

高等学校教材

雷达对抗原理

林象平 主编



西北电讯工程学院出版社

高等学校教材

雷达对抗原理

林象平 主编

西北电讯工程学院出版社

1985

内 容 简 介

本书全面地、系统地介绍了雷达对抗的基本概念、基本原理和技术基础。全书共九章,包括:雷达对抗概述,对雷达的测频、测向和定位技术,侦察信号的处理,侦察系统分析和构成原理,遮盖性干扰及欺骗性干扰信号分析,对警戒雷达干扰和对跟踪雷达干扰的效果分析,干扰系统分析和构成原理,对雷达的无源对抗技术。

本书着重对雷达对抗技术的基本原理和设计基础进行详细的讨论和分析,在选材上力求反映七十年代、八十年代雷达对抗的最新技术,内容由浅入深,通俗易懂,便于自学。

本书为高等院校电子对抗专业、雷达专业的教材和参考用书,也可供有关工厂、研究所和部队的工程技术人员使用。

高等学校教材
雷 达 对 抗 原 理
林象平 主编

西北电讯工程学院出版社出版

西安冶金建筑学院印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 29 8/16 字数 718千字

1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷 印数1—5,000

统一书号: 15322·26 定价: 6.6元

570168

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材159种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》、中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构，并制定了一九八二至一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共217种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系由无线电技术与系统教材编审委员会雷达教材编审小组评选审定，并推荐出版。

该教材由西北电讯工程学院林象平担任主编，南京航空学院许兆泽、成都电讯工程学院肖先赐担任主审。编审者均依据雷达教材编审小组审定的编写大纲进行了编写和审阅。

本课程的参考教学时数为80~100学时，其主要内容为雷达对抗的基本原理和雷达对抗技术（即侦察技术和干扰技术）的理论分析和设计基础，以及电子侦察设备和干扰的设备整机参数计算方法和构成原理。

本教材共包括九章，第一章雷达对抗概述，介绍雷达对抗的基本概念和初步知识；第二、三、四、五章为雷达侦察部分，介绍对雷达的测频、测向及定位技术以及侦察信号的处理、雷达侦察系统的分析和构成原理；第六、七、八、九章为雷达干扰部分，介绍遮盖性干扰、欺骗性干扰对警戒雷达和跟踪雷达的干扰原理及干扰效果分析、干扰系统构成原理，以及对雷达的无源对抗技术。

随着现代军事技术的发展，雷达对抗技术在现代战争中的作用越来越重要，雷达对抗技术发展极为迅速。因此，本教材在着重阐述基本原理的同时，力求反映当代雷达对抗技术的新进展。但雷达对抗技术直接涉及国防军事机密、公开文献资料不多，因而对许多新技术、新理论只能作原理性分析和简要的介绍。考虑到保密要求，本教材在涉及具体雷达对抗系统和设备时，均以国外的系统和设备为例。

本教材由林象平编写第一、四、八、九章，魏本涛编写第二、三、五章，杨绍全编写第六、七章和第四、八章的部分内容，林象平统编全稿。参加审阅工作的还有成都电讯工程学院杨肇基、中国人民解放军电子工程学院蔡鸿芳。西北电讯工程学院戴树荪审阅了部分内容，并为全书提出许多宝贵意见。这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 雷达对抗概述

§ 1-1 雷达对抗的基本概念及含义	(1)
一、雷达对抗的含义及重要性	(1)
二、雷达对抗的基本原理及技术特点	(2)
三、电子战的含义	(3)
四、电子对抗的分枝和对抗领域的扩展	(4)
§ 1-2 现代电子对抗信号环境	(5)
一、现代电子对抗信号环境的特点	(5)
二、电子对抗信号环境的定量描述和参数范围	(6)
三、随机信号流的统计特性	(9)
§ 1-3 雷达侦察概述	(10)
一、雷达侦察的重要性、任务及分类	(10)
二、雷达侦察的优越战术性能	(11)
三、现代雷达侦察机的基本组成及技术特点	(12)
§ 1-4 雷达干扰概述	(13)
一、雷达干扰技术的分类	(14)
二、积极干扰的特点、分类及其强度等级	(15)
三、雷达干扰机的组成及工作原理	(17)
四、对雷达的无源对抗技术	(19)
附录: 雷达、电子对抗频段的划分	(20)

