

# 雷达有源干扰与抗干扰发展趋势

刘 树 声

**摘 要** 本文介绍了雷达有源干扰和抗干扰技术的发展趋势, 并提出对发展中国家雷达抗干扰技术发展方向的一些看法。

## 一、引 言

雷达抗干扰技术, 几乎是与雷达技术同时出现的, 也就是说它也有近50年的历史。当然在早期, 无论是雷达干扰还是抗干扰都是比较简单的。

随着军事电子技术的迅速发展, 电子设备已渗透到军事领域的各个方面, 成为现代军事行动中不可缺少的重要组成部分。因此, 对电子设备的干扰与电子设备的抗干扰技术, 就变得十分重要。雷达干扰与抗干扰技术在现代战争中的重要作用, 已被近若干年来局部战争的无数战例所证实。如在越南战争中, 由于美国大量使用电子对抗技术, 而使苏制 SA-2 导弹的摧毁能力由 1966 年的 15:1 (15 发 SA-2 击落一架美国飞机), 下降到 1972 年的 84:1。1972 年 8 月, 美国“纽约时报”在报导这一巨大变化时说: “在北越上空执行任务时安全程度的提高……主要归功于现在用来干扰导弹雷达和制导系统的电子对抗措施。”

1967 年第三次中东战争时, 埃及用苏制 SS-N-2 “冥河” 式导弹, 以六发六中的战绩, 在塞得港及地中海分别击中以色列的“埃拉特”号驱逐舰和一艘商船而震惊世界。但在 1973 年的第四次中东战争中, 由于以色列采用了电子干扰措施, 致使埃及发射的 50 发 SS-N-2 “冥河” 式导弹无一命中。

通过这些战例, 使各国军事首脑对电子对抗在现代战争的作用, 给予了充分的重视。普遍认为, 电子战技术在现代战争中已不再是作战的辅助手段, 已经上升到举足轻重的地位, 甚至可以由它来决定某一战役的胜负。如苏联国防部前第一副部长索科洛夫斯基, 在《苏联的军事战略》一书中指出: “只要罗列一下电子对抗的战例就可以看出, 电子干扰与反干扰应用得是多么广泛, 而且后果可能是多么严重。因此, 电子设备的发展已具有和导弹与核武器的发展同样重要的程度。没有电子设备, 导弹与核武器就不能使用。”美国军事首脑们也指出: “今天军事力量在战争中的胜败, 取决于电子设备的性能。对于电子设备的这种严重的依赖关系, 导致了新的作战领域——电子战的诞生。当前夺取和保持作战中的‘电子优势’, 比第二次世界大战中夺取空中优势还重要。”

徐向前同志在一次题词中也指出：“电子对抗是现代战争的重要手段。”

## 二、雷达有源干扰

有源干扰一般也称为积极干扰，基本上可分为噪声干扰与欺骗干扰两大类。通常噪声干扰多采用引导式干扰机，而欺骗式干扰则多采用回答式干扰机。两者之间主要区别是：①在频率瞄准上：引导式干扰机需要频率引导才能实现对雷达频率的瞄准；而回答式干扰机一般不需要频率引导。②在干扰信号的产生方式上：引导式干扰机由自身的振荡器主动地产生干扰信号；而回答式则受雷达信号的激励，每收到一次雷达信号才“回答”一次干扰。

由于现代雷达抗干扰能力的提高，信号密度的增大，迫使干扰机在空间、频率和干扰样式上大大提高其引导速度，因而提出了快速引导问题。所谓快速引导是相对于人工引导来说的，实际上指的是自动引导。人工引导通常要在雷达天线的几个照射周期（即雷达天线的扫描周期）内完成引导，其引导时间一般需要几十秒，最短也要十几秒。因此快速引导的干扰机，一般指的是雷达波束一次照射时间内（即在一个脉冲串内）或更短的时间内完成引导的干扰机，其引导时间应远远小于人工引导时间，而以毫秒、微秒计。

