



国防科技著作精品译丛

Радиоэлектронная борьба.

От экспериментов прошлого до решающего фронта будущего

无线电电子战： 从过去的试验到未来的决定性前沿

【俄】 N·A·科列索夫 I·G·纳先科夫 主编

电子信息控制重点实验室 译 张锡祥 审校



国防工业出版社
National Defense Industry Press

无线电电子战： 从过去的试验到未来的 决定性前沿

РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ БОРЬБА.

От экспериментов прошлого
до решающего фронта
будущего

[俄] N·A·科列索夫 I·G·纳霍科夫 主编
电子信息控制重点实验室 译
张锡祥 审校



国防工业出版社

National Defense Industry Press

著作权合同登记 图字：军 -2018 -028 号

图书在版编目 (CIP) 数据

无线电电子战：从过去的试验到未来的决定性前沿 / (俄罗斯) N·A·科列索夫, (俄罗斯) I·G·纳先科夫主编; 电子信息控制重点实验室译. — 北京: 国防工业出版社, 2018.7

(国防科技著作精品译丛)

ISBN 978-7-118-11629-8

I. ①无… II. ①N… ②I… ③电… III. ①无线电技术—电子对抗 IV. ①TN014②E866

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 133519 号

Translation from the Russian language edition: Радиоэлектронная борьба. От экспериментов прошлого до решающего фронта будущего by Н.А.Колесов, И.Г.Насенков.

©Центр анализа стратегий и технологий, 2015.

All rights reserved.

本书简体中文版由中华版权代理总公司代理取得, 由Центр анализа стратегий и технологий授权国防工业出版社独家出版发行。

版权所有, 侵权必究。

无线电电子战：从过去的试验到未来的决定性前沿
[俄] N·A·科列索夫 I·G·纳先科夫 主编
电子信息控制重点实验室 译
张锡祥 审校

出版发行 国防工业出版社

地址邮编 北京市海淀区紫竹院南路 23 号 100048

经 售 新华书店

印 刷 天津嘉恒印务有限公司

开 本 710 × 1000 1/16

印 张 11½

字 数 200 千字

版 印 次 2018 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

印 数 1—2000 册

定 价 78.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777 发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755 发行业务: (010) 88540717

关于本书

自 2015 年以来俄罗斯国内有多篇文章介绍了俄军电子战的发展情况，多次报道了电子战装备交付俄罗斯部队的新闻。在此背景下，俄罗斯战略与技术分析中心组织编写了本书，2015 年 12 月，由“无线电电子技术康采恩”股份有限公司出资赞助出版。主编为无线电电子技术康采恩股份有限公司总经理 N·A·科列索夫和无线电电子技术康采恩股份有限公司第一副总经理 I·G·纳先科夫。其他作者编写分工：M·S·巴拉巴诺夫负责编写第 1 章“无线电电子战的历史”和 3.3 节“海基无线电电子战技术装备”；S·A·德尼森采夫负责编写引言“无线电电子战的基本概念、范围和原则”、3.1 节“空基无线电电子战技术装备”、3.2 节“陆基无线电电子战技术装备”和 4.5 节“无线电电子战的未来”；A·V·拉夫罗夫负责编写 2.1 节“俄罗斯帝国、苏联和俄罗斯联邦武装部队的无线电电子战”和 4.4 节“后苏联地区冲突中的无线电电子战”；R·N·普霍夫负责编写 2.3 节“法国军队在无线电电子战装备和方法应用方面观点的演化”；D·V·费杜季诺夫负责编写 4.3 节“无人机与无线电电子战”；A·A·赫塔古罗夫负责编写 3.4 节“无线电电子战技术装备的国际市场”；M·IO·舍波瓦连科负责编写 2.2 节“美国无线电电子战装备与能力的形成、发展和现状”、4.1 节“‘冷战’结束后美军的无线电电子战”和 4.2 节“美国的航天无线电电子侦察”。

