

LEIDA DUIKANG



雷达对抗

王殿勇 编著

国防工业出版社 出版

雷 达 对 抗

王殿勇 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是电子对抗方面的普及读物，着重介绍雷达对抗中的侦察、干扰和反侦察、干扰。包括雷达侦察的目的和方法，雷达干扰的种类和应用，实现雷达反侦察、干扰的一般措施；对有些设备的基本组成和工作原理亦作了简要的叙述。

本书可供从事雷达和雷达对抗技术工作的工人、战士、干部及中等技术人员参考。

雷 达 对 抗

王殿勇 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张3³/₈ 70千字

1979年9月第一版 1979年9月第一次印刷 印数：00,001—18,000册

统一书号：15034·1837 定价：0.33元

编 者 的 话

在第二次世界大战中,第一次对雷达成功地实施了干扰,从此揭开了电子战的序幕。三十多年来,随着各种新式武器的不断出现,特别是电子科学技术突飞猛进地发展,在电子设备方面的对抗越演越烈。可以毫不夸张地说,在现代化的战争中,电子对抗已经成为克敌制胜的一种不可缺少的手段。

尽管各国对新问世的电子对抗技术和设备严加保密,以备出其不意地突然使用,但是,就其已经透露的情况来看,都在尽力将最新的科学技术应用于研制各种高效能的电子对抗设备。而且,目前电子对抗的发展趋势已超出了电子科学技术的范畴,变成跨越几个学科的综合技术。

本书是在参阅了电子对抗方面的一部分公开的资料,稍加整理编写而成。主要供从事有关工作的同志入门参考。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,请批评指正。

目 录

一、绪言	1
二、雷达侦察	5
1. 雷达侦察的目的	5
2. 雷达侦察设备的基本组成	7
3. 雷达侦察的基本原理	9
4. 常见雷达信号波形	17
5. 雷达信号参数的测定	19
6. 雷达侦察设备的性能	23
7. 雷达侦察设备的分类	26
三、雷达干扰	29
1. 雷达干扰的意义	29
2. 对警戒雷达的有源干扰	31
3. 对跟踪雷达的有源干扰	50
4. 对雷达的无源干扰	68
四、雷达反侦察、干扰	79
1. 雷达反侦察、干扰的技术措施	80
2. 近代雷达的反侦察、干扰性能	97

一、绪 言

“古代战争，用矛用盾：矛是进攻的，为了消灭敌人；盾是防御的，为了保存自己。直到今天的武器，还是这二者的继续。轰炸机、机关枪、远射程炮、毒气，是矛的发展；防空掩蔽部、钢盔、水泥工事、防毒面具，是盾的发展。”● 自从我国古代发明了火药以来，各种类型的枪炮武器在历代的战争中大量地涌现出来，陆地上的、海洋里的、天空中的作战武器，直至现代的导弹和反导弹武器，无不是这矛和盾的两个方面在对立的斗争中逐渐发展起来的。

每当我们提到打仗作战所使用的武器时，很自然就会想到枪炮子弹、坦克军舰、飞机导弹等这一类人们所熟知的东西。随着现代战争的需要和无线电电子技术的发展，在军事上为了有效地组织作战和发挥杀伤武器的威力，逐渐地使用了各种无线电设备，诸如通信、导航、雷达、制导、遥控遥测等。由于无线电设备的特点是向空间辐射或者由空间接收电磁波来进行工作的，因此使得无线电设备容易受到敌方的侦察和干扰，从而可能造成己方的军事通信和指挥中断、雷达迷盲、武器失控等严重现象。为此必须采取相应的对抗措施，使己方无线电设备免遭敌方的侦察和干扰，以保障军事通信、雷达及武器系统的正常工作和效能的充分发挥；同时采用必要的措施，以削弱敌方各种电子设备的功能。因此，伴随着现代武器的使用，近几十年来逐渐形成了一个新的特殊

● 引自毛泽东同志《论持久战》。

战场——“电子战”。这是一种敌对双方利用无线电电子设备或器材进行相互对抗的电磁斗争，故又常称作“电子对抗”。

概括起来说，电子对抗在战争中有如下几个作用。

第一，查明和收集敌方的军事电子情报。

在现代战争中，收集和掌握敌方的军事电子情报，必须使用电子侦察设备，采取各种电子侦察手段（包括电子侦察站、电子侦察飞机、电子侦察船、电子侦察卫星以及各类投掷式的电子侦察装置等），以查明敌方电子设备的工作性能、技术参数、类别、数量、部署、作战使用和行动企图等项军事情报。依此在战时可采取各种干扰破坏手段给敌方制造困难，并为己方采取正确的军事行动创造条件，达到知己知彼百战不殆之目的。这方面的内容称作“电子侦察”。