快速引导应包括：①对目标信号的快速截获、分选、分析和识别；②快速方向引导；③快速频率引导三个方面。而引导时间，则是指干扰机从截获雷达信号到干扰机在方向、频率上瞄准了雷达，并可实施干扰所需的时间。由于干扰机的体制不同，引导时间也不一样。如搜索式超外差接收机对M型返波管自动引导的干扰机，由于本振和M型返波管的搜索调谐周期一般为几个毫秒（例如3~5毫秒或更长），所以总的引导时间约为10~15毫秒。鉴频式接收机对压控振荡器主振放大式发射机，进行数字式引导的干扰机，最长的引导时间有150微秒左右，引导精度可达频带的千分之几。信道化接收机对M型返波管发射机进行数字式引导的干扰机，引导的时间主要是返波管的调谐时间，大约为20~30微秒，至少也要十几微秒。信道化中的矩阵式接收机对行波管放大式发射机引导的干扰机，可以做到瞬时干扰，其引导时间为十分之几微秒，最长只需1~2微秒。

随着雷达技术不断的发展，新体制雷达系统不断涌现。这些新体制雷达有的在广泛使用，有的则仍在不断发展和进一步完善。它们一般都具有比较好的抗干扰能力，自动化和自适应能力也较强，因此在一定意义上说，对雷达干扰技术的突破，主要取决于对这些新体制雷达干扰技术的进展。

70年代双模行波管试制成功之后，美国西屋电气公司研制出了第一代的双工作状态噪声/欺骗干扰机ALQ-119，而且由于计算机、数字技术以及微波技术的进展，于70年代末还研制出了第一代具有功率管理能力的干扰机，使电子干扰技术进入了一个新的阶段。所谓“功率管理能力”是指能够综合分析威胁环境，并有效地集中使用干扰功率，以压制其中威胁最大的雷达。美国西屋公司的ALQ-131，就是第一代按照功率管理概念设计的设备，它对至今已识别出的全部威胁，都具有综合的自适应能力。干扰系统的自适应能力，通常应包括以下各项内容。

(1) 能产生多种干扰样式，并具有应答式和转发式等多种工作模式。为了能及时对

威胁进行最佳干扰。干扰系统事先将预编程序的各种噪声干扰、欺骗干扰和组合干扰,以及它们的最佳参数一起存储在威胁表中。系统在对威胁进行识别之后,根据威胁的优先等级,对要干扰的目标进行选择,并用查表的方式,选择对特定威胁的最佳干扰方式和干扰调制样式。

(2) 具有功率管理能力,即在确定威胁重点的基础上,精确地控制时间、频率、空间和功率等参数,使其能在方向和频率上对准被干扰的雷达,在威胁脉冲前后,以最佳干扰样式对威胁源实施干扰。同时自动地将辐射功率只调到被掩护目标所需的水准上,从而能有效地应用干扰功率和对多个目标同时进行干扰。

