

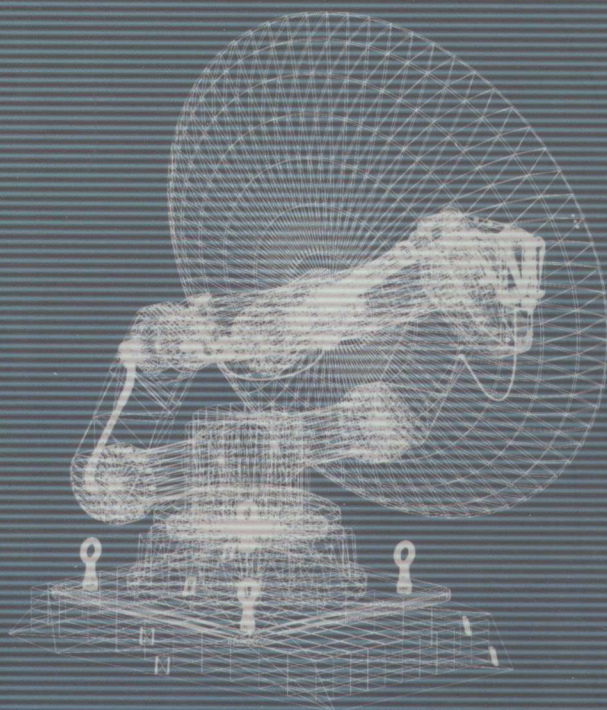
信息与通信技术



国防科工委『十五』规划教材

雷达对抗技术

● 主编 刁 鸣



74

552259

哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社

西北工业大学出版社 哈尔滨工业大学出版社



国防科工委“十五”规划教材 信息与通信技术

雷达对抗技术

主 编 刁 鸣

副主编 杨莘元 张朝柱 张春杰



哈尔滨工程大学出版社

北京理工大学出版社 西北工业大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 北京航空航天大学出版社



0552259

内容简介

本书系统介绍了雷达对抗的主要技术:雷达侦察、雷达干扰、雷达隐身和反辐射攻击武器技术。全书共分6章。第1章介绍雷达对抗技术的一些基本概念、雷达对抗中所面临的信号环境、雷达侦察技术概述、雷达干扰技术概述以及雷达隐身技术概述等方面的内容。第2章介绍雷达信号频率测量和信号分选的基本概念和基本方法,以及用于雷达频率测量的各种测频接收机的工作原理及其相关技术。第3章介绍可用于无源定位的几种基本测向技术以及两种对雷达的无源定位方法。第4章介绍雷达的有源干扰和无源干扰技术。第5章介绍雷达隐身的基本原理以及外形隐身和材料隐身基本技术。第6章介绍反辐射攻击武器的基本情况、主要技术指标、关键技术和发展趋势,然后重点介绍反辐射导弹的基本工作原理,并简单介绍反辐射无人机。

本书可作为电子信息工程和信息对抗专业的本科生和研究生教材,亦可供该方向的科技工作者和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

雷达对抗技术/刁鸣主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2005

ISBN 7-81073-695-7

I. 雷… II. 刁… III. 雷达对抗-技术
IV. TN974

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 088925 号

雷达对抗技术

主编 刁鸣

责任编辑 付江志

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通大街 145 号 哈尔滨工程大学 11 号楼

发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001

新华书店经销

黑龙江省教育厅印刷厂印刷

开本:787×960 1/16

印张:13 字数:267 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数:1 000 册

ISBN 7-81073-695-7 定价:17.00 元

国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任:张华祝

副主任:王泽山 陈懋章 屠森林

编 委:	王 祁	王文生	王泽山	田 蔚	史仪凯
	乔少杰	仲顺安	张华祝	张近乐	张耀春
	杨志宏	肖锦清	苏秀华	辛玖林	陈光福
	陈国平	陈懋章	庞思勤	武博祎	金鸿章
	贺安之	夏人伟	徐德民	聂 宏	贾宝山
	郭黎利	屠森林	崔锐捷	黄文良	葛小春



总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天器为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济作出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科



技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版 200 种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的 100 多位专家、学者,对经各单位精选的近 550 种教材和专著进行了严格的评审,评选出近 200 种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华北工学院、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入二十一世纪,我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