前言

本书简要介绍了俄罗斯国内外无线电电子战的发展和现状。

由于无线电通信的发明和投入使用,无线电电子战在 20 世纪初成为人类军事斗争的最新样式之一。基于接收反射电磁波原理的无线电定位的出现和广泛运用,使无线电电子战的发展产生了质的飞跃。雷达设备广泛用于目视范围外目标的探测,以及雷达设备在军事斗争方面的重要性,极大地增强了无线电电子战的重要意义。无线电电子战已从破坏敌方无线电通信的初始装备发展成为削弱甚至摧毁敌方火力杀伤性武器效能的主要手段之一,并在较短历史中,经历了从简单无线电干扰到规模作战的最重要保障类型的跨越。

在现代条件下,无线电电子战不仅包括电磁辐射对敌方军队和武器指挥系统无线电电子目标实施的定向作用,还包括保护己方无线电系统免受敌方无线电电子战装备的影响。本书给出了较为完整的无线电电子战领域术语的定义,揭示了无线电电子战在当代的发展方向,并简要通俗地介绍了无线电电子战的理论和原理。

第 1 章简要概述无线电电子战装备从日俄战争至 20 世纪 80 年代期间的使用历史,重点介绍了第二次世界大战期间的无线电电子战经验,并揭示了持续发展至今的无线电电子战发展方向。

第 2 章描述世界主要军事强国(苏联/俄罗斯、美国和法国)在无线电电子战使用方面观点的演化,并介绍了有关各国无线电电子战部队的建立,从首次试验到现代信息战构想中,无线电电子战技术装备和战略的完善。还特别强调,近年来俄罗斯军事政治领导层越来越重视无线电电子战

部队的发展。由于对外政策形势严峻及其他国家为研制无线电电子战武器和方法付出的巨大努力,因此,需要不断换装新的现代化装备来提升国家无线电电子战部队的战斗力。无线电电子技术康采恩股份有限公司作为俄罗斯无线电电子战系统和装备的研制生产和主导单位,公司投入了数千名科学家、工程师、工人和专家研发和生产这些先进的无线电电子战技术装备。

第3章介绍俄罗斯无线电电子战技术装备研发和生产企业,并简要说明了这些企业在该领域研发和生产的產品。尽管起点明显落后且遭受美国及其盟国的技术封锁,但苏联工业和科学领域仍然在“冷战”时期研制出很多先进的无线电电子战装备和系统,创建了自己的无线电电子战装备和技术研究机构。在20世纪90年代,虽然因订单不足,该行业处于生存边缘,国家无线电电子战研究机构得以保留是一项重要的功绩。现在,俄罗斯最好的无线电电子战技术装备研发和生产企业都被并入无线电电子技术康采恩股份有限公司,该公司隶属于俄罗斯技术国营集团。无线电电子技术康采恩股份有限公司不仅为俄罗斯武装部队提供现代化技术装备,而且还在国际市场上对西方国家主要无线电电子战研发和生产公司构成挑战。

第4章分析了自1991年来无线电电子战装备和方法在现代武装冲突中的使用经验,并对未来的技术发展进行了预测。无线电电子战已不再是辅助作战支援手段,而是武装对抗最重要的武器,它往往决定冲突的结果。因此,世界军事强国都越来越重视无线电电子战部队和技术的发展,且扩大在武装冲突中无线电电子战军队和技术的应用范围。

在不远的将来,通过在网络化结构框架下结合使用软杀伤武器及网络战方法,无线电电子战将成为决定战斗甚至战争结局的军事斗争类型。在21世纪无线电电子战能力保持领先地位,是俄罗斯保持独立和繁荣的必然要求,在该领域的任何落后都将会导致国家军事潜力遭到全面的削弱。

本书介绍了无线电电子战装备和无线电电子战方法的演变历程,讲述了无线电电子战的基本原则,主要国家无线电电子战部队和技术的发展,及其现代战争中电子战的应用,最后对无线电电子战的未来发展进行了思考。

N·A·科列索夫

“无线电电子技术”康采恩股份有限公司总经理

I·G·纳先科夫

“无线电电子技术”康采恩股份有限公司第一副总经理

目录

引言 无线电电子战的基本概念、范围和原则	1
1. 无线电电子侦察	3
2. 无线电电子压制和无线电电子防护	11
第 1 章 无线电电子战的历史	22
1.1 早期使用无线电电子战装备和方法的经验	23
1.2 第二次世界大战中的无线电电子战	27
1.3 “冷战”时期的无线电电子战	43
第 2 章 无线电电子战部队	58
2.1 俄罗斯帝国、苏联和俄罗斯联邦武装部队的无线电电子战	58
2.2 美国无线电电子战装备与能力的形成、发展和现状	70
2.3 法国军队在无线电电子战装备和方法应用方面观点的演化	90
第 3 章 俄罗斯无线电电子战工业、技术及国际市场	95
3.1 空基无线电电子战技术装备	95
3.2 陆基无线电电子战技术装备	108
3.3 海基无线电电子战技术装备	116
3.4 无线电电子战技术装备的国际市场	125