第二章 雷达信号频率的测量

§ 2-1 概 述	(22)
一、雷达信号频率测量的必要性	(22)
二、对测频系统的基本要求	(22)
三、现代测频技术分类	(25)
§ 2-2 频率搜索接收机	(26)
一、搜索式超外差接收机	(26)
二、射频调谐(RFT)晶体视频接收机	(31)
三、频率搜索形式	(32)
四、频率搜索速度的选择	(33)
§ 2-3 比相法瞬时测频接收机	(37)
一、微波鉴相器(相关器)	(37)
二、极性量化器的基本工作原理	(40)

三、多路鉴相器的并行运用	(43)
四、校码和编码技术	(43)
五、对同时到达信号的分析与检测	(46)
六、测频误差分析	(49)
七、比相法瞬时测频接收机的组成及主要技术参数	(50)
§ 2-4 信道化接收机	(52)
一、基本工作原理	(52)
二、频率模糊问题及其分辨途径	(56)
三、信道化接收机的特点及其应用	(57)
§ 2-5 压缩接收机	(57)
一、Chirp变换原理	(58)
二、表面声波(SAW)压缩接收机的工作原理	(59)
三、压缩接收机的参数	(61)
§ 2-6 声光接收机	(64)
一、声光调制器	(64)
二、空域傅里叶变换原理	(66)
三、声光接收机的基本工作原理	(70)
四、声光接收机的主要特点	(71)

第三章 雷达的方向测量与定位

§ 3-1 概 述	(75)
一、对雷达进行测向的目的	(75)
二、测向方法的种类	(75)
三、对测向系统的基本要求	(76)
§ 3-2 搜索法测向	(77)
一、方位搜索概率分析	(77)
二、角度分辨力和测角精度分析	(80)
§ 3-3 全向振幅单脉冲测向技术	(84)
一、基本工作原理	(84)
二、幅度比值的计算	(85)
三、倾斜角与波束宽度的确定	(88)
四、系统误差分析	(89)
五、随机误差分析	(90)
§ 3-4 数字式相位干涉仪测向技术	(91)
一、单基线相位干涉仪基本工作原理	(91)
二、一维多基线干涉仪	(93)
三、二维多基线干涉仪	(95)
§ 3-5 线性相位多模圆阵测向技术	(99)

一、远场方向性分析·····	(99)
二、相位模式圆阵的激励网络的特性·····	(103)
三、多模圆阵的工作原理及巴特勒矩阵的构成·····	(106)
四、线性相位多模圆阵的测向系统·····	(108)
§ 3-6 宽角透镜馈电的多波束阵测向技术·····	(108)
一、罗特曼透镜馈电的多波束线阵·····	(108)
二、透镜馈电的多波束圆阵·····	(110)
§ 3-7 对雷达定位·····	(113)
一、单点定位法·····	(113)
二、测向-交叉定位法·····	(114)
三、测向-等角螺旋线航迹定位法·····	(124)
四、测向-时差定位法·····	(127)
五、测时差定位法·····	(128)

第四章 侦察系统的信号处理

§ 4-1 概 述·····	(132)
一、侦察系统信号处理与信号环境·····	(132)
二、信号分选及分选参数·····	(134)
三、参数估计与信号识别·····	(136)
§ 4-2 脉冲重频硬件分选与重频鉴别技术·····	(138)
一、基本方法和要求·····	(138)
二、硬件时域分选·····	(140)
三、重复频率的频域鉴别·····	(145)
四、相关函数法重频鉴别技术·····	(148)
§ 4-3 对交迭脉冲信号的计算机分选·····	(153)
一、计算机重频分选·····	(153)
二、时域多参数分选·····	(159)
三、频域、空域、时域多参数分选·····	(160)
§ 4-4 现代侦察系统的信号处理机·····	(162)
一、预处理机的组成及信号的预处理·····	(162)
二、信号分选的处理过程·····	(163)
三、主处理机的组成及处理程序·····	(165)
四、计算机速度的计算·····	(169)
§ 4-5 信号识别·····	(172)
一、概 述·····	(172)
二、硬件识别系统·····	(173)
三、矩阵式实时识别系统·····	(176)
四、雷达信号的计算机识别·····	(179)