前言

本教材是根据《国防科工委所属高等学校教育事业“十五”计划和 2010 年规划》和《教育部关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革意见》的精神而编写的,力求能够反映具有国防特色学科——信息与通信技术领域中雷达对抗技术的发展水平及发展前景。

全书共分 6 章,即雷达对抗概述、雷达信号频率测量与信号分选、雷达信号的方向测量与定位、雷达干扰技术、雷达隐身技术和反辐射攻击武器。第 1 章主要介绍有关雷达对抗技术的一些基本概念、雷达对抗中所面临的信号环境、雷达情报侦察技术概述、雷达干扰技术概述以及雷达隐身技术概述等方面的内容。通过本章内容的介绍力求使读者能够对雷达对抗技术的总体内容有一个粗略的了解。第 2 章主要介绍有关雷达信号频率测量和信号分选方面的一些基本知识、用于雷达频率测量的各种测频接收机(包括频率搜索接收机、射频调谐(RFT)晶体视频接收机、瞬时测频接收机以及信道化接收机)的工作原理及其相关技术。同时简单介绍了信号分选的一些基本概念与基本方法。通过本章内容的介绍力求使读者能够掌握各种雷达信号频率测量的基本方法、原理和相关技术,同时对信号分选有一个初步了解。第 3 章主要介绍了可用于无源定位的几种基本测向技术(包括波束搜索法测向技术、全向振幅单脉冲测向技术、多波束测向技术、数字式相位干涉仪测向技术以及线性相位多模圆阵测向技术),最后介绍两种对雷达的无源定位方法(多点定位法和单点定位法)。通过本章内容的介绍力求使读者能够掌握无源定位的一些常用方法和技术。第 4 章首先介绍有关雷达干扰方面的一些基本情况,然后介绍雷达有源干扰的一些常用方法,主要是典型的遮盖性干扰和欺骗性干扰,最后介绍雷达无源干扰的一些常用方法,主要包括箔条干扰、反射器、假目标和雷达诱饵等方法。通过本章内容的介绍力求使读者能够了解并掌握雷达干扰的两种主要干扰技术,即有源干扰和无源干扰技术。第 5 章首先介绍雷达截面缩减原理,然后介绍外形隐身技术、雷达吸收材料的一些相关内容。通过本章内容的介绍力求使读者能够了解



并掌握雷达隐身技术的一些常用方法和技术。第6章首先对反辐射攻击武器的基本情况做一简单的介绍,然后重点介绍反辐射导弹的基本工作原理,最后对反辐射无人机、反辐射攻击武器系统的主要技术指标以及反辐射攻击武器的关键技术和发展趋势做一简单介绍。通过本章内容的介绍力求使读者能够了解现代反辐射武器的基本工作原理、关键技术以及发展趋势,掌握现代反辐射导弹的基本工作原理、战斗使用方式以及在现代战争中的作用。

本教材的编写与出版得到国防科工委国防重点教材资金支持,在此表示诚挚的感谢!同时对本教材参考文献的相关作者表示深深的谢意!

由于编者水平有限,书中难免还存在一些错误和缺点,希望得到广大读者批评指正。

编者

2005年5月

目 录

第 1 章 雷达对抗概述	1
1.1 雷达对抗的基本概念	1
1.2 雷达对抗的信号环境	4
1.3 雷达情报侦察概述	6
1.4 雷达干扰概述	10
1.5 雷达隐身与反隐身技术概述	14
1.6 反辐射攻击武器概述	15
1.7 雷达对抗技术的发展趋势	17
第 2 章 雷达信号频率测量与信号分选	19
2.1 雷达信号频率测量概述	19
2.2 测频接收机	25
2.3 信号分选与选择技术	44
第 3 章 雷达信号的方向测量与定位	71
3.1 概 述	71
3.2 振幅法测向	73
3.3 相位法测向	82
3.4 对雷达的定位	87
第 4 章 雷达干扰技术	113
4.1 雷达干扰概述	113
4.2 雷达有源干扰技术	116
4.3 雷达无源干扰技术	137
第 5 章 雷达隐身技术	144
5.1 概 述	144
5.2 外形隐身技术	149
5.3 材料隐身技术	155
第 6 章 反辐射攻击武器	160
6.1 概 述	160
6.2 反辐射导弹(ARM)	163
6.3 反辐射无人机	188
6.4 反辐射攻击武器的关键技术和发展趋势	192
参考文献	195

