.2.1 搜索法测向	34
2.2.2 比幅法测向	36
2.2.3 比相法测向	38
2.2.4 时差法测向	40
2.3 对无线电辐射源的定位技术	42
2.3.1 到达方向法	42
2.3.2 到达时差法	45
2.3.3 用炮弹对雷达进行无源测距	47
2.3.4 其他无源定位技术	48
2.4 侦收系统的作用距离	51
2.4.1 侦收系统灵敏度	51
2.4.2 侦收作用距离	52
2.4.3 信号在传播中的影响因素	53
2.4.4 雷达视距	55

2.4.5 探测概率	55
第3章 电子对抗中的电子进攻技术	61
3.1 概述	61
3.1.1 电子进攻概念	61
3.1.2 干扰分类	61
3.2 干扰方程	63
3.3 有源干扰	66
3.3.1 压制性干扰	66
3.3.2 欺骗性干扰	69
3.4 无源干扰	70
3.4.1 反射器	71
3.4.2 干扰箔条	73
3.4.3 假目标和诱饵	76
3.5 隐身技术	77
3.5.1 有源隐身技术	77
3.5.2 无源隐身技术	79
3.6 电子战摧毁技术	82
3.6.1 反辐射武器	82
3.6.2 定向能武器	84
第4章 有源干扰干扰机理分析	90
4.1 压制性干扰中射频噪声干扰机理	90
4.1.1 射频噪声干扰对接收机的作用机理	90
4.1.2 射频噪声干扰对信号检测的影响	93
4.2 压制性干扰中噪声调幅干扰机理	95
4.2.1 噪声调幅干扰的统计特性	95
4.2.2 噪声调幅干扰对接收机的作用	97
4.2.3 噪声调幅干扰对信号检测的影响	99
4.3 压制性干扰中噪声调频干扰机理	102
4.3.1 噪声调频干扰的统计特性	102
4.3.2 噪声调频干扰对接收机的作用	105
4.3.3 噪声调频干扰对信号检测的影响	106
4.4 压制性干扰中噪声调相干扰机理	107
4.4.1 噪声调相干扰的统计特性	107
4.4.2 影响噪声调相干扰效果的因素	109
4.5 周期波形调幅干扰机理	109
4.5.1 周期波形调幅干扰信号的时域表示	109
4.5.2 周期波形调幅干扰信号的频域表示	109
4.5.3 周期波形调幅干扰信号的频谱	110
4.5.4 周期波形调幅干扰对接收机的干扰机理	110

4.6	周期波形调频干扰机理	111
4.6.1	周期波形调频干扰信号的时域表示	111
4.6.2	单一正弦波调频干扰信号分析	111
4.6.3	周期锯齿波调频干扰信号分析	115
4.6.4	周期三角波调频干扰信号分析	117
4.6.5	周期矩形波调频干扰信号分析	118
4.6.6	周期波形调频干扰对接收机的干扰机理	119
4.7	伪随机码调相干扰机理	119
4.7.1	伪随机码调相干扰信号分析	119
4.7.2	伪随机码调相干扰对接收机的干扰机理	122
4.8	大信号阻塞干扰机理	124
4.8.1	阻塞干扰机理	124
4.8.2	阻塞干扰对接收机性能的影响	129
第5章	对典型电子武器系统干扰方式的讨论	130
5.1	对无线电引信的干扰	130
5.1.1	典型体制无线电引信	130
5.1.2	对无线电引信的干扰	136
5.1.3	无线电引信实验干扰机	142
5.2	对雷达的干扰	145
5.2.1	雷达基本类型	146
5.2.2	对雷达的干扰	150
第6章	电子对抗中的电子防护技术	156
6.1	反电子侦察	156
6.2	抗干扰方法	157
6.2.1	防止接收机过载	157
6.2.2	对干扰信号的对消	163
6.2.3	对干扰信号的选择(或分离)	164
6.2.4	自适应能力抗干扰	178
6.3	反隐身技术	180
6.4	抗摧毁技术	182
附录	部分词汇汉英对照表	185
参考文献		187