第五章 雷达侦察系统的构成及分析

§ 5-1 概 述	(182)
一、雷达侦察的种类	(182)
二、现代雷达侦察系统的组成及其特点	(182)
三、侦察系统的主要战术技术指标	(184)
§ 5-2 雷达信号分析与现代电子情报收集系统举例	(185)
一、雷达信号分析	(185)
二、现代电子情报收集系统举例	(187)
§ 5-3 威胁告警和战术侦察的电子支援侦察系统的特点及举例	(190)
一、雷达告警系统的特点及举例	(190)
二、空军战术电子侦察/精确定位打击系统的特点及举例	(192)
§ 5-4 侦察作用距离及其对雷达的优势	(194)
一、简化侦察方程	(194)
二、修正侦察方程	(194)
三、侦察的直视距离	(195)
四、侦察机作用距离 R_r 对雷达作用距离的优势	(195)
五、对雷达旁瓣信号的截获	(196)
§ 5-5 雷达侦察系统灵敏度	(197)
一、几种常用的侦察接收机灵敏度	(197)
二、切线灵敏度和工作灵敏度的分析计算	(198)
三、侦察系统灵敏度	(204)
§ 5-6 雷达侦察系统的发现概率和虚警概率	(204)
一、窄带超外差接收机	(204)
二、宽带接收机	(206)
§ 5-7 雷达侦察系统的截获概率和截获时间	(215)
一、前端截获概率和截获时间	(215)
二、系统截获概率和截获时间	(218)
§ 5-8 雷达侦察系统的方案选择	(219)
一、雷达侦察系统方案选择的依据	(219)
二、天线-接收机形式的选择	(219)
三、处理机和终端形式的选择	(223)

第六章 遮盖性干扰

§ 6-1 概 述	(227)
一、遮盖式干扰的分类	(228)
二、遮盖性干扰的干扰效果的量度	(229)
§ 6-2 遮盖性干扰的最佳干扰波形	(230)

§ 6-3 射频噪声干扰	(238)
一、射频噪声干扰对雷达接收机的作用	(238)
二、射频噪声干扰对信号检测的影响	(243)
三、影响压制系数的因素	(246)
§ 6-4 噪声调幅干扰	(248)
一、噪声调幅干扰信号的特性	(249)
二、中放输出的干扰的统计特性	(253)
三、噪声调幅干扰的干扰效果	(258)
四、噪声调幅干扰的压制系数	(262)
§ 6-5 噪声调频干扰	(263)
一、噪声调频干扰的频谱特性	(263)
二、中放输出的干扰的统计特性	(269)
三、影响干扰效果的因素	(273)
§ 6-6 噪声调幅-调频干扰	(281)
一、噪声调幅-调频干扰信号的特性	(282)
二、接收机输出的干扰功率计算	(284)
§ 6-7 脉冲干扰	(286)

第七章 欺骗性干扰

§ 7-1 概 述	(290)
一、欺骗性干扰的优缺点	(290)
二、欺骗性干扰的分类	(291)
三、欺骗性干扰的干扰效果量度	(292)
§ 7-2 欺骗性干扰的最佳波形	(293)
§ 7-3 对圆锥扫描系统的干扰	(295)
一、误差信号的形成	(296)
二、对暴露式圆锥扫描的欺骗干扰	(302)
三、对隐蔽式圆锥扫描系统的干扰	(307)
四、对自动增益控制欺骗	(312)
§ 7-4 对线性扫描角跟踪系统的干扰	(314)
§ 7-5 对单脉冲角跟踪的欺骗	(317)
一、单脉冲角跟踪的工作原理及其测向特性	(317)
二、对单脉冲角跟踪系统的干扰方法	(320)
§ 7-6 对自动距离跟踪系统的干扰	(335)
一、自动距离跟踪系统的特点	(335)
二、对自动距离跟踪系统的欺骗	(337)
§ 7-7 对速度跟踪系统的欺骗	(340)
一、速度跟踪系统的原理	(341)

二、对速度跟踪系统的干扰	(345)
§ 7-8 假目标干扰	(350)
一、影响雷达检测的假目标	(350)
二、对信号处理欺骗的假目标	(351)
三、导前干扰机产生的假目标	(354)
四、结束语	(354)