第 1 章 雷达对抗概述

现代军事技术的一个重要特点,就是各种武器装备越来越广泛地采用和依赖于无线电技术。各种武器装备威力的发挥,战区的监视和警戒,诸兵种协同作战的调配、联系、指挥和控制等,都越来越多地依赖于雷达的效能。雷达对抗是电子战的主要组成部分。它是以雷达为主要作战对象,通过电子侦察获取敌方雷达、携带雷达的武器平台和雷达制导武器系统的技术参数及军事部署情报,并利用电子干扰、电子欺骗和电子攻击等软硬杀伤手段,削弱、破坏敌方雷达的作战效能而进行的电子斗争。

本书着重阐述雷达对抗的基本原理、主要的雷达对抗技术实现方法和技术指标要求,以及雷达对抗系统的组成、信号处理和参数选择等。

1.1 雷达对抗的基本概念

1.1.1 雷达对抗的重要性

在现代战争中,每一个作战装备和作战人员都会受到多种雷达和武器系统的威胁、杀伤。一架作战飞机,可能会同时遭受到敌方数种雷达、杀伤武器的威胁。如果它及所在方不能有效地对抗敌方的这些威胁,那么它不仅不能完成预定的作战任务,甚至不能保存自己。

雷达对抗在现代战争中处于举足轻重、日益重要的地位。其主要表现在以下两方面。

① 雷达对抗是取得军事优势的重要手段和保证。

在各种现代武器系统中,雷达仍然是信息获取和精确制导领域中最重要装备。特别是在广大的作战地域内,及时、准确、全面地获取各种目标信息,雷达的作用是不可取代的。破坏了雷达的正常工作,也就破坏了整个武器系统的重要信息来源,很可能使其成为“聋子”、“瞎子”。这对于取得军事优势,无疑是十分重要的。

第二次世界大战中的诺曼底登陆战役,英美联军通过雷达侦察完全掌握了德军在该战区四十多部雷达的工作频率、性能和配置,然后进行大规模的火力轰炸,制造假的进攻方向。在发起进攻后,又进行了连续不断的干扰和轰炸,使德军雷达完全陷于瘫痪,根本不能提供任何有用的信息。此次战役英美联军参战的 2 127 艘舰船,只损失了 6 艘,损失率不到 0.3%。

海湾战争中,以美国为首的多国部队凭借高科技的优势,从战争开始前数周至战争结束,对伊军的整个战区进行了连续不断的电子侦察和强大的电子干扰。伊军的全部雷达不仅无法正常工作,甚至成为招致各种反辐射武器直接攻击的靶源,结果是通信中断,指挥失灵,损失惨



重。这场战争仅持续两个月,双方的人员损失分别为百余人比数十万人,开创了世界军事史上的奇迹,也充分展示了现代高科技战争的威力。

② 雷达对抗是每一种武器系统和军事目标生存与发展必不可少的自卫武器。

在现代战场上,对每一种武器系统和军事目标(包括作战人员)的直接威胁,主要来自于精确攻击武器。这里的精确是一个相对的概念,是指精确到武器的有效杀伤范围之内。而攻击武器的精确性能主要是依靠一系列的雷达和电子设备保证的。例如,在现代防空系统中,首先需要远程警戒雷达预先提供敌方来袭飞机、导弹的批量、距离、方向等有关的情报,供防空指挥部门核实后,发出空情预报,做出预防处理;然后由目标指示、引导雷达准确核对目标的编队数量、位置、威胁的空域等,引导我方机群或远程防空导弹进行空中拦截;当来袭飞机、导弹进入一定的作战空域之后,由各种制导雷达、炮瞄雷达指挥控制中、近程防空导弹和防空火炮进行拦截射击。如果没有干扰,则防空导弹一次齐射(约为三发)的杀伤概率为90%以上。防空火炮一次发射(约为36发)的杀伤概率为80%以上。为了对付超低空突防的飞机(飞行高度在300米以下),由侦察卫星、预警飞机上的下视雷达担任早期预管和目标指示,由各种车载、步兵便携式雷达担任低空补盲。步兵肩扛发射的防空导弹杀伤概率也在50%以上。显然,没有现代雷达对抗技术支持的作战飞机只能是空中的活靶,难以生存。雷达对抗技术是改善武器系统和军事目标生存与发展条件的有效手段。越南战争中美军综合采用了多种雷达对抗措施,曾一度使地空导弹的杀伤概率降到2%,防空火炮的杀伤概率降到0.5%以下;海湾战争中,美军的F-117A隐形轰炸机出动架次,执行防空火力最强地区的轰炸任务,在强大的电子干扰掩护下,竟然无一损失。