第 1 章 电子对抗(电子战)概述

第二次世界大战期间,军事领域第一次大规模引入电子学或电子技术。这以后在武器系统中,电子技术所占的比重越来越大,有时甚至占统治地位。电子战是现代高科技应用最活跃、最深入的领域。毫不夸张地说,现代战争离开了电子战争就不能称其为现代战争。

也许,电子战争中最重要和最具有挑战性方面的内容就是电子对抗,这正是电子战争的最大魅力所在。如地面战区将用电子对抗破坏敌方的雷达系统,同时更主要的是用于扼制敌方各部队间的通信,就有关飞机、海上水面舰船、地面车辆甚至建筑物等电子战而言,扼制敌方的雷达系统和有关的武器系统将具有重大意义。

据统计,如果没有干扰,则防空导弹一次齐射(约为 3 发)的杀伤概率在 90%以上,防空火炮一次点射(约为 36 发)的杀伤概率在 80%以上,步兵肩扛发射的防空导弹杀伤概率也在 50%以上。

如果采取适当的电子对抗手段,可大大降低武器的杀伤概率。如越南战争中,美军综合采用了多种雷达对抗措施,曾一度使地空导弹的杀伤概率下降到 2%,防空火炮杀伤概率下降到 0.5%以下;海湾战争中,美军的 F-117A 隐身轰炸机出动数千架次,执行防空火力最强地区的轰炸任务,在强大的电子干扰掩护下,竟无一损伤。

现代战争中,一种作战装备因其在战争中的作用和地位不同可能受到多种雷达和武器系统的威胁、杀伤。如一架作战飞机可能会同时遭受到敌方的空中机载雷达、末制导雷达、近炸引信、地面搜索指挥雷达、地空导弹系统、炮瞄雷达、海面舰载雷达等以及各种无源干扰的威胁。如果它及所在方不能有效地对抗敌方诸多的威胁雷达和武器系统,则其不仅不能完成预定的作战任务,甚至不能保证自己的生存。

电子战最初叫做无线电对抗,1949 年,美国正式用“电子对抗”取代“无线电对抗”,并一直沿用至今。习惯上,有些西方国家称其为“电子战”;苏联称其为“无线电斗争”;我国有关部门根据对立面相互斗争的哲学原理,称其为“电子对抗”。

1.1 电子对抗及其分类

1.1.1 电子对抗定义

传统的电子对抗定义为使用电磁能量测定、利用、削弱或通过破坏、摧毁、阻止敌方使用电磁频谱,同时保障己方使用电磁频谱的军事行动。包括三部分内容:

(1) 电子干扰措施(ECM)。电子干扰措施指阻止或削弱敌方对电磁频谱的有效使用所采取的行动。它包括有源电子干扰和无源电子干扰。无源电子干扰用某种方式反射雷达电磁波以与真实目标的反射相抗衡,这种对抗一般用角反射器或箔条实现。有源电子

干扰系统通过发射适当的无线电电磁波束来扼制敌方电子设备效用,尽最大限度地减轻对己方的威胁。

(2) 电子抗干扰措施(ECCM)。电子抗干扰措施指在敌方使用电子战的情况下确保己方有效使用电磁频谱所采取的行动。它是利用电子手段破坏敌方侦察、扼制敌方的干扰,使己方电子设备保持原有的战术技术水平。

(3) 电子战支援措施(ESM)。电子战支援措施指在作战指挥官直接控制下,搜索、截获、识别和定位辐射电磁能量的辐射源,以立即辨认威胁而采取的行动。因此,ESM 提供即时决策所需的信息资源,包括 ECM、ECCM、规避、目标导向和兵力的其他战术使用。

海湾战争后,美国参谋长联席会议作战部召集美国武装部队各联合司令部和专业司令部的电子战专家于 1992 年 3 月举行了电子战专题讨论会,并根据海湾战争经验决定重新定义电子战概念。

重新定义的对电子对抗(电子战)包含以下三个部分:

