

电磁波理论促进电子战发展*

徐润君 陈心中

(中国人民解放军汽车管理学院, 蚌埠 233011)

摘要 物理学家发现了电磁波,立即被军事家们用于军事通信、军事侦察.为了争夺战场上控制电磁波的主动权,电子战已成为现代战争的主要内容.随着科学技术的不断发展,利用电磁波和压制电磁波的电子对抗日臻激烈.

关键词 电磁波,电子战

电子战即电子对抗,是敌对双方利用电子技术设备或器材围绕电磁波所进行的斗争.电子侦察和电子干扰是以侦察、干扰、破坏对方电子设备辐射的电磁波信号为目的的进攻性措施;与它相对应的是反电子侦察干扰,是以防止己方电子设备辐射的电磁波信号及辐射源遭受敌方侦悉、干扰、破坏为目的的防御性电子战措施.

物理学中通常把电磁波按波长(或频率)划分成许多波段,各个波段的电磁波几乎都在军事领域中得到应用.例如,频率在3MHz至30GHz内的无线电波和微波被用于长途通信、导航、雷达等,频率在红外、可见光范围内的电磁波被用于光学瞄准、探测、激光、红外制导等,频率在紫外线和X射线、 γ 射线范围内的电磁波则在空间探测、核武器的使用中出现.

1 电磁波孕育了电子战

1865年,英国物理学家麦克斯韦建立了电磁场理论.1888年,德国物理学家赫兹通过实验证实了麦克斯韦所预言的电磁波.1896年,俄国波波夫拍发了世界上第一份电报.同年,意大利青年马可尼在英国取得了第一个无线电专利.人类开始利用在空间传播的电磁波进行通信.

无线电刚一诞生,一些有远见的海军将领就意识到无线电在军事上的重要意义.俄国海军赞助波波夫进一步试验和改进无线电通信,

而英国则为马可尼的试验提供条件.1900年,俄国和英国海军就开始在它们的军舰上装备无线电通信装置,用作战场上传递信息和发布指令的有效工具.此后不久,当时各列强国家的海军及陆军也纷纷效法使用无线电.

然而,就在无线电装置给作战带来了方便的同时,无线电对抗亦随之出现.1904年的日俄战争中,俄国人根据旅顺港俄舰上的报务员耳机中的无线电波信号判断出日本人发起袭击的时间,及早做好战斗准备.为了破坏日军两舰之间的联系,俄军报务员按下火花发射机信号键,使日军通信受到干扰.虽然最初是属于本能性的发现或动作,但毕竟为在战争中利用无线电侦听和干扰拉开了序幕.

第一次世界大战中,无线电测向机的问世,使电子侦察技术得到飞跃性的发展.当时,英国人用无线电测向机查出了德国秘密设置的无线电信标台,然后将计就计,在德国飞艇再次出击时,将其引导到英国北海岸一个无人区,用预先准备的歼击机将飞艇消灭,这是空战史上首次电子对抗斗争的范例.

第二次世界大战期间,电子战的领域、手段和规模都有了很大发展.例如1940年夏秋之交,纳粹德国在轰炸机上装有方向性很强的无线电接收机,根据接收到的英国伦敦广播电台发出的电波进行导航,使轰炸机群在茫茫黑夜中准确地飞向目标,把成吨的炸弹倾泻在英国

* 1995年5月17日收到初稿,1995年7月6日收到修改稿.

人头上。英国人万万没有想到，向他们传送悠扬悦耳乐曲的电磁波却给他们带来了灭顶之灾。此时，多种形式、激烈对抗的全面电子战已初具规模。德国用无线电接收机每天截收苏军 10 万份无线电情报，被破译的约 2 万份。英军、苏军及英美联军在几次大型战役中，都成功地运用了各种电子战手段，在反法西斯的战争中发挥了巨大的作用。

2 发射和接收电磁波的雷达系统成为电子战的核心

雷达是英文“RADAR”的音译，“RADAR”是“radio detection and ranging”的缩写，原意是“无线电测向和测距”。

雷达是发射电磁波，利用物体对电磁波反射的特性来发现目标并测定目标位置（距离、高度和方位角）的电子装置。通常将工作波长为 10 m—1m 的雷达称为超短波雷达，工作波长在 1m 以下的雷达统称为微波雷达。按工作方式可将雷达分为连续波雷达和脉冲雷达，目前常用的是脉冲雷达。

虽然雷达的种类很多，设备比较复杂，有的雷达零部件可多达几万个，但各种雷达的基本物理原理大致相同，即由发射器产生大功率的高频振荡脉冲，然后通过天线将之转换为电磁波，并聚集成波束向空中发射，以光速传播的电磁波一旦遇到目标就产生反射，由接收机将回波信号处理放大并输送给显示器。根据电磁波在雷达和目标之间往返的时间可以测出雷达与目标的距离；根据雷达天线的旋转情况可测出目标的方位角和仰角；根据回波频率与发射频率的变化，由多普勒效应可测得目标的运动速度。