现代战争和未来战争也是一场在高科技支持下的高度信息化的战争。从每一个荷枪实弹的士兵到整个战场的指挥控制,每一个作战单元都是依靠详尽的作战信息紧密联系在一起的。雷达和雷达对抗技术作为其中信息来源的重要支柱,无疑具有广阔的发展前景。

1.1.2 雷达对抗的定义和分类

雷达对抗是以雷达作为主要作战对象的一种电子对抗行动。它是采用专门的电子设备和器材,对敌方雷达进行侦察、干扰、反辐射攻击,削弱或破坏其有效使用的各种战术技术措施的总称。雷达对抗的基本内容可分为雷达侦察、雷达干扰和反辐射攻击三大技术领域。

(1) 雷达侦察

雷达侦察是利用雷达侦察设备探测、截获和测量敌方各种雷达电磁辐射信号的特征参数和技术参数,通过记录、分析、识别和辐射源测向定位,掌握敌方雷达的类型、功能、特性、用途、部署地点以及相关武器或平台的属性与威胁程度的一种电子侦察行动。雷达侦察按用途可分为雷达情报侦察、雷达技术侦察、雷达威胁告警及引导干扰和杀伤性武器攻击4大类。

(2) 雷达干扰

雷达干扰是利用干扰设备或器材发射干扰电磁波或反射、吸收敌方雷达辐射的电磁波,对



敌方雷达实施压制性或欺骗性干扰,以破坏或削弱敌方雷达对目标探测和跟踪能力的一种电子干扰行动。

雷达干扰是实施攻防兼备的雷达对抗手段,通常称为电子软杀伤。

(3) 反辐射攻击

反辐射攻击是应用反辐射武器(包括反辐射导弹、反辐射无人机和反辐射炸弹等),以地方雷达辐射的电磁信号作为制导信息,跟踪和摧毁敌雷达辐射源的一种摧毁性手段,通常称为电子硬杀伤。其基本功能是与雷达干扰配合使用,直接攻击敌方各种防空雷达和杀伤操作员,使其雷达造成永久性的毁灭,有效地压制敌防空系统,掩护己方顺利完成空中进攻作战任务。

雷达对抗技术领域除了上述三类之外,随着隐身武器和定向能武器的研制成功和投入战场使用,以降低目标雷达信号特征为目的的隐身技术、以降低隐身目标隐身能力为目的的反隐身技术,以及以干扰和烧毁军事电子设备为目的的定向能攻击技术也将成为新的雷达对抗技术。

1.1.3 雷达对抗的基本原理及主要技术特点

雷达对抗是与雷达紧密联系在一起的。众所周知,雷达为了获取目标信息,必须首先将高功率的电磁波能量照射到目标上;由于目标的电磁散射特性,将对照射能量产生相应的调制和散射;雷达接收到目标调制后的一部分微弱的散射信号,再根据收发信号调制相对关系,解调出目标信息。

雷达对抗设备中的侦察设备接收雷达发射的直达信号,测量该雷达的方向、频率和其他调制参数,然后根据已经掌握的雷达信号先验信息和先验知识,判断该雷达的功能、工作状态和威胁程度等,并将各种信号处理的结果提供给干扰机和其他有关的设备。由此可见,实现雷达侦察的基本条件:① 雷达向空间发射信号;② 侦察接收机接收到足够强的雷达信号;③ 雷达信号的调制方式和调制参数于侦察机信号检测处理的能力和范围之内。

根据雷达对目标信息检测的过程,对雷达干扰的基本方法包括:① 破坏雷达探测目标的电波传播路径;② 产生干扰信号进入雷达接收机,破坏或扰乱雷达对目标信息的正确检测;③ 减小目标的雷达截面积等。

雷达对抗的主要技术特点:

(1) 宽频带、大视场

雷达对抗要能够作用于广阔地域内各种工作频率的雷达,对抗具有众多威胁雷达的信号环境。因此,雷达对抗设备的工作视场往往是半空域或者全空域,工作带宽往往是倍频程或多倍频程的。