1) 电子进攻(EA)

电子进攻为电子对抗的进攻部分,是利用电磁能或定向能等手段来攻击、蒙骗敌方人员、装备和设施,以降低、抑制和摧毁敌战斗力。EA 比传统的 ECM 更强调对敌方电磁传感器进行永久性的破坏和摧毁,因而,更具有攻击性。它包括电子干扰设备(如通信干扰、雷达干扰、引信干扰、制导干扰、光电干扰、计算机病毒、网络袭击等)、反辐射武器(反辐射导弹、反辐射炸弹、反辐射无人机等)、定向能武器(微波定向能武器、激光武器、粒子束武器等)、电子欺骗(电子伪装、模拟欺骗、冒充欺骗等)和隐身(无源隐身、有源隐身等)。

以前,电子对抗被称作“软杀伤”。所谓“软”是和火炮、导弹等硬杀伤武器相比较而言的。因为电子干扰会使敌方的通信中断、雷达迷盲,但却不可能从实体上将其破坏和摧毁。现在把电子干扰改为电子进攻,从而扩大了电子对抗使用兵器的范围,电子对抗更具进攻能力。

2) 电子防护(EP)

电子防护是电子对抗的防御部分,是为保护己方人员、装备、设施遭受敌方或友方电子战的损害所采取的行动。EP 比传统的 ECCM 增加了对友方电子战的防护,并采取对敌方的电子侦察设备主动电子进攻以掩护己方电子活动的策略。它包括电磁抗干扰、电磁加固、频率分配、信号加密、反隐身等,以及干扰敌方的电子侦察设备及其他电子对抗技术或方法。

在海湾战争中,美军发现,己方的电子战行动对自己的电子设备造成的影响也相当严重,甚至直接影响到了战斗力的发挥,特别是对友军的电子设备的影响。美军把这种现象称作电子设备的“自杀”。在未来战争中,如何解决电子战频率冲突和电子设备互扰的问题将是一个重要的课题。

3) 电子战支援(ES)

电子战支援是由指挥员授权或直接控制电子侦察设备对敌方有意或无意辐射的电磁能量进行搜索、截获、识别定位、辨识直接的威胁,为电子战作战和其他战术行动服务。ES 比传统的 ESM 更加强调电子侦察情报与其他情报资源的综合运用,以便向指挥员提供更丰富、更准确的战术情报支援。它包括信号情报(电子情报、通信情报等)、威胁告警(雷达告警、光电告警等)、测向定位(雷达测向、通信测向、光电测向等)。

图 1-1 所示为新定义电子对抗包含内容。三部分交叠表示一些电子战行动不只属于一个范畴。

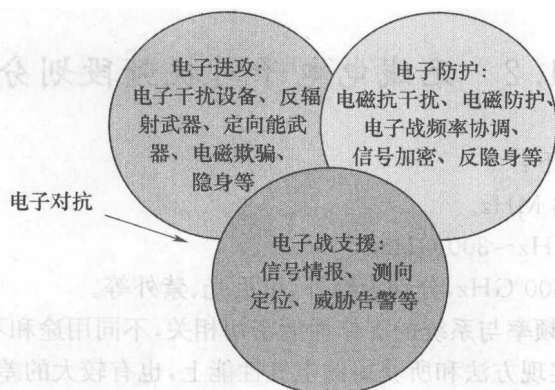


图 1-1 电子对抗包含内容

与此相关的电子战术语还有：

1) 指挥和控制战(C^2W)

指挥和控制战是在情报相互支援下综合运用作战保密、军事欺骗、心理战、电子战和实体摧毁手段,不让敌方指挥和控制能力获得信息,影响、削弱或破坏敌方指挥和控制能力,同时保护己方指挥和控制能力不受这类行动的危害。 C^2W 适应于整个作战领域和所有级别的冲突。 C^2W 具有进攻性和防御性。