战争的需要，促使人们去根据电磁波的物理特性，对雷达作出各种改进。例如，为了减小地面搜索雷达受地球表面弯曲的影响产生的盲区，出现了机载雷达。

由于受飞机体积和重量的限制，普通机载雷达天线的长度也受到限制。为了提高分辨

率，人们把每一个位置上接收到的回波加以储存，并根据波的叠加原理把回波信号按相位和幅度进行合成，这样总的回波信号就相当于由长天线发出的波经目标反射后的回波信号。这就成了合成孔径雷达。合成孔径雷达具有全天候工作和穿透云层的能力，由于其分辨率高，可用于侦察地面目标和测绘地形，清晰地拍摄出地面上各种设施的照片。

普通雷达是采用转动天线改变雷达波束方位的机械扫描方法。为了提高扫描速度，雷达天线由数千至数万个能产生电磁振荡的天线阵子组成，采用电子计算机改变每个天线阵子发出的电磁波的相位，使其叠加和改变方位，成了相位可以控制的天线阵，故称相控阵雷达。这种雷达不仅采用速度快的电扫描方法，而且即使受到攻击时，损坏了几百个天线阵子，其他天线阵子照样能继续工作。相控阵雷达可探测 3700 km 外像篮球一样大的目标，在几十秒钟内可同时对几百个目标进行跟踪定位。在 1991 年的海湾战争中，美国的“爱国者”导弹屡次成功地迎击“飞毛腿”导弹，就因为它装有 AN/MPQ-53 型相控阵雷达，其作用距离达 160 km，能同时掌握 100 多批目标、制导 8 枚导弹。

在现代战争（例如中东战争、英阿马岛之战及海湾战争）中，各种型号、各种用途的雷达（如警戒雷达、空中侦察雷达、目标指示雷达、引导雷达、截击雷达、跟踪雷达、弹道导弹预警雷达、地形测绘雷达等）为现代武器插翅添翼，警戒系统、指挥系统、武器系统威力的发挥，在很大程度上都依赖于雷达的正常工作。发射和接收电磁波的雷达系统成了电子战的核心。

目前，世界各国正在努力发展相控阵雷达、三坐标雷达和超视距雷达，并进一步研究雷达处理新技术（例如，采用甚高速集成电路技术，也就是军用超大规模集成电路技术，可大大提高信号处理能力；雷达数字信号处理器和数据处理器将广泛被应用）。

3 利用和压制电磁波电子对抗技术

由于雷达的出现及其军事作用的日益显著,电子对抗技术也随之产生并不断发展。

目前常用的电子对抗技术措施有很多种,现分述如下。

3.1 电子侦察

电子侦察是采用电子技术,查明对方电子设备的工作频率、工作方式、技术参数、类别、数量、用途、部署、运用手段和行动企图等军事情报,为己方研究战争对策、制定作战计划、采取正确的军事行动创造条件,从而达到“知己知彼,百战不殆”的目的。侦察的对象不同,采取的手段也不一样:在几千米、几十千米范围内,可用测向机搜寻;在上百千米乃至数百千米范围内,可以用电子侦察船和电子侦察飞机搜寻;如果把侦察接收机和磁带记录器装在离地球300—1000 km高的人造地球卫星上,侦察半径可达2000—3000 km。

电子侦察设备中,一般是以被动方式接收敌方发出的单程电磁波,所以相对于接收自身回波信号的雷达,比较隐蔽,探测的距离远。

3.2 对敌方进行电子干扰

即采用电子手段,干扰、迷惑和破坏对方军事电子设备和武器系统(如集指挥、控制、通信和情报为一体的C³I系统)的正常工作,使其效能降低或完全失效。干扰的方法有两种:

(1)有源干扰(又称积极干扰)。针对敌方雷达和电台的工作频率,由干扰发射机发射功率强大的瞄准式或覆盖式干扰信号,掩盖或模拟敌方的雷达信号,使得敌方电子系统无法工作。

(2)无源干扰(又称消极干扰)。利用具有反射或吸收电磁波功能的材料做成箔条、角反射器,使敌方的雷达收不到回波信号,或者收到与真实情况不符的假信号。例如,1943年,德国利用较为完备的防空雷达体系,使英美联军连遭损失。英国人不甘失败,他们根据物理学

中的电磁理论,用飞机投放铝箔条,当铝箔条的长度相当于雷达工作波长的一半时,这种铝箔条在空中散开后就会形成干扰屏障,使荧光屏出现雪花般的干扰信号。1943年7月24日深夜,由791架重型和中型轰炸机组成的巨大英国空军编队向德国汉堡发动空袭时,英国飞机在汉堡上空撒下了250万盒铝箔条,每盒装有铝箔条2000根。被铝箔条反射的电磁波使德国的雷达失去探测和引导能力。结果,英国飞机向汉堡港和市中心投下了2300吨炸弹,数万人被炸死,整个城市成了一片火海。这是第二次世界大战期间最成功的一次无源电子干扰。

除金属箔条可以用作无源干扰物外,还可由飞机或火箭喷气发动机在空中喷洒易燃、易电离的金属粉末,这种金属粉末能使空气电离,在空间局部区域形成等离子层,长时间地悬浮在空中,强烈地反射雷达电磁波。无源干扰的方法在越南战场、中东战场,直至近期的海湾战场上,都屡被使用。