第八章 干扰机构成原理及干扰信号处理

§ 8-1 干扰机的基本类型、组成及性能要求	(356)
一、实现干扰必须具备的条件	(356)
二、干扰机的基本体制	(356)
三、干扰机的主要性能要求及指标	(359)
§ 8-2 干扰机的空间能量计算和时间计算	(360)
一、干扰方程	(361)
二、最小干扰距离及干扰扇面	(362)
三、干扰机掩护运动目标时的有效干扰区——随队掩护干扰、 远距支援干扰	(366)
四、干扰机掩护固定目标时的有效干扰区	(368)
五、干扰机的空间能量计算	(371)
六、干扰机的时间计算	(374)
七、回答式干扰的时间压制区	(377)
§ 8-3 干扰机的频率引导	(383)
一、概 述	(383)
二、测频法频率引导	(384)
三、比较法频率引导	(386)
四、综合法频率引导	(388)
五、频率预测法引导	(390)
§ 8-4 干扰机的输出系统和波束控制	(395)
一、大功率、单波束输出系统	(395)
二、用混合接头构成的输出系统	(399)
三、由阵列天线构成的输出系统	(400)
§ 8-5 干扰机的收发隔离	(402)
一、收发隔离度	(403)
二、增大收发隔离度的方法	(404)
§ 8-6 干扰效果监视	(405)
一、实现干扰效果监视的方法	(406)
二、几种干扰效果监视技术	(406)
§ 8-7 储频技术	(409)

一、储频环路的储频原理	(409)
二、储频条件及储频精度	(411)
三、对延迟线的要求	(413)
四、储频的建立过程及对行波管的要求	(415)
五、储频的持续时间	(418)
六、数字式储频	(420)
§ 8-8 载频移频技术	(422)
一、行波管射频移频原理	(422)
二、铁氧体射频移频器	(425)
三、产生线性频移所需的控制电压波形	(426)

第九章 对雷达的无源对抗技术

§ 9-1 箔条(干扰丝/带)	(428)
一、箔条干扰的一般特性	(428)
二、箔条的有效反射面积	(429)
三、箔条的频率响应	(432)
四、箔条干扰的极化	(433)
五、箔条回波信号的频谱	(434)
六、箔条云对电磁波的衰减	(435)
七、箔条的遮挡效应	(436)
八、箔条在现代战争中的应用	(437)
§ 9-2 反射器	(440)
一、角反射器	(440)
二、龙伯透镜反射器	(446)
三、万-阿塔反射阵	(448)
§ 9-3 假目标和雷达诱饵	(449)
一、带有发动机的假目标	(450)
二、火箭式雷达诱饵	(450)
三、投掷式雷达诱饵	(452)
§ 9-4 反雷达涂层	(453)
一、吸收型反雷达涂层	(454)
二、干涉型反雷达涂层	(455)
三、谐振型反雷达涂层	(456)
四、放射性同位素反雷达涂层	(458)
§ 9-5 隐身技术	(459)

第一章 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无线电电子技术。各种新式武器威力的发挥、战区的监视和警戒、诸兵种协同作战的联系和指挥，都越来越多地依赖于各种雷达的效能。雷达对抗的目的就是通过对雷达的侦察和干扰，使敌武器系统失灵，指挥和控制失效，为保存自己消灭敌人、取得战争胜利创造条件。

本书的任务就是阐述雷达对抗技术的基本原理，研究雷达对抗系统的整机构成、信号处理和参数选择。

§ 1-1 雷达对抗的基本概念及含义

一、雷达对抗的含义及重要性

在现代战争中，一架飞机（或一艘军舰）将会受到多种雷达和导弹系统的照射和跟踪，如图 1-1 所示。这些雷达和导弹系统就使飞机（或军舰）面临严重威胁。在这种情况下，飞机（或军舰）如果不能对抗这些雷达和导弹系统，破坏它们的效能，就无法保证自己的生存和战斗力的发挥。