第 4 章 无线电电子战装备和方法在现代冲突中的运用	136
4.1 “冷战”结束后美军的无线电电子战	136
4.2 美国的航天无线电电子侦察	144
4.3 无人机与无线电电子战	148
4.4 后苏联地区冲突中的无线电电子战	153
4.5 无线电电子战的未来	160
参考文献	166

引言 无线电电子战的基本概念、范围和原则

在编著本书时，作者阅读了各类大众传媒纸质和电子出版物，并多次发现人们在论述和讨论无线电电子战时，很难理解什么是无线电电子战。

在过去，俄罗斯出版物时常出现有关无线电电子战军队的描述，如实施“圆顶”电子干扰，直径可达几十千米^[1]。根据俄罗斯中央报刊报道：“克拉苏哈”-2 电子对抗综合系统“虽然用强辐射无法抑制敌方信号，但雷达定向辐射能够摧毁敌机甚至卫星的电子设备^[2]”。许多对军事、技术装备及相关新闻感兴趣的读者记得俄罗斯媒体如何报道美国海军 DDG75 “唐纳德·库克号”驱逐舰和俄罗斯装有“希比内”无线电电子战综合系统的苏-24M 前线轰炸机参与的黑海事件。根据俄罗斯新闻记者的叙述，从并非令人印象最深刻的事件描述看出，逼近驱逐舰后，“希比内”关闭了驱逐舰上的雷达、作战控制电路和数据传输系统。总之，关闭了整个“宙斯盾”，“就像按下遥控器按钮关掉电视一样。”此后，苏-24 模拟了导弹攻击“眼瞎耳聋”的美军舰。然后，一次又一次如此进行了 12 次。当轰炸机飞走后，“唐纳德·库克”号驱逐舰紧急驶入罗马尼亚港口，没有进一步靠近俄罗斯水域^[3]。新闻记者“就像按下遥控器按钮关掉电视一样”的描述，让普通读者形成无线电电子战综合系统无所不能的错觉，专业读者怀疑宣传是否过于乐观，而有关专家却一笑而过。无线电电子战是现代战争强大且必要的手段，就像本书讲述和论证的那样，但并非是只需轻触“按钮”就能够关闭所有装备系统的“神奇武器”。除曲解无线电电子战的功

能外,许多作者还有一个问题,即对无线电电子战包含什么没有明确的认识。如今,信息战、计算机侦察和基于新物理原理武器均属于无线电电子战。现代无线电电子战的范围在扩大,在某些情况下,与其他军事斗争趋同,这一点之后也会谈到。但无论如何,所有传统无线电电子战——用无线电干扰影响敌方无线电电子设备,并保护己方系统免遭类似的干扰,这是军事科学技术领域对其明确的定义。

当然,这些可笑的错误和夸大说法本质上都很简单,就是知识匮乏。关于坦克及其在战场的应用,即使不了解军事的人员都有一个概念。对于火炮系统、作战直升机及潜艇等,同样也是这样。但是,无线电电子战系统和综合系统要复杂得多。在当今信息时代,通过网络平台搜寻无线电电子战理论和原理方面的书籍(从苏联经典教材瓦金和舒斯托夫的《无线电干扰和无线电技术侦察基础》^[4]和尼科连科的《无线电电子战理论基础》^[5]到现代教材,如库普里亚诺夫和舒斯托夫的《无线电电子战:理论基础》^[6])都很容易找到。此外,专业杂志刊登有大量技术信息。然而,科学书籍和教材通常针对特定读者群体,无线电物理学、高等数学、电子学并非总是适合普通百姓了解和掌握。在编写本书时,我们主要面向广大读者。因此,引言部分为简要的入门知识,即“无线电电子战入门”。