第二次世界大战期间,美英联军为了在法国诺曼底登陆,不仅利用电报泄露“假军情”诱骗希特勒转移注意力,而且在登陆战役发起前,根据电子侦察设备获得的情报,用飞机等摧毁了德军80%以上的雷达,又用小艇装上对雷达波能起强烈反射作用的角型反射器,拖着涂有铝层的气球,向布伦方向行驶,使德军雷达误认为是大型军舰编队在行动;联军又在小艇上空用火箭发射了一种能反射电磁波的干扰体,造成大批飞机掩护登陆的假象;联军还投放铝箔条,模拟大规模的轰炸机群。从而,迫使希特勒中计,使他打乱原有的防御部署,将大量的海空部队调往布伦地区。美英联军在真正的主攻方向上又派了20多架干扰飞机对德军残存的雷达进行强行干扰。结果,联军主力2000余艘舰艇和200万部队在诺曼底顺利登陆。因而有人曾评论说:诺曼底战争的胜利是电子对抗技术的胜利。

3.3 摧毁对方的电子战设施

在现代战争中,随着雷达技术的迅速发展和更新,进攻性武器要有效地摆脱雷达的“跟踪

盯梢”，最彻底的办法是用硬杀伤手段摧毁对方的电子战役施。于是，反辐射武器便应运而生。

目前，反辐射武器主要有两种：反辐射导弹和反辐射无人机。

反辐射导弹于 1965 年首次出现在越南战场上，至今已发展了三代产品。第一代反辐射导弹以美国的“百舌鸟”导弹为主要代表，其头部装有一部被动式雷达导引头，可以接收防空雷达辐射的电磁波，并据此测出防空雷达的方位和参数，用来指引导弹飞行。以美国的“标准”型和前苏联的 AS-9“王鱼”等为主要代表的第二代反辐射导弹，加宽了对雷达频率的覆盖面，并加装了记忆电路，可攻击关机后的雷达。70 年代中期以后出现的第三代反辐射导弹，主要有美国的“哈姆”、英国的“埃拉姆”、英法联合研制的“战槌”等。它们采取了最新微波技术、信号处理技术和集成电路宽频带导引头，可用陆、海、空三种载体发射方式，攻击地面、舰载和机载雷达，命中率大大提高。

反辐射无人机是在无人驾驶飞机上装配被动雷达导引头和战斗部而制成的，比反辐射导弹造价低、使用灵活。反辐射无人机是从 70 年代末开始起步研制的。美国正在研制的“默虹”反辐射无人机，频率覆盖面 35 GHz 以上，不久即可投入使用。

虽然反辐射武器从诞生至今时间不长，但已在历次局部战争中发挥了重要作用。为了对付高性能的反辐射武器，近年来出现了反辐射武器诱饵。它同防空雷达配合使用，每部雷达周围配置一部或几部诱饵。当反辐射武器来袭时，诱饵发出与防空雷达相同的电磁波信号，将反辐射武器引导向雷达信号和诱饵信号交汇的中心，使其既炸不到雷达也击不中诱饵。这无疑又将引出“矛”和“盾”的新一轮的更为激烈的竞赛。

3.4 加强自身电子系统的防御

在加强电子进攻的同时，必须搞好电子系统的防御工作，确保己方电子设备和系统对电磁波的利用权。通常采取的电子防御技术措施都是以电磁波为核心进行的，例如：

(1) 在频率域采用新频段、扩展信号频谱、频率捷变；

(2) 在空间域采用窄波束，波束零点自适应对向干扰源、极化捷变；

(3) 在时间域采用快速发射电磁信号和管制电磁辐射；

(4) 在功率上增大有效辐射功率，以提高接收机的信噪比；

(5) 采用编码技术使敌方虽收到信号但得不到有用信息；

(6) 采用新体制的电子系统、反干扰电路等。在实战中，各种电子对抗技术相辅相成、相互促进。可以说，电子战就是一部电磁波谱的“交响曲”，是攻与防、战与藏、作战与指挥艺术的有机结合，任何一个环节都马虎不得。

现在，美、英等国都不惜工本地竭力发展电子侦察技术，在地面、海上、空中建立了全球性的“电子间谍网”。例如，仅一艘美国“蓝岭”两栖指挥舰就装有 70 多部发信机、100 多部接收机和各种终端设备。

由此可见，物理学的发展使电磁波驰骋于战场，并屡建战功。随着科学技术的不断发展，以电磁波为中心的电子战将越来越巧妙、越来越激烈。

参 考 文 献

- [1] J.D. 克劳斯，电磁学，人民邮电出版社，(1979)。
- [2] 冯毅、朱幼文，现代电子国防技术与战略，军事译文出版社，(1987)。
- [3] 夏国富，世界军事之最，国防大学出版社，(1989)。
- [4] 兵器知识编辑部，兵器知识精华本，兵器知识杂志社，(1993)。
- [5] 曾光军、大奇，海外新兵器，长征出版社，(1992)。