(3) 能根据威胁环境的变化,自适应地改变干扰样式和参数。

(4) 具有干扰效果鉴定的能力。

为了能更好地适应日益增长的威胁,美国正积极研制更先进的,能根据新出现的威胁重编程序的自适应系统,如机载自卫干扰机(ASPJ)。

ASPJ是美国下一代(能对付1990—2000年的威胁)的机载自卫干扰机的代表,它是战术飞机整个防御系统的一个重要组成部分,如图-1所示。这个防御系统有一部雷达

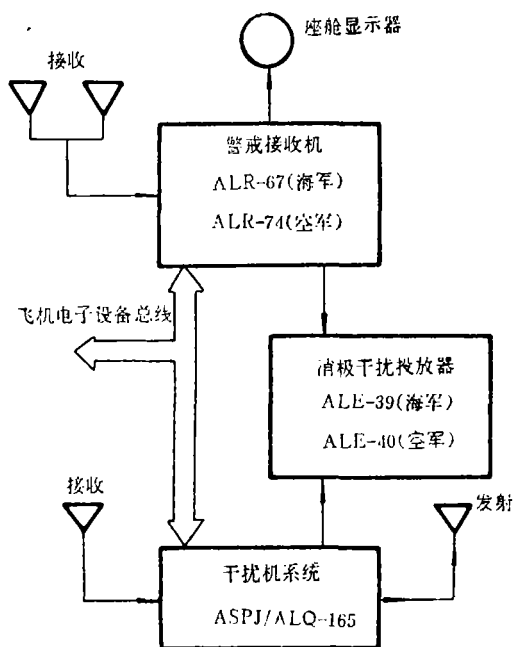


图 1 战术飞机防御电子对抗系统

警戒接收机 ALR-67 (海军) 或 ALR-74 (空军), 告警飞行员飞机正受到某种威胁的照射, 他还能与机上箔条弹、红外曳光弹投放器及光电干扰系统交联工作, 以便应用逃避战术。但是在任何由现代化武器组成的密集多威胁环境中, 单靠战术和消极干扰是不足以确保飞机安全的, 因此防御系统中还设置了 ASPJ/ALQ-165 有源干扰机, 来降低所有对飞机安全构成威胁的用雷达控制的武器系统性能, 或对它们进行欺骗。这些

武器系统包括：高炮、地面和海面发射的防空导弹、空中拦截机上发射的空一空导弹等。

据称这个系统具有现在电子对抗系统所不曾有过的能力。它可在高度密集的信号环境中对付频率捷变、脉冲重复频率捷变、连续波、高重复频率的多卜勒雷达信号，并能对付被动跟踪雷达，可同时干扰16~32个目标。为了适应新的威胁和争取有足够长的服役期限，ASPJ还将具有根据新的威胁可重编程序的能力。

ASPJ综合运用了美国最新技术，为在不同类型飞机上安装，它有三种模块结构型式，由5个组件组成，是一种轻巧而紧凑的自卫干扰系统。

所有的威胁、识别和电子干扰的参数都贮存在软件中，这些软件包可根据已发现的各种不同威胁和特定的任务而更换，组装十分方便。这个系统是通过计算机实现功率管理技术，其接收机、处理机，能接收、分选和识别雷达信号，并能自动选择最佳干扰技术，和在多个威胁情况下产生距离、角度、速度欺骗干扰和噪声压制干扰。

系统中的ASPJ/ALQ-165，是最近几年美国进行的一项最重要的电子对抗研制计划。这项计划之所以重要，是由于ASPJ将用于装备多种飞机，包括美国所有新型飞机和1990年清单上的那些服役的飞机，已确定的数量在1700~3000多架飞机之间（有的资料称达7000架）。虽然ASPJ基本上是一种内装式电子对抗设备，但其组件也可用于吊舱设备（如AV8-B飞机）和ALQ-131全功率管理系统中。其次，它是一项海军——空军联合计划，由海军作为执行机构，在海军和空军的电子对抗设备之间将100%的通用。因此可使用通用的备件、测试设备以及训练和资料保证，这将大大节省该系统的作战支援费用。而更重要的是，将大大降低为美国空军和海军提供的软件单位成本。今后十年内，军方计划付出7千万美元以上的费用，来支援ASPJ的软件。

由以上可以看出，雷达干扰系统已经从单个设备，发展成由计算机集中控制的综合系统，其中包括侦察、警戒、引导、干扰发射等部分。预计今后雷达干扰技术的发展方向，将包括以下几个方面：

### 1. 提高发射功率

提高单个功率管的功率，将会遇到供电、冷却和成本等一系列问题，估计今后依靠单个功率管来提高发射功率的方式，不会有多大的发展。提高干扰功率的可能途径，是采用多波束干扰技术和固态功率合成干扰技术。

### 2. 完善功率管理能力

根据目前的发展趋势来看，不久即会出现全功率管理的自适应雷达干扰系统。这种系统将具有瞬时测频和引导能力。并可同时对多个雷达实施干扰，还可根据威胁雷达的性质，确定最佳干扰样式和鉴定干扰效果，以提高干扰系统的自适应能力。

### 3. 发展对新体制雷达的干扰手段

当前主要是如何对付连续波雷达和频率捷变雷达的威胁。为对付捷变频雷达，除了要大大提高测频、引导速度和精度外，还可能采用实时分析技术，来预测下一个发射脉冲的频率，以便能对捷变频雷达实施瞄准式噪声干扰，甚至欺骗干扰。