第二，扰乱、迷惑和破坏敌方电子设备和武器系统的正常工作，使其效能降低或完全失效。这方面的作用可分为三个方面：

（1）扰乱、迷惑和破坏敌方通信联络和军事指挥

在现代战争中，作战地域广阔，军队在战场上高速运动，多军、兵种联合协同作战，因此通信联络对于各军、兵种协同作战指挥十分重要。扰乱、迷惑和破坏敌方的通讯联络，可使其指挥中断。

（2）干扰、迷惑和破坏敌方雷达系统

雷达是防御或进攻体系中的“千里眼”。雷达能监视千里之外的导弹和飞机的活动，并及时发出预警，以作好反击准备。若雷达被干扰，会使雷达变成“瞎子”或获得错误的情报。

(3) 干扰和破坏敌方武器系统

现代化武器系统的效能在很大程度上依赖无线电电子技术和设备。如防空体系中的高炮、防空导弹等要靠电子设备控制、瞄准和制导。若电子设备被干扰,导弹会失去控制,火炮会瞄不准目标。对于战略导弹和反导弹系统,尤其要靠电子设备来指令其行动。若导弹系统的指令和控制信息被侦察干扰,将使得导弹过早分离或引爆,甚至会炸到己方的基地上。

以上三部分内容称作“电子干扰”。

第三,电子对抗另一方面的作用是防止暴露己方无线电设备的工作状态,避免或削弱敌方的侦察和干扰,以保障己方电子设备和武器系统的有效工作。为此所采用的各种对抗措施称作“电子反侦察、干扰”。

近些年来,由于出现了目的在于彻底摧毁敌方无线电设备辐射源(包括无线电干扰设备)的专用火力武器(如反电磁波辐射导弹等),以及随之而采用的为了对付这类火力武器的相应措施,这就使得电子对抗领域又有了新的扩展,前者称作“摧毁”,后者称作“反摧毁”。这部分内容本书不予叙述。

这种电磁斗争在平时和战时都在紧张地进行着,尤其是战时电子对抗的得力与否往往会直接关系到战争的进程和胜败。

在世界作战史上较早使用电子对抗的战例是发生在1914年英德战争中。那时英国利用无线电报对德国舰艇进行跟踪,德国舰艇却由于施放电子干扰而成功地摆脱了英舰的跟踪。从此电子对抗随着战争的进行不断地获得发展。特别是在第二次世界大战中就更加显出了它的重要作用,其中著名的一

个战例是诺曼底半岛登陆战役。1944年，英美联军调动了两千多只舰艇，数十万兵力，准备在英吉利海峡南岸的诺曼底半岛登陆。德军在诺曼底半岛上布署了40多个雷达站，每站至少有两部雷达（警戒和炮瞄雷达），并集结了大量的歼击机、海防快艇和其他防御力量。战役开始前，英美联军对德军所有雷达工作频率、性能及配置情况进行了详细侦察，从而为干扰雷达作好了准备。在无线电通信方面，英美联军通信参谋部发出一些内容虚假的无线电报，并作了一些故意的“泄密”，借以欺骗德军。战役开始后，英美联军使用大量小型船舶，在上面装置着角反射器，并悬放干扰气球，使这些小型船舶在雷达显示器上看来像是一艘艘大型的舰艇；同时用飞机在小型船舶的上空投放干扰箔条，使德军雷达观测员把其看成是大批护航的飞机，以此造成英美联军的舰队要从布伦方向登陆的假象，引诱德军调动了大量的海防快艇和防空兵以及其他防御部队赶向布伦地区。此时英美联军却乘虚而入迅速向诺曼底半岛发动了真正的进攻。进攻前，首先用轰炸机和火箭等摧毁了德军的大部分雷达站，然后又用几十架干扰飞机对残存的雷达实施压制性干扰，使其整个防御系统工作瘫痪，从而保证了这次登陆作战的成功。在这次登陆战役中，英美联军两千多艘舰艇仅损失了六艘，不到千分之三。随后，在五十年代的朝鲜战争中，在六十年代苏联侵捷的突然袭击中，以及在七十年代的中东战争中，电子对抗更加日益获得广泛的使用。