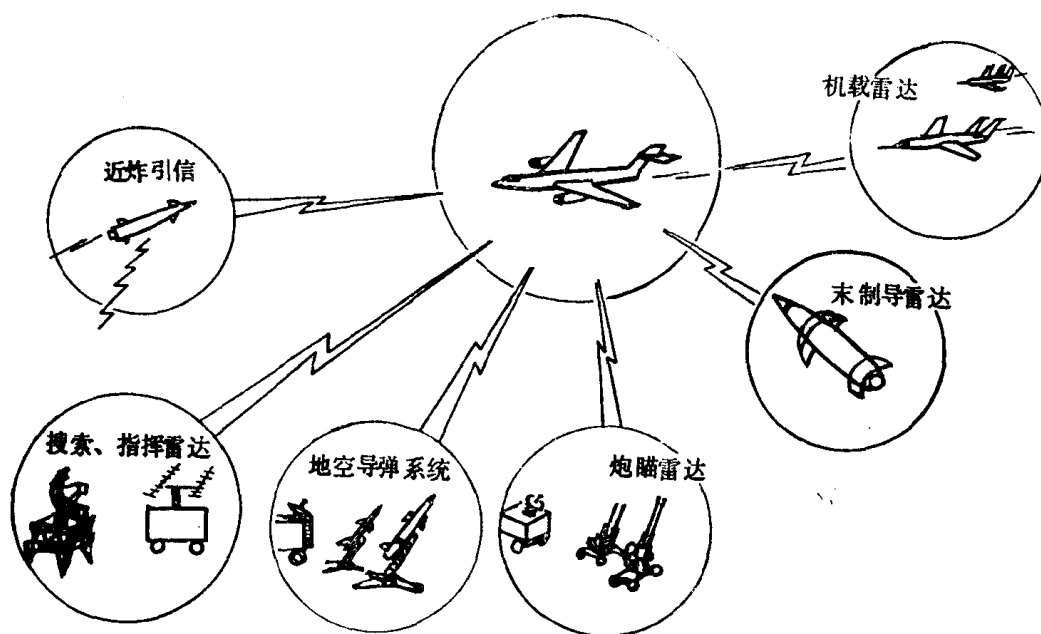


图 1-1 现代飞机必须对抗的雷达和导弹威胁

雷达对抗是和敌雷达及雷达导弹系统作斗争、相对抗的各种战术措施的总称。这些对抗措施主要包括对雷达的侦察、干扰、伪装和欺骗。由于雷达对抗设备(侦察和干扰设备)能够及时发现雷达的照射，快速测量雷达信号参数和识别威胁，并对最具威胁的雷达进行干扰和破坏，因而成为现代飞机、军舰等高价值目标保存自己消灭敌人所必需具备的高级电子技术装备。

雷达对抗在现代战争中居于日益重要的地位。主要表现在：

(1) 雷达对抗设备是现代战争中每架军用飞机、每艘舰艇不可缺少的自卫武器。

现代化的导弹系统和雷达控制的火炮，在无干扰的情况下具有近乎100%的命中率。雷达对抗设备是降低这些现代化武器命中率的最主要手段。第二次世界大战中，由于英美对德国施放了大量的干扰，使德国高射炮击落一架飞机所消耗的炮弹由800发增加到3000发。在越南战争中，由于美机综合采用了多种雷达对抗措施，使得地空导弹的命中率降低到2%。通常只需要3~4发就可击落一架飞机，由于加强了电子对抗，到1966年需要15发，而到1972年则平均需要84发才能击落一架飞机。

战略轰炸机B-52只装2~3部雷达就可完成其战斗任务，但却要装备近20部电子侦察和干扰设备用于自卫。在现代战争条件下，一架没有雷达对抗设备的飞机，由于它毫无电子自卫能力就只相当一架靶机，不会有生存能力。

(2) 雷达对抗是取得军事优势的重要手段。雷达对抗的胜利甚至对整个战争的胜败起决定性的作用。

第二次世界大战中英美联军在诺曼弟半岛登陆战役就是通过周密的雷达对抗布署而取得战争胜利的极好战例。英美通过雷达侦察完全掌握了德军在此战区的四十多个雷达站的雷达频率、性能和配置情况，然后进行大规模地火力轰炸和制造假的进攻方向。在进攻开始后又进行了连续不断地干扰和轰炸，使雷达完全陷于瘫痪，保证了这次登陆战的胜利。英美在这次战役中参战的2127艘舰船，只损失了6艘，损失率不到千分之三。