### 4. 扩展干扰频段

随着毫米波技术的发展，已有多种毫米波雷达投入使用。因此必须大力发展对毫米

波雷达的干扰技术。为此，必须解决大功率产生、窄脉冲调制和宽带噪声的形成等技术难题。

### 三、雷达抗有源干扰

按照通常的分法，抗有源干扰是在能量上、频域上、时域上和空域上展开的，现分别叙述如下：

#### 1. 能 量

雷达与干扰机在能量上的斗争，有利的方面是主要的。因为雷达在空域上是窄波束、在时域上是脉冲制、在频域上与接收机通带相匹配、在功率上受体积重量的限制比干扰机小（尤其是地面和舰用雷达）。但是雷达信号是双程的，其强度与距离的四次方成反比，而干扰的信号是单程的，其强度与距离的二次方成反比，这是对雷达不利的一面。因此只要充分利用雷达的有利条件，是可能战胜干扰的。目前在能量上抗干扰的措施，称之为“烧穿”（burn through），即在干扰机方向上停留较长的时间。但由于这会降低雷达的数据率，因此不能把它做为抗干扰的主要手段，它只适用于允许数据率较低的情况。

#### 2. 频 域

雷达与干扰机在频域上的斗争，包括：频率捷变、频率分集、高频段雷达及多频段雷达等。

频率捷变雷达是一项重要的抗干扰措施，受到各国的普遍重视，它主要用于抗瞄准式噪声干扰，或迫使干扰机采用阻塞式干扰。在捷变频雷达中，有的还附有干扰频谱分析器和控制装置，它是利用频谱分析器寻找干扰能量最小的频率，然后控制发射机工作在此频率上，直到受到新的严重干扰时，才更换新的工作频率。

捷变频虽然在抗有源噪声干扰上有明显的效果，但对无源干扰却无能为力，因为无源干扰物对频率捷变敏感性很差。众所周知，抗无源干扰最好的体制是MTI、MTD、PD。因此，如果能把两者结合起来，将是相当理想的抗有源干扰及抗无源干扰的最佳体制，于是提出了所谓捷变频与动显兼容的问题。对这样一个课题，国外投入了相当大的力量进行研制，但由于确实存在一些困难，至今进展不大。而目前所谓的“兼容”，只有两种方案得到了实际应用。一种是脉组捷变与动显“兼容”，它是在同一频率上连续发射一组脉冲，然后再改变发射频率，而动显处理则在这组脉冲内进行。另一种“兼容”方案称为同频处理（交叉跳频），它是发射一串具有几种频率（保持相邻脉冲间频率不同）的脉冲，然后在这串回波中，选择频率相同的脉冲进行动显处理。但这两种方案只适用于主振放大式发射机，而且显然都不是真正的频率捷变，故抗有源干扰的能力将会受到影响。还有一种“兼容”方案实际是“并存”，即在有源干扰严重时雷达工作在捷变频状态，而在无源干扰严重时则工作在动显状态。

一般来说，频率较高的雷达比频率较低的雷达不易遭受干扰。这是因为频率较高时可工作的带宽较大，因而迫使干扰机必须把有限的干扰功率，分散在较大的频率范围内，故而降低了干扰效果。如雷达频带为中心频率的5%，则对中心频率为100MHz时带宽只有5MHz，而对中心频率为100GHz来说，带宽就是5GHz。其次工作频率越高，天

线的波束越窄,发射脉冲也可以做得很窄,因此可以获得极高的分辨力和极小的信息单元。而且频率较高时,天线增益较高,而旁瓣较低,这些都明显地有利于抗干扰。此外,当雷达率先发展到一个新频段,而干扰设备尚未占领这个频段时就无法实施干扰。

目前,世界各国雷达装备所使用的频段,从几兆赫到几十千兆赫,比较密集的频段是100兆赫到15000兆赫。在这个区间还存在不少空隙未被利用,而15GHz至30GHz基本上还是空白区。因此,今后雷达对抗中争夺电子频段的斗争还有广阔的领域。