首先定义主要概念。什么是无线电电子战?根据经典教材和现代教材有两个定义:

无线电电子战是一个措施体系,旨在用于侦察并压制敌方无线电、光电设备和系统,并用无线电保护己方无线电、光电设备和系统。^[7]

无线电电子战是指信息系统在信息空间中的相互对抗。^[8]

通过比较两个定义,最明显区别是什么?显然,术语外延在不断扩大,从单一的压制和保护无线电、光电设备到广义的信息空间对抗。两个定义的差别驱使我们寻找前述问题的答案,即如何界定“无线电电子战”术语?在美国等部分英语国家,通常采用术语“Electronic Warfare”代替“无线电电子战”。注意,这不仅是指无线电,而且指整个电磁领域内的斗争,包括声学(声纳)振动。本书将无线电电子战秉持传统且狭义的理解,即无线电波范围内的对抗,我们无意编著一本“简谈”的书。

除了界定无线电电子战外,阅读各种文献时还会出现一个术语“无线电电子战设备”——“系统”——“综合系统”的使用问题。在俄罗斯教材《无线电电子战:理论基础》中,采用的区分最为有序:单元——装置——设备——子系统——综合系统——系统。按照这个区分,无线电电子战装置是完成一定任务的单元的总和,如电子侦察站天线或有源干扰站信号频率存储

器。下一层级是无线电电子战设备,它是单个无线电电子战装置的总和。干扰设备、无线电电子战设备投放装置、雷达照射告警装置等可作为无线电电子战设备的实例。相互关联的无线电电子战装备和设备统称为无线电电子战子系统和综合系统。飞机机载自卫综合系统计算子系统可作为无线电电子战子系统的实例。“克拉苏哈”-2 型地面无线电电子战模块可作为无线电电子战综合系统的实例。统一自动化指挥控制系统连接的无线电电子战综合系统和设备的总和属于无线电电子战系统。然而,俄罗斯出版的书籍(包括技术书籍)经常将无线电电子战综合系统和系统的概念等同。在西方国家文献资料中,通常将次序减少到三个等级,即设备(措施)/对抗措施—子系统—系统,甚至为措施/对抗措施—系统。同时,根据理解,术语“无线电电子战系统”等同于俄罗斯术语“无线电电子战综合系统”。为便于理解本书,使用设备—子系统—系统/综合系统三个层级区分,具体还取决于是否针对西方国家或俄罗斯无线电电子战系统/综合系统。

1. 无线电电子侦察

无线电电子战综合系统和系统面临着什么目标和任务呢?无线电电子战的首要任务通常是对敌方无线电电子系统和装备展开电子压制。但是,在实施“压制”之前,必须找到“压制”对象。对象产生的电磁辐射是暴露伪装的特征之一,可对其探测和分析。在无线电波段范围内(再次提及对无线电电子战的界定和区别)接收、分析无线电磁辐射的基础上,收集侦察信息称为无线电电子侦察。其实,无线电电子侦察是无线电电子战的最古老形式,因为陆军和海军一开始使用无线电波,军队立即开始尝试探测和分析敌方的无线电信号。首先,发现与自然背景不同且有预设特性的电磁辐射本身就是重要的侦察信息。在目视发现敌方之前,可用无线电电子探测敌方的驻扎军队。因此,及时探测发现无线电信号成为海战的重要因素。初期的无线电传送信号没有掩盖自身存在和内容的措施,因此很容易被敌方捕获。这样,就出现了无线电电子拦截或无线电电子侦察,即英语国家所说的“Communications Intelligence”(COMINT)。同时,人们很快学会给信号加密,但即使没有及时解密也可得到很多有用的信息,如无线电台参数、无线电台工作强度、无线电台布置图和布置密度。另外,人们很快学会了根据无线电波辐射定位信号源及其变化参数。20 世纪 30 年代