(2) 瞬时信号检测、测量和高速信号处理

由于雷达信号大多为射频脉冲,持续时间很短。雷达侦察设备预先并不知道雷达信号的调制特性、到达的时间和空间等,因此在信号严重失配的情况下,对于射频脉冲信号的检测、测量



等都必须短暂的脉冲期间内完成。导弹末制导雷达、近炸引信等武器设备的发射信号时间很短,要求雷达对抗系统的信号处理必须尽快完成,及时做出有效的反应。

1.1.4 雷达对抗的技术体系

根据雷达对抗的概念和分类,为了满足现代和未来雷达对抗的需求,雷达对抗技术体系如图 1-1 所示。



图 1-1 雷达对抗技术体系

1.2 雷达对抗的信号环境

雷达对抗的信号环境 S 是指雷达对抗设备在其所在地域内存在的各种辐射、散射信号的全体

$$S = \bigcup_{i=0}^{N-1} s_i(t) \quad (1-1)$$

式中 N ——信号环境 S 中辐射、散射源的数量;

$s_i(t)$ ——其中第 i 个辐射、散射源的信号。



1.2.1 现代雷达对抗信号环境的特点

(1) 辐射源的数量和分布密度大、分布范围宽、信号交叠严重

由于雷达的广泛应用,许多作战飞机、舰艇、战车和作战单位都配有一定数量的雷达,分布范围很大,特别是在重要的军事集结地,雷达的分布十分密集, N 的数值往往为数十、数百甚至上千。在单位时间内出现的脉冲信号平均数少则数万,多则数百万,在同一时间可能有多个信号同时出现(交叠)。

(2) 信号调制复杂,参数多变、快变

雷达通过信号调制波形和参数的选择与变化,可以获得诸多目标信息检测和抗干扰等方面的利益。随着信号产生技术和处理技术的发展,一部雷达往往能够根据需要,产生多种不同调制特性的波形,特别是在脉冲持续时间内的频率和相位调制。此外,出于反侦察、抗干扰等的需要,许多雷达都可以改变发射信号的载频、脉冲重频、脉冲波形或其他调制参数。这种变化的时间可能是数秒、数十毫秒,甚至到每个发射脉冲都发生捷变。

(3) 信号综合威胁程度高

现代雷达与各种杀伤性武器系统的结合十分紧密,如制导雷达、炮瞄雷达、反辐射寻的等,都直接威胁到雷达对抗设备和人员的生存。由于受到杀伤性武器系统威力范围的限制,这些雷达往往在目标尚未进入攻击范围时保持电磁静默(不发射),由其他探测设备提供信息保障,一旦目标进入攻击范围则立即投入工作,迅速捕获目标,引导武器攻击。

1.2.2 信号环境在雷达对抗设备中的描述和参数

如式(1-1)所示,信号环境 S 是由 N 个辐射源和散射源组成的。如果主要考虑其中的雷达信号辐射源,则辐射源信号 $s_i(t)$ 可顺序展开其射频脉冲序列

$$s_i(t) = \{s_i(n)\}_{n=1}^{\infty} \quad (1-2)$$

式中 $s_i(n)$ —— $s_i(t)$ 的第 n 个脉冲。

雷达对抗设备是以 S 为工作背景,从 S 中获取有用信息,并对 S 做出适当反应的设备。根据不同用途和指标的要求,具体雷达对抗设备对 S 的检测能力是一有限子空间 D ,如

$$D = \{\Omega_{\text{RF}} \otimes \Omega_{\text{AOA}} \otimes \Omega_{\text{PW}} \otimes \Omega_{\text{P}}\} \quad (1-3)$$

式中, Ω_{RF} 、 Ω_{AOA} 、 Ω_{PW} 、 Ω_{P} 分别为雷达对抗设备对信号载频、到达方向、脉冲宽度和信号功率的检测范围, $\otimes$ 为直积。 D 可以是非时变的(通常称为非搜索检测),也可以是时变的(通常称为搜索检测)。雷达对抗设备可检测的信号环境 S' 是 S 中的子集合

$$S' = \bigcup_{i=0}^{N-1} \{s_i(n) | s_i(n) \in D\}_{n=1}^{\infty} \quad (1-4)$$