最近几年,由于毫米波技术取得了新的进展,毫米波技术及其应用受到了高度重视。毫米波雷达具有分辨率高、抗干扰性能强、窄波束、低旁瓣、高定向性以及极窄脉冲宽度等特点,使电子对抗设备难以截获、监视和干扰。在毫米波频率高端,由于大气衰减较大,因而也限制了远距离监视或干扰技术的应用,为毫米波雷达秘密而隐蔽地工作,提供了安全可靠的保证。更由于各种抗干扰技术,如:脉冲压缩技术、频谱扩展相干技术、频率捷变技术及频率分集技术等,在毫米波技术中的应用,使得毫米波雷达的抗干扰能力大大提高,再加上毫米波频带宽,要模拟产生一个宽带干扰信号,在技术上还有一定的困难。在微波波段上行之有效的一些干扰技术,如:箔条、雷达欺骗等,由于物理效应的改变,而不能按比例向更高频率上换算,故不再能发挥其干扰的有效性。而且目前在电子侦察与有源干扰设备方面,突破毫米波段还处于计划阶段。

### 3. 时 域

大时宽带宽信号及内部结构比较复杂的信号形式,不但有利于抗无源干扰,同样在抗有源干扰中也具有较好的抗干扰特性。

脉冲压缩技术,虽然也能迫使干扰机把干扰功率分散在较宽的频带上,但很少把脉冲压缩技术,做为抗干扰技术而加以利用,总是把它做为解决作用距离与距离分辨力之间矛盾的一种手段。实际上,它迫使干扰机展宽频带的程度是有限的,只能说脉冲压缩技术对抗干扰具有积极的意义。

大时宽带宽信号除调频信号(如Chirp信号)、相位编码信号之外,还有脉冲串信号。串内子脉冲可以是恒定频率的,也可以是调频(连续或阶跃)的。子脉冲之间的相位关系,可以是恒定的也可以是变化的。子脉冲的位置关系也可以是变化的,甚至脉冲串的幅度也可以是加权的。因此脉冲串可以产生多种多样的信号模糊图,以适应目标环境的变化。如果L波段雷达,采用具有64个子脉冲的相参脉冲串,子脉冲宽度为8微秒,脉内线性调频宽度8兆赫,子脉冲间隔2微秒,子脉冲间步进频差4兆赫,则此信号总带宽为256兆赫,信号总长为640微秒,经数字匹配滤波器压缩后,宽度变为4.7毫微秒的极窄脉冲,子脉冲间还有相位编码,使最后旁瓣达-35dB。

大时宽带宽信号的产生和处理所用的器件,基本上有三种类型,其中表面声波器件具有体积小成本低的优点,故应用较多,其时宽带宽积可达 $10^4$ (最大带宽500兆赫,最大时宽150微秒)。数字电路则具有最大灵活性,最适用于自适应系统,但其实时处理的最大带宽只有60兆赫,最大时宽约为2毫秒。声光器件(Barrag器件)最大带宽可达150兆赫,最大时宽达几十毫秒,是目前实时处理的最高水平,而且可以同时进行二维(如距离和多卜勒频移)处理。

对付回答式欺骗干扰，主要是靠提高雷达的识别能力，来寻找目标回波与干扰信号之间的差别，发现并抑制干扰。如：距离牵引干扰信号，在时间上往往落后于目标回波，在幅度上则大于回波。速度牵引干扰，通常要比目标运动速度高且有加速度。总的来说，回答式欺骗干扰一般比噪声干扰容易对付，尤其是一个完全有准备的雷达更是如此。对付欺骗干扰的一个有效办法，就是采用难以复制的波形，或者是采用某种方式，使敌人难以测出脉冲重复频率、波长、脉宽、脉内调制、脉码和极化等参数。这样，欺骗干扰的假回波即会很容易地被认出。同样，尽量减小天线旁瓣，也能防止欺骗干扰从旁瓣进入雷达。

#### 4. 空 域

在很多情况下，侦察接收机往往是利用雷达天线的旁瓣截获雷达信号，而干扰信号也常利用旁瓣进入雷达接收机。因此，无论是从反侦察还是抗干扰出发，都必须尽量降低天线的旁瓣电平。