后,人们学会了利用对象的无线电波反射效应进行探测目标,出现了雷达侦察。由于发明无线电探测技术,测量雷达工作参数成了无线电侦察的重要组成部分。因此,出现了无线电技术侦察(ELINT),并成为(目前仍然是)展开其他类型的无线电电子战主要的信息来源,首先是无线电压制的主要信息来源。通过电子技术侦察获取的数据,能够评估电子环境状况、采取无线电压制决策、确定综合系统的组成及所需装备的数量,并根据其使用结果确定压制效果。无线电压制装置和设备很快成为无线电技术侦察对象,因为这些装置和设备也是电磁辐射源。还出现了另一种无线电电子战类型——无线电电子防护。保证己方无线电电子设备在敌方实施电子干扰以及软杀伤武器的电磁辐射影响,包括使用核武器产生的电磁和电离辐射情况下仍能正常工作。无线电电子防护还促进了无线电电子战其他两个方面的发展。一是出现了综合技术监测,即监测己方无线电电子设备运行状态,并保护其免受敌方技术设备的侦察。例如,通过监测无线电搜索、截获和分析无线电电子设备传送的信息,可监测敌方获取信息的能力。二是通过研究核爆炸毁伤要素,出现了使用电磁效应来破坏敌方电子、通信和电力设备的想法。产生了电磁炸弹——用高功率无线电波发生器产生的电波能摧毁电子设备。但是,在一般情况下没有必要拓宽研究课题的范围。因此,无线电电子战的主要组成部分如下:

- (1) 无线电电子侦察(EWS)或无线电电子信息保障(ESM);
- (2) 无线电电子压制(毁伤)(EA),还曾使用术语电子对抗(ECM);
- (3) 无线电电子防护(EP),还曾使用无线电电子保护(EPM)和电子反对抗(ECCM)等。

每个部分也包含了若干种无线电电子战类型。例如,古老且目前仍为无线电电子侦察主要类型之一的是无线电电子侦察(COMINT)。通常,无线电电子侦察让人们联想到无线电截听,虽然在广义上,任何通过搜索、截获、测向和分析无线电通信设备辐射来获取敌方信息,都属于无线电电子侦察。无线电电子侦察有什么作用?要回答这个问题,就必须列出可能的敌方无线电电子设备的参数和性能。换句话说,必须确定无线电电子设备可能的暴露特征。这些特征参数相当多,主要分为以下七类:

- (1) 频率类,如载波频率、调制、固定频率数量、频率调制变化范围、载波调制的稳定性等;
- (2) 时间类,如脉冲长度、辐射持续时间等;
- (3) 能量类,如发射功率、功率谱密度、发射功率的动态变化范围等;
- (4) 频谱类,如谱宽、谱类型、谱分量相对值等;

(5) 空间能量类, 如辐射传播方向、最大辐射方向、天线方向图参数等;

(6) 相位类, 如相位调制类型和参数、相位离散跳跃的次数等;

(7) 极化类, 如极化类型、电场矢量的旋转方向等。

无线电电子侦察最主要的是频率、时间和空间参数。最简单、历史最长的无线电侦察工具是无线电接收机。找到无线电发射机的频率, 就可以获取传输的信息。当然, 在无线电通信出现在军事领域后, 人们就开始学习给传输的信息加密。因此, 只有一个无线电接收机是不够的。同时, 随着编码与破译方法和技术的逐渐发展, 形成了独立的学科——密码学。关于密码学有大量的书籍, 因此本书不深入讨论密码战(加密、破译)。需要指出的是, 目前存在两种有效的无线电信息传输保护技术: 一种是扰频——数字流的可逆变换, 以获得随机序列的特征。在同一网络无线电台上安装扰频器, 先前使用硬件设备, 现在通常使用软件设备。可根据编程算法, 扰频器将传输信息转化为随机序列, 而在接收到该序列时逆向转换为原来的信息。由于使用现代化处理器, 扰频几乎不会影响信息的传输速度。另一种是最重要的无线电传输信息防护技术, 即跳频扩频(FHSS)。该方法的本质在于频繁变化载波频率, 而且根据伪随机数列进行频率变化。为什么是伪随机? 随机仅是表象, 而实际上频率跃变是根据发送方和接收方都已知的特定顺序(规则)进行的。决定传输信息防护水平的关键参数是调频速率。该速度通过单位时间内跳频次数进行测量, 并直接取决于系统处理器的工作性能。在 20 世纪 70 年代, 美军通过超短波无线电通信系统 HAVE QUICK 使用的首批微处理器, 跳频速率能够达到 10 跳/s。从 2000 年开始服役于俄罗斯国防部, 且现在成为俄罗斯军队战术无线电通信的主要系统的“渡槽”系统, 其 R-168E 无线电台的调频速率, 能够按照规定算法在 256 个频率范围内, 实现高达 100 跳/s。现代军用无线电台, 跳频速率可达数千跳每秒。比如, 已经开始生产的用来取代“渡槽”的第六代无线电台“阿扎尔特-P1”, 其处理器可确保频率伪随机重调速率达 20000 跳/s。国外现代化类似跳频技术也有这样的跳频速率。值得注意的是, 跳频技术不仅广泛用于军事, 而且广泛应用于民用移动通信。在民用移动通信中, 它不是用于信息保护, 而是用于提高通信质量, 即减少信号多径影响, 提高指定无线电频率资源的使用效率等。但是, 即便是民用移动通信中使用的慢速跳频, 如 GSM 标准规定的标准移动通信跳频速率为 217 跳/s, 若达到最大限度, 则会使采用标准无线电截获方法的移动通信窃听变得极其困难。因此, 包括乌克兰媒体经常刊登的类似乌克兰安全局