2) C^4W

C^4W 指计算机、通信、指挥、控制战。

电子战的核心是利用和反利用电磁频谱,力求做到战场信息单向透明。

1.1.2 电子对抗分类

电子对抗包含了使用电磁频谱进行对抗的各个领域,内容十分丰富,有多种分类方法。电子对抗按使用电子设备的类型可分为无线电通信对抗、雷达对抗、制导对抗、引信对抗、光电对抗和水声对抗等;其中通信对抗、雷达对抗、制导对抗和引信对抗即为我们通常所说的“四大电子对抗”。这四大对抗在军事上具有相同的重要性和不同的时效性。通信对抗是为了破坏敌方的指挥系统,雷达对抗是为了破坏敌方的侦察系统,制导对抗是为了破坏敌方的命中系统,引信对抗是为了破坏敌方武器的终端毁伤系统。

按配置部位又可分为外层空间对抗、空中对抗、地面(包括海面)对抗和水下对抗。机载电子对抗系统是现代电子对抗的主要手段。随着弹道导弹和卫星的发展,外层空间是一个新的战场,电子对抗在未来的现代化战争中,将对战略攻防起到重要作用。

从频域上可将电子对抗分为射频对抗、光电对抗、声学对抗。在每个领域上,电子对抗的范围都在发展。

射频对抗,其对抗频率范围为 $3\text{MHz}\sim 300\text{GHz}$,是雷达、通信、导航、敌我识别、引信、制导等设备的主要工作频段。

光电对抗,其频率在 300GHz 以上,由红外、可见光、激光等,是近距离精确制导武器和高定向能武器工作的主要频段。

声学对抗,主要应用于水下信息对抗。从次声波至超声波,是声纳、水下导航定位设备的主要工作频段。

1.2 无线电电子对抗频段划分

常用频段划分如下:

声学主频段, $\leq 3\text{ MHz}$ 。

射频主频段, $3\text{ MHz}\sim 300\text{ GHz}$ 。

光电主频段, $\geq 300\text{ GHz}$,分别为红外、可见光、紫外等。

电子系统的工作频率与系统的工作性能密切相关,不同用途和不同体制的电子系统,其工作频率不同,在实现方法和所获得的电气性能上,也有较大的差异。常用频段的详细划分见表 1-1。

表 1-1 常用频段划分表

标 记	频率/MHz	波长/m	按 1947 年国际协议对应的名称		
VLF	0.01~0.03	30000~10000	超长波(超低频)		
LF	0.03~0.3	10000~1000	长波(低频)		
MF	0.3~3	1000~100	中波(中频)		
HF	3~30	100~10	短波(高频)		
VHF	30~300	10~1	米波(甚高频)	超 短 波	
UHF	300~3000	1~0.1	分米波(特高频)		
SHF	3000~30000	0.1~0.01	厘米波(超高频)		
EHF	>30000	<0.01	毫米波(极高频)		

在雷达领域中,常用表 1-2 给出的字符来标识雷达常用工作频段。它作为一种标准已被电气和电子工程师协会(IEEE)正式接受,并被美国国防部认可。国际电信联盟(ITU)为无线电定位(雷达)指定了特定的频段。这些频段列于表 1-2 的第三列。它们适用于包括北美、南美在内的 ITU 第 II 区。

表 1-2 标准的雷达频率命名法

波段名称	频 率 范 围	ITU 规定的 II 区的雷达频段
HF	3MHz~30MHz	
VHF	30MHz~300MHz	138MHz~144MHz, 216MHz~225MHz
UHF	300MHz~1000MHz	420MHz~450MHz, 890MHz~942MHz
L	1000MHz~2000MHz	1215MHz~1400MHz
S	2000MHz~4000MHz	2300MHz~2500MHz, 2700MHz~3700MHz
C	4000MHz~8000MHz	5250MHz~5925MHz
X	8000MHz~12000MHz	8500MHz~10680MHz
Ku	12GHz~18GHz	13.4GHz~14.0GHz, 15.7GHz~17.7GHz

(续)