显然, D 的检测范围越大,则进入 S' 的雷达信号也越多。如果以 P_i 表示 i 雷达发射脉冲可以被雷达对抗设备检测的几率,则在1s时间内 S' 中的平均脉冲数 λ 为



$$\lambda = \sum_{i=0}^{N-1} P_i f_{ri} \quad (1-5)$$

式中 f_{ri} ——第 i 部雷达的平均脉冲重复频率。

在典型情况下,如果 i 雷达的工作频率、所在方向、脉冲宽度都在雷达对抗设备的检测范围内,只要其天线波束指向雷达对抗设备,接收到的信号功率就能高于接收机灵敏度,则 P 为

$$P = \begin{cases} 0, & \text{波束始终不指向雷达对抗设备} \\ 1, & \text{波束始终指向雷达对抗设备} \\ \frac{\theta_a}{\Omega_\theta}, & \text{波束宽度 } \theta_a \text{ 在 } \Omega_\theta \text{ 范围内扫描} \end{cases} \quad (1-6)$$

S' 是 N 个具有周期性的脉冲信号序列 $\{s_i(n)\}_{(n=1, \dots, \infty; i=0, 1, \dots, N-1)}$ 按照式(1-4)条件的合成。当 N 的数量很大时,由于各信号序列的到达时间是相互独立的,在一定时间内近似满足统计平稳性和无后效性,根据随机过程理论, S' 可以采用泊松流近似描述。

在时间 τ 内到达 n 个脉冲的概率

$$P_n(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^n}{n!} e^{-\lambda\tau} \quad (\tau \geq 0; n = 0, 1, \dots) \quad (1-7)$$

在时间 τ 内到达脉冲的平均值(均值)为

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n(\tau) n = \lambda\tau \quad (1-8)$$

式中 λ ——单位时间内到达脉冲的平均值,也称为 S' 的信号流密度。

1.3 雷达情报侦察概述

不少人误解雷达情报侦察是用雷达探测来获取敌方军事和技术情报。其实雷达情报侦察设备是侦察有无雷达在工作的设备,它自己完全不发射电磁信号,只是接收正在工作的雷达发射的信号,通过处理来确定这些雷达的参数、方向和位置。如果雷达不开机,雷达情报侦察设备是收不到任何信息的。

1.3.1 雷达侦察的任务与分类

雷达侦察的目的就是从敌方雷达发射的信号中检测有用的信息,并且与其他手段获得的信息综合在一起,引导我方做出及时、准确、有效的反应。

按照侦察的具体任务,雷达侦察主要分为以下五类。

(1) 电子情报侦察(ELINT)

“知彼知己,百战不殆”。这是古今中外都适用的科学真理。军事情报是作战、指挥、决策的基础。电子情报侦察属于战略情报侦察,要求其获得广泛、全面、准确的技术和军事情报,提供



给高级决策指挥机关和中心数据库各种详实的数据。雷达情报侦察是信息的重要来源,在平时和战时都要进行,主要由侦察卫星、侦察飞机、侦察舰船、地面侦察站等来完成。为了减轻侦察平台的有效载荷,许多 ELINT 侦察设备的信号截获、记录与信号处理是异地进行的,通过数据通信链联系在一起。为了保证情报的可靠性和准确性,电子情报侦察允许有较长的信号处理时间。

(2) 电子支援侦察(ESM)

电子支援侦察属于战术情报侦察,其任务是为战术指挥员和有关的作战系统,提供当前战场上敌方电子装备的准确位置、工作参数及其转移变化等,以便指战员和有关的作战系统采取及时、有效的战斗措施。电子支援侦察一般由作战飞机、舰船和地面机动侦察站担任。对它的特殊要求是快速、及时,对威胁程度高的特定雷达信号优先进行处理。

(3) 雷达寻的和告警(RHAW)

用于作战平台(如飞机、舰艇和地面机动部队)的自身防护。雷达寻的和告警的作用对象主要是对本平台有一定威胁程度的敌方雷达和来袭导弹,RHAW 连续、实时、可靠地检测它们的存在、所在方向和威胁程度,并且通过声音或显示等措施向作战人员告警。