的“分裂主义分子谈话”和“无线电截收录音”，如“戈萨克”关于被他们击落的马来西亚波音飞机或者关于他们射击自己人的谈话只会让专家发笑。窃听现代移动电话交谈内容在技术方面能够实现，维基解密网^[9]公布的大量内容和爱德华·斯诺登所揭露的内容都足以让我们相信。但是，这种窃听并非采用传统的无线电技术截获，而是通过硬件法（接入当地移动通信基站）或软件法（插件、间谍软件、木马）方法。至于军用无线电通信，结合宽工作波段（几百频道）和扰频方法的跳频速率，几乎可消除现代军用超短波和短波无线电台及通信信道的拦截。仅在低强度冲突中使用完全过时的军用和未受保护的民用无线电台的情况下才可进行拦截（这种情况在后苏联地区冲突中发生过，包括车臣战争期间）。不过，即使不能窃听敌人无线电通信，但无线电电子侦察仍然是作战行动保障的重要组成部分。无线电电子侦察能够确定发射无线电台数量、基本参数及无线电台的空间位置，并在这些信息的基础上得出该地域是否存在敌人、敌人大约数量及敌人部队组成。需注意的是，敌方也可通过积极利用无线电通信来扰乱对方的无线电侦察。在第二次世界大战期间，这种方法得到积极有效的应用，并给大量书籍和电影提供了素材（《旋风少校》《“欧米伽”方案》《间谍的失误》），且至今仍具有现实意义。

总体而言，无线电侦察在最重要的无线电电子侦察类型中，略逊色于雷达侦察和无线电技术侦察。这主要因为在现代战场上，雷达探测设备发挥了巨大的作用。当初，雷达的出现彻底改变了海战和空战，并对陆战产生了极大影响。雷达能够探测到数十甚至数百千米以外的目标。而且与目视探测不同的是，雷达探测几乎不受天气限制，也不受昼夜和照明参数的限制。当然，雷达在战场上出现后，人们便开始尝试研究对抗雷达探测的方法。为此，必须先了解工作雷达的参数，弄清工作雷达参数也就是无线电技术侦察的首要任务。无线电技术侦察能够做什么？首先，探测雷达辐射源，并确定定辐射源的方向。首批安装于飞机、军舰、潜艇的初级雷达照射探测站为无线电技术侦察设备。在许多情况下，只要发现正在运行的雷达站就足够了。例如，第二次世界大战期间，在大西洋战斗的德国潜艇利用接收机及时探测到英国和美国反潜机的雷达辐射后，在反潜机攻击潜艇前下潜。又如，首批地面雷达站基本没有圆周扫描功能，装有雷达探测站的侦察机能够探测到敌方防空雷达网的缺口，这些缺口后来可能被突击机群所利用。此外，大多数近现代雷达有无线电静默区、衰减无线电信号接收区或者空间。在该范围内根本不可能接收信号，称为无线电盲区。在许多冲突中都积极搜索无线电盲区。有效利用已探明的雷达无线电盲区的