波段名称	频率范围	ITU 规定的 II 区的雷达频段
K	18GHz~27GHz	24.05GHz~24.25GHz
Ka	27GHz~40GHz	33.4GHz~36.0GHz
V	40GHz~75GHz	59GHz~64GHz
W	75GHz~110GHz	76GHz~81GHz, 92GHz~100GHz
毫米波	110GHz~300GHz	126GHz~142GHz, 144GHz~149GHz 231GHz~235GHz, 238GHz~248GHz

每个频段都有其自身特有的性质,从而使它比其他频段更适合于某些应用场合。

高频(HF):在这个频段上,大功率器件比较容易实现,接收机的频率稳定度及其相关的动目标显示性能也容易做好,盲速不易出现。另外高频电磁波的一个重要特性是它能被电离层折射,因此,可实现超视距目标检测。但在高频段,窄波束宽度要采用大型天线,外界自然噪声大,可用的带宽窄,并且民用设备广泛使用电磁频谱的这一部分。此外,波波长意味着许多有用的目标位于瑞利区,在该区内目标的尺寸比波长小,因此,目标的截面积在 HF 频率条件下比在微波条件下小。

甚高频(VHF):与 HF 频段一样,VHF 频段很拥挤,带宽窄,外部噪声高,波束宽。因此,雷达很少采用该频段。

超高频(UHF):与 VHF 相比,超高频段外部噪声低,波束也较窄,并且也不受气候的困扰,接收机具有良好的动目标显示能力。但这个频段也有通信和电视电磁波的干扰,接收机频率的选择和滤波同样十分重要。

L 波段(1.0GHz~2.0GHz):它是地面远程对空警戒雷达首选的频段,该频段的雷达作用距离远,外部噪声较低,天线尺寸不太大,角分辨率也较好。目前 GPS(全球定位系统)卫星使用 1.57442GHz 和 1.22760GHz 作为卫星导航定位的载波。

S 波段(2.0GHz~4.0GHz):是目前雷达使用较多的频段,远距离的警戒引导雷达和中距离的跟踪雷达均可使用这一频段。在这个频段内,电磁波受气象条件的影响已变得明显起来。MTI 雷达出现的盲速数量增多,从而使 MTI 的性能变差。

通常比 S 波段低的频率适合于对空警戒(大空域内探测和低数据率跟踪多目标),S 波段以上的频率更适合于信息收集。

C 波段(4.0GHz~8.0GHz):C 波段介于 S 波段和 X 波段之间,可看作是二者的折中,但是在该频段或更高的频率上实现远程对空警戒很困难。该频段常用于导弹精确跟踪的远程精确制导雷达中。多功能相控阵防空雷达和中程气象雷达也使用该频段。这个频段的接收机许多关键电路的设计要采用分布参数。

X 波段(8.0GHz~12.5GHz):X 波段是军用武器控制(跟踪)雷达和民用雷达的常用频段。舰载导航和领航、恶劣气象规避、多普勒导航和警用测速都使用 X 波段。X 波段雷达的带宽宽,从而可产生窄脉冲(或宽带脉冲压缩),并可用尺寸相对小的天线产生窄波束。

S 波段、C 波段和 X 波段较严重的气象干扰影响了雷达接收机的动目标性能。然而对气象雷达而言,云雨的反射回波恰恰是所需要的信号,所以气象雷达一般都工作在 S 波

段、C波段和X波段。

Ku、K和Ka波段(12.5GHz~40GHz):以水蒸气的吸收频率为界将K波段细分为两个频段,低端用Ku表示,高端用Ka表示。这些频段带宽宽,且用小孔径天线可获得窄波束。但在该波段难于产生和辐射大的功率,由于雨杂波和大气衰减的限制,工作在较高频率越加困难。所以,使用该频段的雷达不多见。但用于机场地面交通定位和控制的机场场面探测雷达由于要求高分辨力,它们工作在Ku波段。因为作用距离近,该波段特性的缺点并不重要。

