

电子侦察和反侦察的物理原理

杨世荣 陈儒辉

(桂林空军学院理化室 广西 541003)

2000年4月1日,美国EP-3电子侦察飞机在我国南海上空进行电子侦查并撞毁我军用飞机一架。事件余音未散,美国又派遣性能更优越的RC-135电子侦察飞机在我国沿海执行电子侦察任务。本文介绍电子侦察和反侦察的物理原理。

1. 电子侦察的基本概念

电子侦察是电子战(也叫电子对抗)的重要内容。电子侦察就是使用专门的电子设备,搜索、截获敌方无线电通信、雷达等电子设备以及导弹制导发射的电磁波信号,经检测、识别、分析以获得其工作频率、工作方式、信号特征等技术参数以及位置、类型、用途等情报的电子技术措施。

电子侦察常用手段有电子侦察站、电子侦察飞机、电子侦察船、电子侦察卫星等,可分为情报侦察和支援侦察。情报侦察基本属于一种战略活动,是对潜在敌的电磁波信号进行搜索和分析,得出情报信息供上层军事部门和国家决策机构使用,美国在我国的电子侦察活动就属此类;支援侦察是一种战术活动,是在战时对当面之敌的电子设备实施即时侦察,弄清当面敌情,为实施电子干扰和摧毁提供情报。根据侦察对象的不同,电子侦察可分为雷达侦察、通信侦察等,无论哪种侦察,其原理、设备组成大体相同,本文着重阐述雷达侦察和反侦察原理。

2. 雷达工作频率的测定

(1) 晶体视频接收机

图1(a)为晶体视频接收机原理图,和一个不能选台的最简单的收音机原理相同。雷达信号经晶体检波二极管,得到其波形的包络——视频信号,如图1(b)。经视频放大器输出的信号若超过一个规定的门限电压,就认为发现了雷达信号。这种方法只能完成发现信号的任务,不能测出信号的频率,若加用YIG(钇铁石榴石调谐射频滤波器)可获得一定测频能力,但将损失全频段全概率接收能力。

(2) 搜索超外差接收机

和一个超外差收音机原理相同,其组成如图2。机内的本地振荡(简称本振)产生频率为 $f_{\text{本}}$ 的本振信号和接收的雷达信号 $f_{\text{信}}$ 同时加在混频器中晶体管的输入端进行混频,利用晶体管的非线性作用,在

混频器中形成频率为 $f_{\text{本}} - f_{\text{信}}$ 的外差信号,通常称中频 $f_{\text{中}}$ 。中频放大器是一种选频放大器,只对以 $f_{\text{中}}$ 为中心频率的通频带 Δf 内的信号进行放大,因此可以滤除不想要的信号和通频带外的噪声,且 $f_{\text{中}}$ 是固定的,譬如在晶体管超外差收音机中为465kHz,因此中频放大器的增益可以做的较高。自动连续地改变本振频率 $f_{\text{本}}$,就可以接收到不同频率的雷达信号,雷达信号频率 $f_{\text{信}} = f_{\text{本}} - f_{\text{中}}$,因此称搜索超外差接收机。譬如通频带宽 $\Delta f = 1\text{MHz}$, $f_{\text{中}} = 50\text{MHz}$, $f_{\text{本}}$ 从2050MHz—2550MHz快速变化时,相当于在2000MHz—2500MHz范围内搜索,只要在搜索过程中有雷达信号进入接收机,就能按出现的时间顺序显示出来,就能直接读出频率。

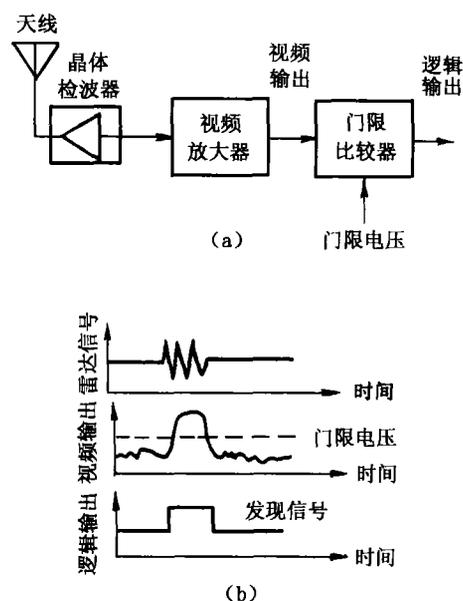


图1 晶体管视频接收机原理

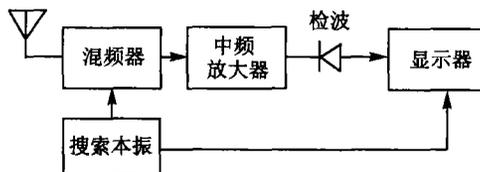


图2 搜索超外差接收机原理

(3) 瞬时测频接收机

瞬时测频接收机本来可以泛指任何测频用时极短的测频接收机,但目前工程上如无特别声明,仅指下述采用比相法的快速测频接收机。瞬时测频接收机的输入信号被分成两路,其中一路经过延时 τ 的延时线路,两路信号同时加在称为相关器的微波器件上,它们的相位差为 $\Delta\phi = 2\pi\tau f$,与信号频率 f 成正比,相关器内装有微波二极管电路,其输出已变成了代表相位差的视频电压,从相位差可求出频率。