1982年6月，在以色列侵略黎巴嫩战争中，以色列采用了通过雷达对抗彻底摧毁贝卡谷地防空体系掌握制空权的战略，使以色列在整个侵黎战争中处于军事上的绝对优势。在这次战役中，由于以色列事先完全掌握了萨姆-6地空导弹系统的性能以及有关贝卡谷地防空体系的情报，在战争开始时，以色列就出动无人驾驶飞机和九十多架装有先进的雷达侦察设备的飞机准确地查清萨姆-6导弹系统的频率和布署，并从远在40km之外发射能自动追踪雷达辐射的反雷达导弹，以极少的代价且仅仅只用了两个小时，就将山谷中19个阵地上的萨姆-6导弹设施全部摧毁。

(3) 雷达对抗是提高雷达抗干扰性能和整个电子战能力的必不可少的条件。

一个国家，没有先进的雷达对抗技术就不可能有先进的雷达系统，反之亦然。雷达对抗和雷达是相互对立又相互促进的，但敌方的先进的对抗措施只在战争中的紧要关头才会使用。所以要使自己的雷达系统适应未来战争的电子战环境，完全要靠自己的雷达对抗设备模拟敌方的对抗环境来检验雷达的反干扰性能。

二、雷达对抗的基本原理及技术特点

大家知道，雷达必须发射探测脉冲和接收被照射目标的回波才能发现目标、测定目标的空间位置和对目标跟踪。雷达对抗设备则是利用雷达这一工作过程而破坏雷达对目标信息的获取的，如图1-2所示。

雷达对抗设备的侦察接收机通过对雷达高功率探测脉冲的截获可以在远距离上发现雷达的照射，并可根据对雷达信号的分析而准确知道雷达的属性和威胁的程度。雷达对抗设备更积极的对抗措施是发射和雷达频率相同的各种干扰信号，使它进入雷达接收机以压制雷达对目标回波的接收，并在其显示器上遮盖目标回波或制造假的目标回波进行欺骗，进