毫米波段(40GHz以上):当频率为60GHz时,由于大气中氧气吸收产生的异常衰减,排除了雷达在其邻近频率的应用。因而94GHz频率(3mm波长)通常代表毫米波雷达的“典型”频率。实际上,所谓“传播窗口”(94GHz)处的衰减同样大于2.22GHz水蒸气吸收频率点处的衰减。毫米波雷达更适合于工作在没有大气衰减的空间雷达。对近程应用,当衰减不大且可承受时,人们在大气层内的近程雷达(如毫米波引信)中也考虑采用这些频率。

1.3 电子对抗在现代战争中的地位和作用

1. 电子对抗技术在现代战争中的地位

随着科学技术的飞速发展,各类武器装备中电子技术含量不断增加,电子对抗技术几乎渗透到所有军事领域中。战场的侦查、监视和警戒,目标的跟踪与识别,精确制导武器的制导,武器系统的瞄准与射击,作战部队的指挥与协同等都是通过电子技术来实现的。谁掌握了“制电磁权”谁就掌握了战争的主动权。现代战争中的实践证明,电子对抗技术已贯穿于战争的全过程,是高技术武器的“倍增器”,是现代战争中一种重要的作战手段,对战争的进程和结局将产生重要影响。电子对抗技术在现代战争中将发挥更大作用。

2. 电子对抗技术在现代战争中的作用

1) 获取敌方军事情报

电子侦察系统集声、光、电技术于一体,从水下到海上,从地面到太空,到处都部署着电子侦察探测设备。通过电子侦察,获取敌方电子设备的有关技术参数、数量和配置位置的情报,从而判断敌方兵力部署和行动意图,为我方制定作战计划提供依据。

2) 破坏敌方作战指挥

无线电通信仍是军队作战指挥的主要手段之一。在陆海空协同作战、坦克集群突防、飞机或舰艇编队行动、空降作战、海上登陆作战以及军队被围时,无线电通信是唯一的通信手段。对敌方无线电通信设备进行有效的干扰,使敌方的指挥通信中断、瘫痪,将严重削弱敌军的战斗力。

3) 掩护突防和攻击

在现代战场上,雷达担负着对空、对海警戒,搜索、跟踪目标等众多任务。对敌方雷达系统进行有效的电子干扰,使其难以发现目标或发现的是假目标,无法控制武器进行攻击,从而达到减少被敌打击的机会、掩护己方部队进攻和突防的目的。

4) 保护重要目标

在一些重要目标的附近部署雷达干扰设备,干扰敌方机载雷达和制导武器的末制导

雷达,以降低其命中精度。干扰敌方的全球卫星定位系统,使敌制导武器失控。设置反雷达、反红外伪装等,以保护己方炮兵阵地、导弹发射阵地等重要目标。

5) 保障己方电子设备正常工作

战场上情况瞬息万变,指挥员需要尽快得到各种情报信息,以便采取多种行之有效的反侦察、反干扰、反摧毁等防御措施,保障己方无线电通信迅速、准确、保密、不间断,雷达和制导兵器控制自如,这对于取得作战的胜利具有重要意义。

3. 电子对抗技术对现代战争的影响

随着电子技术飞速发展并广泛应用于军事领域中,电子对抗已经突破了通信、雷达对抗的范畴,扩展到指挥、控制、制导以及光电、水声领域,并由单一的作战保障手段发展成为一种独立的作战手段,对现代战争将产生重大的影响。

1) 战场环境更加错综复杂

电子对抗技术在高技术战争中的运用使战场环境更趋复杂。① 战场由海、陆、空向电磁空间扩展,交战双方不但在有形的地面空间战场上激烈拼杀,而且在无形的电磁空间中进行电磁拼杀斗争。② 电子战渗透到陆、海、空、天几乎所有的作战系统,贯穿于现代战争始终。