在这方面的工 作，近年来已有很大的进展。抛物面天线的旁瓣电平，在正式产品中已达到  $-27\text{dB}$ 。理论分析指出，如果用偏馈、边缘低照射、短焦距和降低反射面加工误差等项综合措施，可将旁瓣电平降低至  $-35\text{dB}$  以下。阵列波导天线，经过精确地控制每一个辐射元的激励幅度和相位之后，可以使旁瓣电平大大降低。如美国预警飞机 E-3A (AWACS) 上的雷达 AN/APY-1，其天线旁瓣电平已降到  $-40\text{dB}$  以下。但是，为了对付强有源干扰（有的干扰机有效功率可达兆瓦级），要求雷达天线的旁瓣，由现有的水平再降低几个数量级，才能满足要求，这就必须采用“旁瓣对消技术”。

早期的旁瓣对消技术，是采用接收机检波后的视频对消法。近十多年来，发展了一种自适应天线技术（早在50年代末期就已开始研制）。这种天线的主要优点，是能够自动地将旁瓣零值对准干扰源，因而可以有效地抑制干扰。如果干扰源在主瓣内，还可采用零点控制技术来清除干扰的影响。

自适应天线技术可用图-2加以说明。

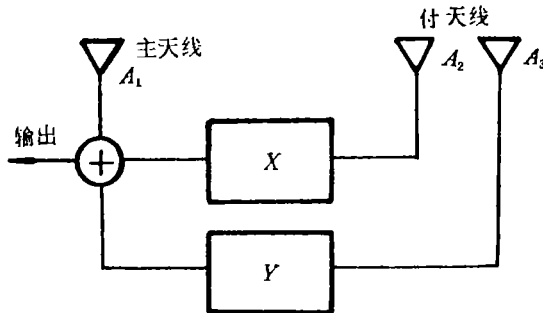


图-2 自适应天线技术原理方块图

令  $G_{ij}$  表示天线  $A_i$  在干扰源  $j$  方向的增益，适当调节  $X$ 、 $Y$  值，可使干扰信号在输出端完全对消，即：

对干扰源 1，则有

$$G_{11} + XG_{21} + YG_{31} = 0$$

对干扰源 2, 则有

$$G_{12} + XG_{22} + YG_{32} = 0$$

联立可得:

$$X = \frac{G_{31}G_{12} - G_{11}G_{32}}{G_{21}G_{32} - G_{31}G_{22}}$$

$$Y = \frac{G_{11}G_{22} - G_{12}G_{21}}{G_{21}G_{32} - G_{31}G_{22}}$$

若干扰源数增多, 则只要相应增加付天线数, 仍可使各干扰在输出端对消。显然, 在相控阵雷达中, 只要适当地组合各天线元, 即可对付多个干扰源。这种技术在美国新设计的相控阵雷达中已有应用。

实验证明, 这种对消技术可使连续波干扰降低约 40dB, 使窄带噪声干扰降低约 30dB, 使宽带噪声干扰降低约 20dB。如法国的 LP-23K 两座标雷达, 为了尽量减小地物干扰, 除了采用 DMTI 以及空中交通管制雷达通常使用的双波束天线技术之外, 还采用了高频对消电路, 如图-3 所示。当衰减与移相器调整适当时, 可使合成波束的零点指向地

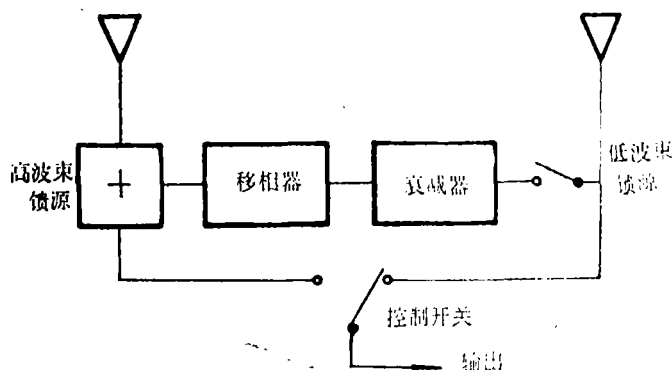


图-3 高频对消电路

物干扰, 从而使地物干扰降低约 13dB。

当干扰源与目标同处于天线主瓣以内, 但有一定的角度间隔时, 可利用单脉冲产生差波束的方法和以上原理, 产生一个波束零点对准干扰机, 而使主瓣接收到的信干比大大增加。如英国的 Plessey 公司的研究成果表明: 当干扰与目标角度间隔为 0.1 波束宽度时, 预计信干比可改善 35dB。同时该公司还采用了数字式对消系统, 使自适应速率达到 1.8 微秒。