电子对抗的范围很广泛，其中包括通信对抗、雷达对抗、导航对抗以及遥控遥测和制导等无线电电子对抗。此外还包括声纳、红外、激光对抗等技术领域。本书只介绍雷达对抗。

二、雷 达 侦 察

1. 雷达侦察的目的

在军事斗争中，为了获取敌方的情报，有各种各样的侦察手段，诸如敌后侦察，火力侦察，空中侦察，无线电侦察乃至近些年来的卫星侦察等等。其中无线电侦察已成为获取敌方军事情报的一种重要手段，这种侦察的特点是利用无线电电子设备截获敌方辐射的各类无线电波信号，并进行检测、识别、分析和定位，查明其工作性能，以此获得所需要的情报。雷达侦察是无线电侦察的一种，侦察的主要对象是各种类型的雷达。通过对雷达的侦察，可以了解掌握雷达的功能，各种技术参数，运用情况和发展动向，以及雷达阵地作战武器的部署、密度和调动情况。根据对雷达侦察所获得之情报，还可以实施己方的警戒回避，引导干扰，火力摧毁和作为研制各种电子对抗设备的依据。

雷达侦察所获得的情报可分为战术情报和技术情报。

战术情报包括以下几方面的内容：

(1) 各种雷达设备都具有自己独特的信号，因此依据所截获的无线电波的特征，可以判断辐射源的类型，如雷达警戒、火炮控制、导弹制导等，并且利用无线电测向还可以确定各种辐射源的位置及判断所在阵地的大致情况。如飞机携带着雷达侦察设备绕某岛飞行一周，根据截获的雷达信号，

不仅能了解该岛上有几部警戒雷达在作全向搜索以监视整个岛屿的空域，并且可发现由于高山的阻挡而形成的敌方雷达的“盲区”，轰炸机可从雷达的盲区空隙中进入，从而避开防空武器的拦截。

(2) 依据截获的各种雷达信号可以判断辐射源的数量，从而了解武器配置的大致情况。例如由获取敌方阵地上的防空雷达的分布情况，就可判断该阵地导弹发射架和防空火炮的数量和类型。当然，这种判断也会有不可靠的时候，譬如平时不开机而在临战时突然使用的雷达，单靠截取信号的侦察手段，就难以得到准确的情报了。

(3) 依据所截取信号变化的情况，可判断敌方可能的行动企图。如果发现来自导弹发射阵地的各种雷达和通信的无线电波信号一起活跃起来，这种情况可能是准备发射导弹的征候。

另外也可以获取欲侦察雷达设备的各项具体技术参数。诸如警戒、引导指挥、火炮控制和导弹制导等雷达以及各类雷达干扰机等等，这些电子设备在进行工作时都要辐射不同的无线电波信号，利用侦察设备截获和分析这些信号，掌握其技术参数，可以依此研制相应的干扰或抗干扰措施。并且通过侦察可不断地发现新的雷达信号，及时掌握敌方新技术的使用情况，如新体制、新波段及新的调制和扫描方式等等。

雷达侦察并不只是在战时才运用，就是平时也在不停地进行着。平时积累贮备所获取的雷达设备的战术技术参数、工作方式、使用程序等方面的情报，以便及时掌握敌方的一些动向，为战时的斗争作准备。

2. 雷达侦察设备的基本组成

一部较完整的雷达侦察设备应由如下几个主要部分组成，见图1。

侦察接收天线：是确定雷达信号来向的主要部件，分为非搜索式的固定天线组和自行搜索的转动天线两种类型。为使搜索式的天线按一定规律转动，需要有

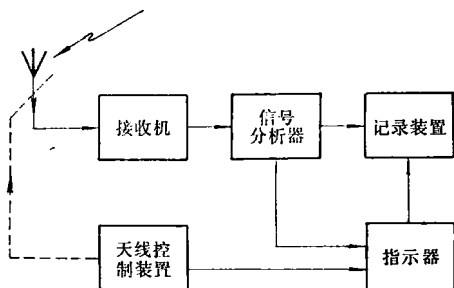


图1 雷达侦察设备的基本组成方框图

天线控制系统，图中画的就是这种情况。为了在宽广的区域内及时发现某一方向来的雷达信号，通常要求天线方向波束宽些为好，但是天线波束太宽了也会带来两个缺陷，一是测向精度低，二是天线增益小。为此有的测向侦察设备是宽、窄波束两种天线配合使用，平时以宽波束天线寻找雷达信号，待发现信号后再用窄波束天线精确地测定雷达信号的来向。