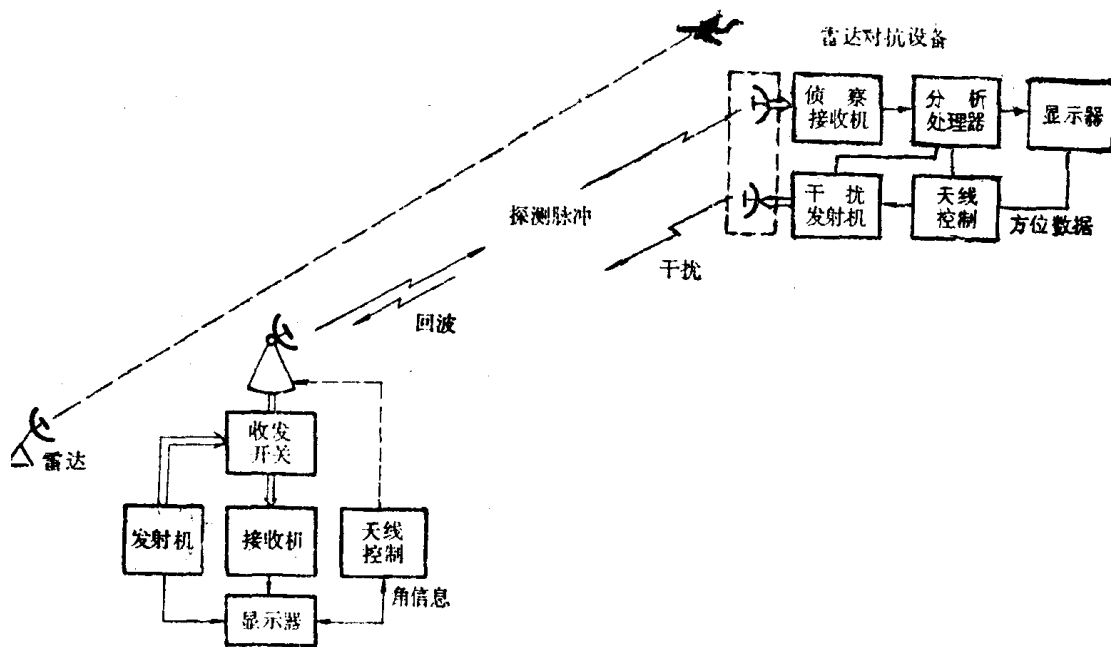


图 1-2 雷达对抗的基本原理

入雷达接收机的干扰信号还可以其特有的调制破坏雷达对目标的跟踪。

因此，雷达对抗和雷达之间的斗争实质上是电磁信息的斗争。雷达对抗设备实质上是占有和利用雷达的信息、破坏雷达获取目标信息的专门设备。

现代雷达对抗技术的特点和要求主要有：

- (1) 宽频带。需要发展倍频程、多倍频程的天线、微波元件和功率器件。
- (2) 圆极化和多种极化，以适应对各种雷达的侦察和干扰。
- (3) 大功率。干扰机总是追求尽可能高的功率，特别是高的连续波功率，以干扰雷达。
- (4) 全频段、全空域的侦察干扰能力。
- (5) 实时、快速的信号处理能力，以适应高密度、多威胁目标的信号环境。
- (6) 能准确获取雷达的多种参数，具有掌握各种雷达“指纹”的能力。
- (7) 综合使用多种对抗技术，对付多部雷达的能力。
- (8) 具有多种技术储备，技术新、换代快，对雷达技术发展具有快速反应能力。

三、电子战的含义

电子战 (EW) 并不是直接用电子流、电子能量进行杀伤。电子战的实质是敌对双方进行的电磁信息斗争。

电子战是指利用专门的无线电电子设备或器材对敌方无线电电子设备进行的斗争，用以阻止敌方无线电电子设备获得电磁信息，减弱和破坏敌武器系统的效能和威力，同时保护自己的无线电电子设备及武器系统在敌干扰条件下仍能正常发挥效能和威力。

因此，电子战在学科上的定义就包括两个相互斗争的方面，即电子对抗 (ECM) 和电子反对抗 (ECCM)。正象矛和盾是两个对立斗争的方面一样，电子对抗在电子战中发挥

着“矛”的作用，而电子反对抗则在电子战中起“盾”的作用。

电子战、电子对抗、电子反对抗的上述定义，自四十年代、五十年代以来在国内外得到广泛的采用，一直沿用至今。就是说，电子对抗指的是电子侦察和电子干扰，它是电子战的一个方面，而电子反对抗指的是反侦察、反干扰，是电子战的另一个方面。

电子战还有一种军事上的定义方法，它是首先由美军拟定的，自七十年代以来，在军事部门得到采用。这种定义把电子战分为：电子战支援侦察（ESM）、电子对抗（ECM）和电子反对抗（ECCM）三个组成部分。这种定义，突出了电子战支援侦察在整个电子战中的地位和作用。强调ESM不仅为电子对抗而且也为电子反对抗提供情报和数据。

将电子战分为三个组成部分，在军队列装和任务区分上有其可取之处。就象矛和盾虽然在学科上是代表着相互斗争的两个方面，但在军事上，一个战士既要装备矛也需装备盾。就是说，在军事上把矛和盾统一为一个整体。

还应注意，美军电子战定义中的电子对抗不仅仅指干扰，它通常包括四类电子对抗措施：（1）辐射有源的电子干扰；（2）改变目标和雷达之间媒质的电性能；（3）改变飞机本身的反射特性；（4）投放无源的干扰物。

四、电子对抗的分枝和对抗领域的扩展

电子对抗是一个技术分枝很多、范围很广的技术领域。

从电子对抗的对象来分，有通信对抗、雷达对抗、导航对抗、制导对抗、对敌我识别系统的对抗、对无线电引信的干扰以及对C³系统的对抗等等。C³系统是七十年代发展起来的通信、指挥、控制结合在一起的最新系统（C³即通信、指挥、控制三词英文缩写词头）。

从频域上分，有射频对抗、光学对抗和声学对抗三个领域，而且在每个领域上，电子对抗的范围都在扩展。

1. 射频对抗 射频是通信、导航、雷达、制导等设备工作的主要频段，如图1-3所示。其中雷达工作频段跨米波、分米波、厘米波和毫米波四个波段。雷达工作的频段也是雷达对抗的频段。

2. 光电对抗 包括红外对抗、电视对抗和激光对抗等分枝，主要用以对付红外探测、夜视设备和激光雷达，以及用红外、电视、激光制导的武器系统。

光波也是电磁波，从图1-3可知，光电对抗实质上是射频对抗向着更高的电磁频段的发展。光电对抗是近年来发展最快的电子对抗领域。

3. 声学对抗 或称水声对抗，它是指海下的电子对抗。在辽阔的海洋里，潜艇、舰船或新型鱼雷主要靠声学探测设备来发现目标和跟踪目标。水声对抗则是专门用来对声学探测设备（声纳）进行侦察和干扰的措施。声学对抗还包括对潜艇、舰船航行时所发出的噪声的侦听和跟踪，以及对其航迹的探测。水声对抗是现代海军极其重要的电子战领域。