典型案例是阿以战争过程中，对以色列雷达站进行的空中突击行动。这种方法至今仍然有效。

信号衰减效应直接取决于电磁波的频率，即衰减（信号随着离开发射机的距离而削弱）主要取决于信号频率，频率越高，衰减越大。随着雷达的应用，便开始寻求伪装己方军队以防雷达探测和实施初级简单的干扰方法。为了对雷达的干扰有效，必须弄清空间位置和载波频率外的其他参数，如雷达工作模式（脉冲或连续工作模式、空间搜索模式和目标跟踪模式）、信号变化规律、幅度频谱类型、脉冲持续时间和脉冲时间间隔、天线方向图样式。正常情况下，为增加雷达工作的作用距离，需要使用持续时间较长的长脉冲；而对于更高分辨率，则需要使用短脉冲。根据脉冲参数和脉冲重复频率可以确定雷达的任务。远距离监视雷达的特点是脉冲重复频率低、持续时间长，而防空导弹综合系统瞄准雷达的典型特点是脉冲重复频率高和持续时间短。关于天线方向图样式，值得进行更详细的讲解。事实上，发射机输出功率对雷达侦察和无线电电子战来说具有非常重要的意义。一般来说，发射机功率越大，越难压制。但是，发射机的输出功率不仅取决于电磁波发射机本身的功率（最终取决于馈电装置或振荡器的功率），还取决于发射天线的参数。天线能够使基于受领任务的设备功率使用达到最佳，是无线电技术设备最重要的组成部分。对于雷达，最重要的是朝一个方向辐射，为此需要定向天线。但是，在实践中做到只朝一个方向辐射非常困难，因为除主方向外，辐射还会扩散到其他方向，只不过功率相对较小。天线定位取决于天线自身空间方位的天线的辐射优先方向，称为天线的方向性。其图像表示称为天线的方向图。方向图上可划分出波瓣——辐射最强的方向。最强辐射功率波瓣称为主瓣，位于和主瓣完全相反方向的波瓣称为尾瓣，其余的称为旁瓣（图 0.1）。

通常情况下，雷达设计人员都致力于“增强”“加长”方向图的主瓣，并将旁瓣减到最小。反之，对于无线电技术侦察来说，发现敌方雷达方向图的旁瓣非常重要，因为这些旁瓣是雷达的致命弱点，通过旁瓣和背景波瓣接收的信号掩盖了有用的反射信号（反射自目标的信号）。

除了雷达外，无线电电子导航设备及电子对抗设备和系统都是无线电技术侦察的对象。严格地说，首批无线电技术侦察设备是 20 世纪 30 年代末的无线电导航系统站，这大大简化了舰艇（尤其是飞行器）的导航。在西方国家，通常将对敌测量仪器侦察（FISINT）划分为单独的领域，包括对航天器遥测装置、各种应答器（包括敌我应答器）、无线电浮标等遥测数据截收。现代战场由于充满大量辐射源，导致无线电场特征多变。多种无