接收机：实际上是一部宽频段的信号放大设备，负责把极微弱的信号增强至成万倍以上，便于推动其它部分的工作和在终端得到明显的指示。一部大型的雷达侦察设备系统包括米波、分米波、厘米波乃至毫米波段的许多个分机。对于灵敏度要求不太高的一般的雷达侦察接收机，采用直接检波式或直接放大式就可以了；对于超远距的卫星侦察，因为收到的信号往往十分微弱，仅有几个微微瓦（1瓦等于 10^{12} 微微

瓦)，所以要求有很高的灵敏度，通常都采用超外差式接收机。欲侦察雷达的距离是事先未知的，而且不同雷达的远近也不同，这就使得进入雷达侦察接收机的雷达信号的强弱相差很大，于是在电路中，通常选用对数放大器或瞬时自动增益控制等来加大信号的动态范围，以保证当输入信号小时终端显示器能够有清晰的指示，输入信号大时也不至造成信号的失真。为了更快地侦收信号，在六十年代出现的快速电调滤波器已广泛装置在超外差式侦察接收机中，用以做频率的预选及本振的自动调谐，从而显著地提高了其截获雷达信号的速度。再加之电子计算机的协同工作，可以在极短的时间内发现和测定雷达信号的各项参数，其测量精度也比较高，误差可达到百万分之几以下，而截获雷达信号的频率范围也较宽。

信号分析器：是由具有各种特殊功能的电路组成，用来测定雷达信号的诸项参数，诸如脉冲宽度、脉冲重复周期等等。

指示器：用以表示雷达信号参数的数值和波形，目前常用的有喇叭音响、灯光指示、荧幕图视、数码显示等，一般头两种作为粗略的预告，而后两种作为较精确的指示。其指示程序常是这样的，当有雷达信号进入侦察接收机时，喇叭首先发出响声予以警告，继而灯亮指出信号的方向或频率所在的大致范围，然后经分析电路的精确测定由荧光屏幕或数码显示器给出准确的波形和数值。

记录装置：特别是在卫星侦察和无人操纵的侦察站中，把截获的雷达信号参数用磁带、照像或计算机存储、打字等办法保存起来，以备使用。

天线控制装置：在方向搜索式侦察接收设备中，用来控制天线按规定程序旋转并使荧光屏的扫描线也一起同步动作，以指示雷达信号的来向。

3. 雷达侦察的基本原理

侦察设备要能够搜索到无线电波信号并引进接收机内部，必须具备三个条件。其一是方向上要对准，即侦察设备的方向性天线要对准雷达发射天线辐射的波束方向。这和我们日常用半导体收音机时所遇到的情况是相似的。如果打开半导体收音机后随便放一个位置，收来的电台播音可能很小或者没有声音，若把半导体收音机适当动一动位置，声音会马上变大。这是因为半导体收音机中的磁棒天线是有方向性的，只有在磁棒横向对准电台时，天线接收到的无线电波信号才是最强的。侦察接收机也是这个道理，只不过天线的方向性更强些（当然还要考虑到雷达辐射的方向性等方面的特点）。其二是频率上要对准，即侦察接收机输入回路的谐振频率要调到和欲侦察雷达所辐射的信号频率相一致。这和打开收音机转动调谐旋钮寻找电台的情况是一样的。其三是时间上要对准，即要掌握雷达的工作或间隙的时间。好比是有些广播电台并非是全天播音，若不了解广播的时间，随时打开收音机，就有可能收不到需要听的电台播音。这三个条件是缺一不可的。假如只把频率调准了，但是侦察接收天线朝南收，而欲侦察的雷达天线向北搜索辐射，也就是两个方向性天线相背，侦察接收机就会截获不到欲侦察雷达的信号；同样，方向对准了频率不一致也截获不到雷达信号。侦察接收机为了侦收无线电波信号通常都是长时间不间断工作的，只要满

足上面两个条件，一旦有信号来就可能被截获，所以时间对准的问题这里不做专门讨论了。

怎样能知道侦察设备在方向和频率上都已瞄准欲侦察雷达的信号了呢？道理是很简单的。主要的方法是观测侦察设备终端输出功率的大小。例如当收到雷达信号之后，再转动天线找到信号输出最大时即为信号方向（所谓最大信号法），然后调谐侦察接收机电路的谐振频率，使输出再次呈现最大值，此时侦察设备所指示的频率就是被截获的信号频率。为了寻找信号，目前主要有两种方法：非搜索法和搜索法。

（1）方向非搜索法

用一组方向性天线分置在 360° 各个方向上（根据实际情况也可以是某个扇形区域），从空间每个区域来的信号 f_s 由单独天线接收，并且要求相邻的两个天线波束有一定的重合区，以保证整个侦察的空域能全部覆盖到。图 2 所示为用八个方向性天线波束来覆盖 360° 全方向，每