(4) 信道化接收机

把一个频率范围用许多滤波器分为许多不同的频谱(信道),检测出信号落入哪一个滤波信道,就意味着得出了这个信道代表的频率。

3. 辐射源方向的测量与定位

在电子侦察中,对辐射源(雷达站、通讯电台等)的测向和定位,既可以用于了解敌方的部署和战略意图,也可以用于引导武器进行目标攻击。

(1) 比幅单脉冲测向

整个接收系统设置 2 个或 4 个或 6 个信道,每个信道有各自的天线。以两个信道、两副天线的情况为例,天线方向图如图 3,由于两副天线指向不同,雷达来波在两天线 A、B 上的增益一般不相等,其大小由天线方向图在雷达来波方向上的值来确定。A、B 接收通道输出信号的幅度就与各自天线增益成比例,比较两输出信号的幅度就能测算出雷达来波的方位。这种测量可以在一个雷达脉冲内完成,因此叫比幅单脉冲测向。

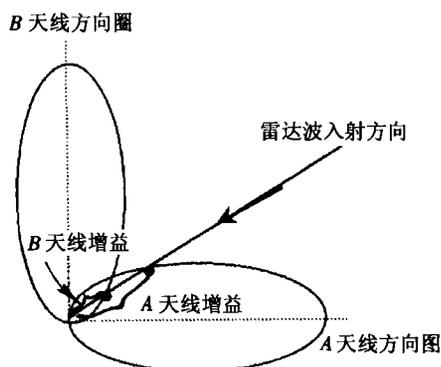


图 3 比幅单脉冲测向

(2) 相位干涉测向

如图 4,两副天线 A、B 相隔一定的距离 d 水平放置,当雷达来波远离侦察接收机时,到达的电磁波可视为平面波,到达 A、B 两天线时的波程差为 $d\sin\theta$,相应的相位差 $\Delta\phi = 2\pi d\sin\theta/\lambda$, λ 为雷达信号的波长,若已测出频率,则 λ 已知,从而根据波的干

涉原理可确定出方位角 θ 。

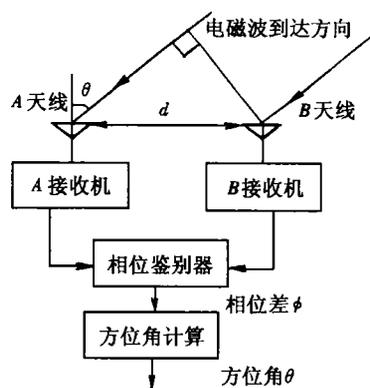


图 4 相位干涉测向原理

4. 辐射源定位

(1) 单机定位

飞机在飞行过程中的不同位置连续对雷达测向,用飞机测角系统同时测出雷达的方位角和俯仰角,再利用飞机测高仪测出飞机高度,可对地面雷达定位。

(2) 多机定位

多架飞机相对于雷达运动,多架飞机需要实时自身精确定位,并保持数据相互传递,就可以实现快速定位。

5. 反电子侦察措施和原理

反电子侦察就是要采取有效措施,使敌方不能截获己方的电磁波,或者其所截获的电磁波是假信号,从而达到保护自己的目的。归纳起来反电子侦察有以下几条措施。

(1) 严格控制电磁波的发射和频率的使用

在保证完成任务的前提下,控制电子设备的开机时机,尽量缩短开机时间,从而减少被敌方侦获信号的机会。规定隐蔽的频率要严格保密管理,并按规定使用,不得外泄。新型电子设备的试验可以在屏蔽室内进行,以防电磁波的泄漏失密。

(2) 设置欺骗性假辐射源

以无线电台、雷达或者其他假辐射源,在假阵地上间断地发射电磁波,欺骗敌电子侦察。

(3) 建立隐蔽台

这类台(站)平时严禁开机,以备战时现用的台暴露时接替工作。

(4) 强化电子对抗侦察,为己方提供告警

当己方侦察设备发现敌方电子侦察飞机、舰船、卫星对己方某些电子设备构成威胁时,及时通报敌情,使己方及时关机或采取其他措施。