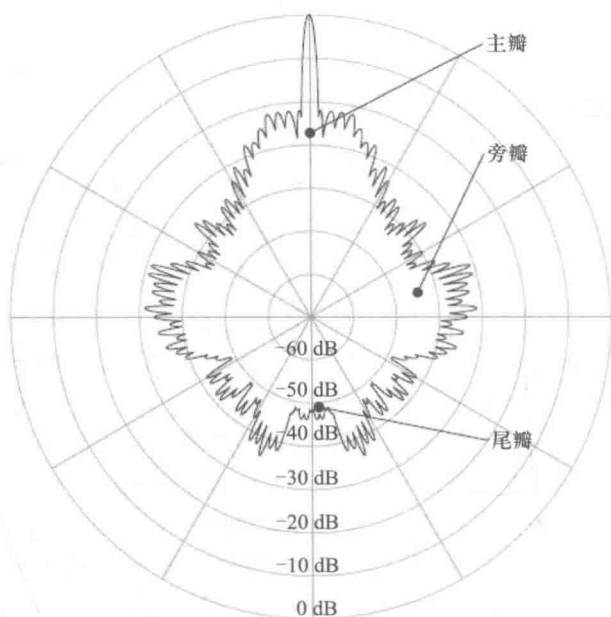


图 0.1 天线方向图

线电辐射装置的大量存在，导致越来越重视无线电电子侦察。在世界大多数国家，主要由空基无线电技术侦察系统负责无线电电子侦察任务。

俄罗斯是拥有丰富的海基和陆基无线电技术侦察系统研制经验的国家之一。而这里将要研究的是侦察机。装有无无线电技术侦察专用设备的飞机在战时沿前线展开巡逻，或在和平时期沿国家边界（领海）展开巡逻。该设备能够测量敌方无线电电子设备的工作时间、确定敌方无线电电子设备的信号参数，并使用专用方法（三角定位法、差分定位法）确定敌方无线电电子设备的位置。在苏联时期，通常使用雅克-28R 和雅克-28SR 飞机实施无线电技术战术侦察；战役侦察使用装有无无线电技术侦察站的米格-25RBK 飞机和备有无无线电技术近距离侦察站“方阵”的伊尔-20M；战役战略侦察使用图-16E 和图-16R，后来使用图-22R（图-22RD）、图-22RM（图-22RDM）；战略侦察使用图-95MR 来实施。在“冷战”期间，各独立侦察团每月都会沿北约、伊朗、中国等边境进行数次无线电技术侦察飞行。美国、英国、德国、土耳其等国家空军的飞机也进行过类似的飞行。美国波音 RC-135 型和洛克希德 SR-71 型侦察机曾是苏联边境线上的“常客”。对于各国空军无线电电子侦察机的工作特性，曾经要求（现在同样要求）飞

行员有胆量和魄力。原因在于,多数潜在敌人的无线电电子设备在大部分时间处于静默和关闭状态。例如,通常是米波段值班雷达首先发现目标,不要求较高的目标坐标测定精度,只要发现目标即可。瞄准雷达通常仅在监视雷达探测到目标,并决定导弹瞄准或歼击机引导后启动。这样不仅节约雷达资源,还避免在探测前被敌方无线电电子侦察发现。侦察机为了执行自身任务,必须迫使敌方启动尽可能多的雷达,主要是启动监视瞄准雷达。常用的信息收集方法是苏联和美国空军采用的“针刺”法。侦察机朝边境方向佯动,假装有意侵犯国境,但仅仅是逼近(在几千米内,越近越好),然后紧急调头并继续沿边境飞行。敌方防空系统在很远的距离就能发现侦察机,并随着侦察飞机的逼近活动越积极:为防止可能的侵犯国境行为,启动额外雷达,截击机升空,通信和指挥链路开始运行,最后启动瞄准雷达并进行导弹瞄准。此时,侦察机利用自己的装置确定无线电技术设备辐射参数及其位置。另外,一次侦察飞行是不够的,敌方会经常更换无线电技术装备位置和兵力编成。所以,获得的信息会很快过时。无线电技术侦察机的冒险和纠缠使潜在敌方处于紧张状态,这种紧张有时会导致悲剧性的错误。比如,在1983年9月,苏联空军击落了韩国大韩航空公司的B747-230B客机(编号为KAL007)。这一事件在很大程度上是由于美国的RC-135侦察机在这个区域内活动导致的。1983年9月1日,RC-135侦察机接近B747-230B客机,在苏联空军雷达显示屏上,两架飞机的标记一致(有4台发动机的RC-135侦察机由B707机体改装而成,在雷达显示屏上,与B747几乎相同),以为是侦察机纠缠不休,导致苏联空军击落了B747-230B客机。这个悲剧曾被美国用来制造舆论,在妖魔化苏联方面发挥了极大作用,引发了一连串事件(从里根总统发表“邪恶帝国”演讲开始),并导致了苏联的最终解体。还有谁会怀疑无线电电子侦察的重要性呢?

除飞机外,航天侦察设备在现代无线电技术侦察领域也发挥着显著作用。作为安装侦察设备的平台,航天器具有很大优势:

(1) 太空是开放的,与国家边境和领空不同。与侦察机在空中的停留时间取决于燃料储备、机组能力和物理性能不同的是,卫星可以连续数月执行任务。缺点是“一动不动”的地球同步卫星轨道距离赤道35786 km。对于大多数无线电技术侦察类型需求来说,该距离太远。为了侦察地面无线电电子系统(如防空雷达系统),有必要降低高度,至少降到高椭圆轨道(近地点300 km,一般在近地点1000 km),最好是降到低近地轨道(160~2000 km)。首先,相对于地球,轨道越低,航天器的角速度越大。这