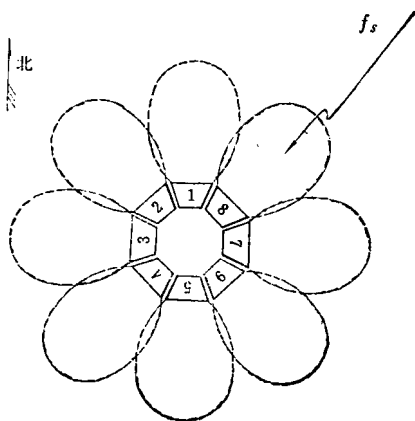


图 2 方向非搜索示意图

个天线的波束角略大于 45° ，并有八部接收机分别与这八个天线联接。假如在东北方向上有信号存在，则由第八路天线接收，同时侦察设备的终端给出相应的指示。这种方法用来覆盖侦察区域的天线个数不能太少，否则势必使相同的侦察

区域里每个天线的波束角要宽，以致天线的增益不能足够大，侦察接收机的灵敏度降低，并且天线波束角愈大则测向误差也愈大。

在方向上非搜索寻找信号的方法，其优点是发现信号迅速及时，但是需要的设备太多，且测向精度也不甚高。

(2) 方向搜索法

只用一个方向性天线由传动机构带动，在一定的扇形角范围内或者整个圆周内作一定规律的扫描，当天线扫到某一个方向恰好有信号进来时，即可得知信号辐射源的方向。如果用一环形显示器并使其扫描线与天线同步转动，被截获的信号方向就可以从荧光屏的刻度上直接读出来。这和雷达测向的道理是一样的，只不过雷达是主动发出探测信号。若将侦察接收天线的方向波束做得很窄，它的测向精度能够达到很高；但是天线波束窄会造成寻找信号的时间相应地加长。因为接收天线转动时遇到信号的机会与它转速大小有相当大的关系，如果天线转速选择不当，势必要花费许多时间方能截获信号。所以搜索式侦察接收天线的转速要依据欲侦察雷达天线的转速等因素来确定。

(3) 频率非搜索法

用一组具有不同频率通带的滤波器，并且相邻通带边缘彼此重叠〔见图 3 (b)〕，以构成一个很宽频域的侦察接收机。在每个滤波器前面接上一个相应尺寸、形状的天线（也可以共用一个宽带天线，由于天线共用器的发展，使频率非搜索法所用的天线个数可大为减少），如米波、分米波段常用螺旋天线，厘米波段用圆极化宽频带的喇叭天线或抛物面天线等。由于侦察接收天线的方向性波束一般较宽，故天线可以

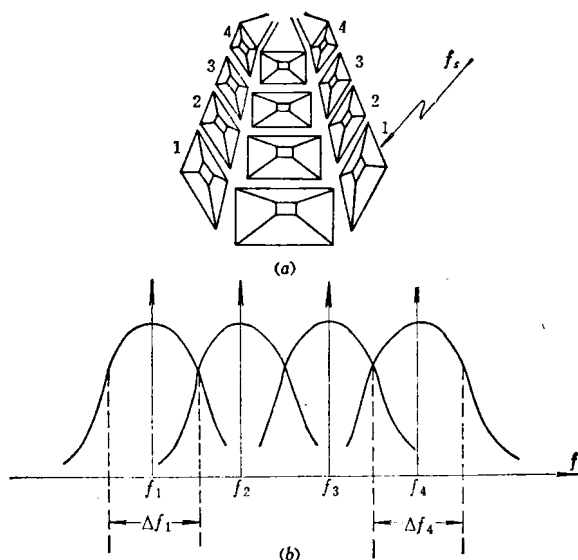


图3 频率非搜索侦察天线示意图

做得较小。图3(a)表示方向和频率都不搜索的一组侦察天线的示意图。假如有信号 f_s 从右侧的1号天线进入,经滤波器过滤后会在侦察接收机终端得到相应的指示。由此可以确定信号的频率存在于 f_1 左右侧 $\frac{1}{2}\Delta f_1$ 的频带范围内(Δf_1 为滤波器的通频带),其测频误差为 $\frac{1}{2}\Delta f_1$ 〔见图3(b)〕。这种方法的优点是可以进行瞬时测频,故截获信号迅速,缺点是所需要的设备量大,并且测频精度不够高。

为了用较少量的接收机来提高这种频率非搜索式多通道侦察设备的测频精度,目前出现了一种矩阵组合侦察接收机。即把一组具有不同通频带(各接收机的通频带之间彼此存在