不久前, M.I. Skolnik 在一篇文章中指出, 雷达技术还远没有成熟, 它正在新的功能和新的应用的要求下, 不断发展着。同时还指出了雷达技术的某些发展领域, 现将与雷达抗干扰技术有关的若干方面归纳如下:

(1) 随着超大规模 (VLSI) 及超高速集成电路 (VHSI) 的发展和应用, 相控阵技术将会推广应用于各种战术雷达和民用雷达之中, 因而将会使自适应天线技术 (空间滤



波技术), 成为强有力的抗干扰手段而得到较大的发展。

由于 VLSI 与 VHSI 的应用, 也将会使各种最佳处理技术的实现和新理论(如最大熵谱估计法)在雷达中的应用成为可能, 因而可以进一步挖掘雷达抑制干扰的潜力。同时, 由于雷达新信号形式和处理技术的进一步发展, 也将会使雷达区分和识别目标的能力大大提高。

(2) 随着集成电路、计算技术和半导体微波功率器件的迅速发展, 将使复杂的大时宽带宽信号的产生和相关处理成为可能。同时由于这些器件的发展, 将会使设备的体积、重量得到大幅度的减小, 因而战术雷达的机动性能将会得到大大的提高, 并可能在战术雷达中应用较完善的抗干扰措施。所有这些都将增加敌方对雷达侦察、识别和定位上的困难, 因而难于实施及时和有效的干扰。

(3) 由于材料和工艺以及设计上的进展, 将会使超低旁瓣天线广泛应用于各种雷达之中, 从而大大提高空间滤波的能力。

(4) 双(多)基地雷达将进入实用阶段。若再与捷变频雷达相结合, 将会在空域与频域两方面大大降低干扰效果。

(8) 将在目前干扰频率分析和发射频率自动选择装置(AFS)的基础上, 发展成为具有干扰识别和对策判决能力的自动侦察与计算装置, 自适应地合理的组合雷达各种抗干扰技术, 以达到最佳的抗干扰效果。

(6) 雷达网将会更加完善, 使设想中的雷达群合作抗干扰的工作方式, 发挥更大的作用。

#### 四、关于发展雷达抗干扰技术的几点看法

雷达干扰与抗干扰, 是一场永无休止的战争。有人形容这种斗争是“战时——突然而激烈, 平时——隐蔽而持久。”因此, 在雷达干扰与抗干扰领域中, 新技术、新体制是层出不穷的。但对技术差距较大的发展中国家来说, 是对别人的抗干扰技术作简单的亦步亦趋地模仿, 还是结合本国实际情况, 搞出具有本国特色的雷达抗干扰技术, 是个值得讨论的问题。可以预料, 简单的亦步亦趋地模仿, 可能难以收到良好的效果。尤其是发展中国家的技术差距主要还不在于理论上, 而是在器件、材料和工艺上。因此, 必须根据本国的实际情况, 选择若干重点予以突破, 用有限的经费达到较高的抗干扰效果。但重点应该如何选, 美国国防部在一份内部报告中透露他们的观点是: “对雷达的抗干扰能力, 主要应着眼于能挫败敌人简单的、常用的干扰手段这一基本的核心要求。”这是值得这些国家借鉴的。在未来战争中, 发展中的国家可能依然处于敌强我弱的形势, 仍要依靠人的觉悟、勇敢、知识和能力, 以及巧妙灵活的战术取胜。因此, 对发展中的国家来说, 今后应着重发展成本低、机动性强的雷达。雷达抗干扰措施也要从这个基点出发, 不宜搞过于复杂、过于庞大和难于使用、维护的装置。由于发展中国家的防空作战能力有限, 大型和固定式的雷达生存能力是很低的, 所以这种雷达不应成为这些国家的发展重点。