2) 交战双方力量对比产生重大变化

世界近期的几场局部战争结果表明,武器设备和人员数量占优势,而电子对抗能力弱的一方,不是真正的优势。因为武器系统中电子技术的进步与落后,电子对抗能力的强弱,已经成为改变军事力量对比的重要因素。在海湾战争中,伊拉克在兵力数量上占优势,武器装备也不是很落后,多国部队却能长驱直入,在很短的时间内取得胜利,重要的原因之一就是依赖电子压制的掩护,将几十万部队进行大范围、远距离的机动,对伊军达成了战役的合围。开战后又成功地干扰压制了伊军地面战术通信系统,使其指挥陷于瘫痪,地面部队形如散沙,难以形成战斗力。

3) 对作战进程产生重大影响

现代战争必然是以电子对抗为先导,并贯穿于战争全过程,甚至在战争打响之前就已经进行着激烈的对抗。电子对抗为及时获取对方军事情报,达成战争的突然性和攻击的准确性奠定了坚实的基础。电子对抗装备和作战武器的综合运用,使军队的远战能力和攻击能力大大增强,武器命中精度大大提高,战略意图“一步到位”的可能性增大,使战争的进程得以有效的控制,速战速决成为可能。科索沃战争,由于美国和北约掌握了战场的制电磁权,并以此赢得了制空权,从而牢牢地控制住战场,主导着整个战场,不仅掌握着战场的节奏,而且掌握着袭击的时间表。这表明战争和战场的透明化。在现代战争中,电子对抗的运用将决定战争的进程,乃至战争的胜败。

4) 促进作战方式的变革

电子对抗手段的运用,为战争的实践提供了宝贵的经验,极大地促进了传统作战方式的变革。电子对抗已从过去的作战手段发展为直接的军事打击力量。这就势必促成电子对抗与情报战、火力战等软硬一体的新的作战方式出现。与此同时,电子对抗技术的广泛运用,正促成传统的作战方式发生重大变革。自海湾战争之后,地面交战和空中攻击的时间比例日趋悬殊,特别是科索沃战争,使空战取胜成为现实,战略空袭已构成独立的战争阶段;具有攻防能力的远程武器系统将“短兵相接”的近战转向远程作战为主;各种先进的

飞机可以昼夜不停地实施空袭作战,将昼间作战转向夜战为主等。随着计算机技术在军事领域中的应用,网络战走向了战争的舞台,网络战的出现对未来高技术局部战争的作战样式、作战形态都产生重要而深刻的影响。这些作战样式的改变,在很大程度上都得益于电子技术,特别是电子对抗系统效能的充分发挥。

4. 电子对抗技术的发展趋势

随着科学技术的飞速发展,高技术武器装备中电子技术的含量在不断增加,电子对抗的装备已渗透到战争的所有领域中,并对现代战争产生重大影响。为适应未来高技术战争对电子对抗技术的要求,就必须加快发展电子对抗技术。其发展趋势主要表现在以下几个方面:

1) 电子对抗的手段向一体化和通用化方向发展

高技术战争的综合战场是以高技术电子兵器的综合应用为特征的,它将导致未来的军事对抗和电子对抗的内容、模式和概念发生深刻的变化。未来的电子对抗中,空地、空海一体和陆、海、空、天、电一体化和通用化方向发展,使电子战系统实现资源共享,对抗手段互通,提高电子对抗装备的综合能力。

2) 电子对抗的重点向 C⁴ISR 一体化系统和反精确制导武器方向发展

电子对抗的主要目标是指挥、控制、通信及情报系统,防空(指挥)雷达系统,武器制导(指挥)系统等。这些系统中最重要的是指挥、控制、通信、计算机、情报以及侦察、监视系统即 C⁴ISR 系统。C⁴ISR 系统是国家及军队威慑力量的重要组成部分,是现代军队的神经中枢。C⁴ISR 系统一旦遭到破坏,后果不堪设想。电子对抗的重点向 C⁴ISR 一体化方向发展。

精确制导武器具有极高的命中率和较好的作战效能,是未来高技术战争重要武器装备之一。精确制导武器的命中率取决于它的制导系统。制导系统是由电磁波、红外或激光传感器来引导,因此,对付它的最有效手段就是电子对抗,尤其是综合电子对抗系统。一批围绕制导与反制导的新的电子对抗装备或系统,将成为电子对抗技术发展的重要内容。