(4) 引导干扰

所有雷达干扰设备都需要有侦察设备提供威胁雷达的方向、频率、威胁程度等有关的参数,以便根据所辖干扰资源的配置和能力,选择合理的干扰对象,选择最有效的干扰样式和干扰时机。在干扰实施的过程中,也需要由侦察设备不断地监视威胁雷达环境和信号参数的变化,动态地调控干扰样式和干扰参数以及分配和管理于扰资源。

(5) 引导杀伤武器

通过对威胁雷达信号环境的侦察和识别,引导反辐射导弹跟踪某一选定的威胁雷达,直接进行攻击。

1.3.2 雷达情报侦察的特点

因为雷达情报侦察是通过侦察敌方电磁辐射源的特性来获取情报的,所以与雷达相比它具有自身的一些特点。

(1) 侦察的隐蔽性

只要向外界发出信号辐射,就容易被敌方的信号侦收设备发现,不仅可能造成信息的泄露,甚至可能招来致命的攻击。辐射信号越强越容易被发现,也就越危险。而雷达侦察只接收外界的辐射信号,因此具有良好的隐蔽性和安全性。

(2) 侦察的宽开性

雷达情报侦察的第二个特点是它对被接收的信号没有先验信息,而其他电子设备对要处理的信号是有相当的先验信息的。比如说雷达探测目标,一方面它不知道信号在什么地方会被反射,但另一方面它非常清楚被反射信号的一般技术参数,因为那是它自己刚发射的信号。因



此在接收时有专门的针对性,处理可能获得增益。而雷达情报侦察接收机用来侦察雷达信号,其中内容之一就是要了解的雷达信号参数事前肯定是未知的。这就要求侦察设备首先必须具有宽开性,要能瞬时或顺序地接收各种各样的雷达信号,不能因为不认识信号而拒绝接收信号。

(3) 信号分选的复杂性

雷达情报侦察的第三个特点是信号处理比较特殊。正是由于前面所说的宽开性,当一个雷达情报侦察设备工作时,一般说来就会有不止一个雷达信号被收到,因此就有必要对信号进行处理。处理的目的是要求可能很多,但起码包括一定要分离出各个雷达信号,识别出有多少个不同的雷达,以便分别地获得需要的信息。

(4) 测量的高精度

雷达情报侦察一般属于战略情报侦察,准许信号测量的时间长一点,但要求获取的雷达辐射源信息尽可能多和全面,雷达技术参数和位置信息的测定要有很高的精度,获取的雷达信息要能记录下来供事后分析用,或直接传送给情报中心进行处理。

1.3.3 雷达侦察设备的基本组成

典型雷达侦察设备的基本组成如图 1-2 所示。

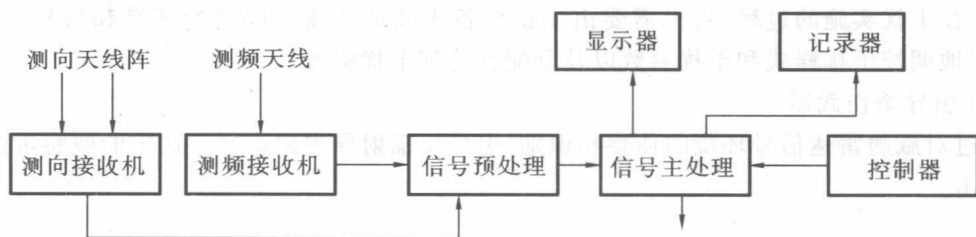


图 1-2 典型雷达侦察设备的基本组成

测向天线阵覆盖雷达侦察设备的测角范围 Ω_{AOA} , 并与测向接收机组成对雷达信号脉冲到达角 θ_{AOA} 的检测和测量系统, 实时输出检测范围内每个脉冲的到达角数据; 测频天线的角度覆盖范围也是 Ω_{AOA} , 它与测频接收机组成对其他脉冲参数的检测和测量系统, 实时输出检测范围内每个脉冲的载频 (f_{RF})、到达时间 (t_{TOA})、脉冲宽度 (τ_{PW})、脉冲功率或幅度 (A_P) 数据。有些雷达侦察设备还可以实时检测脉内调制, 输出脉内调制数据 (F), 这些参数组合在一起, 称为脉冲描述字 (PDW), 实时交付信号预处理器。

信号预处理的过程: 将实时输入的脉冲参数与各种已知雷达的先验参数和先验知识进行快速的匹配比较, 按照匹配比较的结果分门别类地装入各缓存器, 对于认定为无用的信号立即