另外, 改造旧雷达, 在美国也是一项经常进行的工作, 对于发展中国家来说, 就显得更加突出了。旧雷达的突出矛盾是低空性能较差, 抗有源干扰的能力很低。

《孙子·计篇》有云：“攻其无备、出其不意”。《孙子·势篇》也有云：“凡战者，以正合，以奇胜。故善出奇者，无穷如天地，不竭如江河”。这两段的意思都是指以敌人意想不到的策略来取胜。这种策略在雷达抗干扰中是至关重要的，这就是为什么电子对抗技术的研究，经常处于绝密状态下进行的原因。使用的技术本身，可能并不先进和复杂，但它是敌人没有意料到的，就会在战争中起到很大的作用。例如1973年第四次中东战争中，埃及突然使用具有连续波制导信号的SA-6导弹。使用这种制导信号形式，是以色列和美国没有意料到的。由于没有相应的侦察和干扰措施的准备，因而在战争中遭到了惨重损失。而在1982年贝卡谷地之战，叙利亚仍使用SA-6导弹做为主要防空火力。尽管当时SA-6仍不失为较先进的武器，但由于已被以色列所熟知，因而失去了“出其不意”和“出奇制胜”的作用，故在战争中并没有起到任何作用而惨遭摧毁。“出奇制胜”的策略，对技术上仍处于暂时落后的发展中国家来说，具有特殊重要的意义。

随着雷达技术的不断发展，特别是电子计算机和信号处理技术在雷达中的应用，使雷达的性能发生了深刻的变化，尤其是抗干扰能力得到了显著的提高。但是设想把所有抗干扰措施，都集中在一部雷达上是不现实的，也是不策略的，其复杂程度更是难以接受的。采用多种雷达甚至多种探测手段组成的雷达网，将会使这种防空系统产生质的变化，而不只是多部雷达的简单集合。雷达网要作为一个整体进行统一指挥；统一研究各种体制、功用、频段和抗干扰能力的雷达，和其它探测手段的布局以及互相支援问题；统一设计反侦察、抗干扰以及火力消灭干扰源的战术运用问题；统一安排情报、数据的传递和利用问题。由单部雷达抗干扰到雷达网抗干扰，是雷达抗干扰发展的一个新阶段，对此应给以充分的重视。

从以上讨论可以看出，对于发展中国家来说，磁控管发射机的雷达具有突出重要的作用，它不但成本较低而且还可大大提高雷达的机动性能。因此如何提高磁控管雷达的性能指标，就显得十分重要和迫切。

提高电子对抗能力，已经成为提高军队在现代条件下的自卫能力的重要内容。特别是雷达抗干扰的水平 and 效率，是军队生存和武器自卫能力的基本条件之一。因此，发展中国家必须既要面对本国的现实，又要密切注视世界电子对抗技术的发展趋势，以清醒的头脑对付新技术的挑战，努力发展适合本国国情的雷达抗干扰技术。

### 参 考 文 献

- [1] 西北电讯工程学院，电子抗干扰原理（下），国防工业出版社 1982.1.
- [2] Airborne Self Protection Jamming—ASPJ/ALQ-165, 1982 Military Microwave Conference Proceedings PP.389—399.
- [3] 张锡熊，雷达抗干扰原理，科学出版社，1981.
- [4] 邵能歌，从抗干扰角度看雷达技术的进展，电子战动态（十），1981.5
- [5] Introduction to Radar Systems, M.I.Skolnik, Mc Graw—Hill, Inc, 1980.
- [6] Adaptive interference Cancellation in radar Systems, J.G.Fielding, Radar-77.
- [7] Radar—a Mature Art or a Continually Developing Technology. M.I.Skolnik, Microwave J. Vol.26-No.7, July 1983.

## Developing Trend of The Active-Jamming Anti-Active-Jamming for Radar

Liu Shusheng

### **Abstract**

This article describes the developing trend of the active jamming and anti-active-jamming techniques for radar, and it states some views of the developing direction of the radar anti-jamming techniques for developing countries.