3) 电子对抗的领域将不断拓展,新样式不断出现

在高新技术的推动下,电子对抗的装备将不断发展更新,电子对抗领域将不断拓展。

- ① 计算机病毒等将成为电子战的新领域;
- ② 定向能武器可望成为电子战的又一“拳头”;
- ③ 电磁脉冲弹将成为电子设备的新“克星”;
- ④ 网络战将成为信息争夺的重要平台。

4) 电子对抗的电磁频谱向全频段发展

由于雷达侦察技术向扩展频段、提高测向及测频精度、增强信号处理能力方向发展,所以未来的电磁斗争频谱将向全频段发展。

1.4 电子对抗理论与方法中主要解决的三大问题

电子对抗理论与方法中主要解决的三大问题是:电子对抗中的信号侦测问题、电子对抗中的干扰问题和电子对抗中的抗干扰问题。其中电子对抗中的信号侦测问题主要解决对电子信号的侦察接收,辐射源的定距、测向,即定位问题;电子对抗中的干扰问题主要解决对辐射源及敌方接收机系统的干扰,使其无法正常工作;电子对抗中的抗干扰问题主要解决在敌方电子干扰情况下,如何保护己方电子设备的正常工作。本书将围绕这三大问题展开讨论。

第2章 电子对抗中的侦收技术

电子侦收是获取军事情报的重要手段,也是实施电子进攻和电子战摧毁的前提。电子侦收是用电子侦察装备对敌方军事电子设备辐射的电磁信号进行截获、检测、分析、识别、定位,以便确定敌方军事电子设备及其相关平台对己方的威胁程度,为己方指挥决策和电子战装备设计提供情报支援。

电子侦收的首要任务是确定敌方辐射信号的频率和辐射源位置,通常由电子侦察接收机来完成这一任务。电子侦察接收机可以分为四种类型:宽开式接收机、扫描接收机、信道化接收机和半宽开自适应接收机。其中宽开式接收机能够瞬时地不加排斥地接收所有可侦测范围内的各种信号;扫描接收机在可侦测的信号范围内只开了一个小窗口接收信号;信道化接收机则是在整个可侦测范围内用多个小窗口同时工作,其窗口总和瞬时覆盖整个侦测范围;半宽开自适应接收机在被侦测范围内开一个大小和位置将被自适应控制的窗口接收信号。

典型自动化电子侦察系统的结构如图2-1所示。

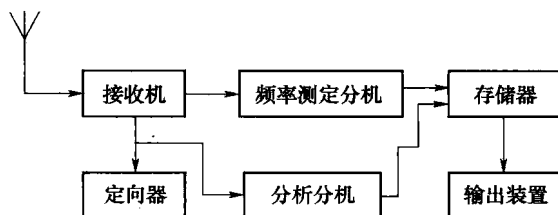


图 2-1 自动化电子侦察系统框图

图2-1中,天线采用宽带天线,并保证按要求的精度进行定向。天线应具有低副瓣电平,以便减小干扰和定向误差概率。对安装在飞机、宇航设备、舰艇上的侦察设备,需要考虑电磁兼容性,即保证与其他机载(舰载)设备天线很好地兼容。

电子侦察接收机参数有:

- (1) 覆盖的频率范围。
- (2) 调谐时间(在单位时间内锁定和记录信号数量的能力)。
- (3) 在频域搜索被侦察信号方式。
- (4) 发现信号概率(与其相关的特征参数,如门限信号、透过概率、噪声电平)。

信号参数包含有:

(1) 空间参数。包括定向参数、电子系统的角坐标、被侦察对象的运动速度和加速度。

(2) 时间参数。包括脉冲信号宽度、脉冲信号重复周期。

(3) 频率参数。包括载频、副载频和信号频谱的其他特征频率、辐射信号谱宽、辐射信号局部最大谱线的特征参数。