从空间范围来看，电子战不仅在地面、海上、空中、水下经常性地大规模地进行，而且随着卫星、反卫星、洲际导弹和反导弹的斗争，促使了空间电子战的迅速发展。

目前，卫星已经广泛地担负着战略通信、精确导航和侦察任务，不仅是重要的军事情

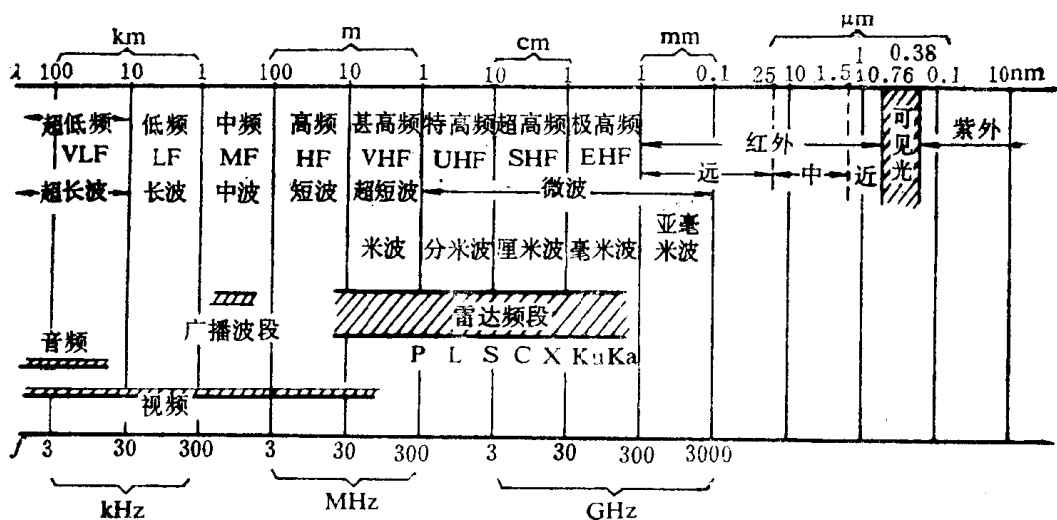


图 1-3 电磁波频谱图

报来源，而且是今后战争中战略通信指挥和武器控制的重要手段。用卫星作为进攻性武器，如卫星轰炸系统等也在加紧研究。在反卫星的斗争中，电子对抗措施可以发挥重要的作用，如干扰卫星的发射，干扰其遥控遥测系统，使其失控、变轨、自爆，干扰卫星上的信息系统使之饱和或破坏其正常工作程序等等。

对战略导弹突防过程中电子对抗技术的研究业已达到成熟阶段。例如减小再入体的雷达有效反射面积和改变其目标反射特性的研究，假目标、雷达诱饵及消极干扰丝投放技术的研究，以及在外层空间利用投掷式干扰机以掩护真弹头的技术研究等等。

§ 1-2 现代电子对抗信号环境

电子对抗的信号环境是指电子对抗设备在其工作环境中所能收到的各种辐射源在该处所形成的信号的总体。电子对抗设备是通过信号环境来实现侦察和干扰的。

电子对抗设备在性能指标上必须适应信号环境的要求。早期的电子对抗设备虽然能适应早期的信号环境，但适应不了现代电子对抗信号环境。

进入八十年代，我们在研究电子对抗技术时，一开始就应该以现代电子对抗信号环境所要求的水平为起点。新一代的电子对抗设备既应适应当前的、也应能适应今后一段时期所面临的电子对抗信号环境。为此，我们应对现代电子对抗信号环境有一清晰的概念。

一、现代电子对抗信号环境的特点

电子对抗的信号环境与雷达的信号环境不同。雷达的信号环境包括目标、环境回波和人为的有源及无源干扰所产生的信号。雷达是窄波束窄频带工作，它所收到的信号除目标回波外还有环境杂波（如地物杂波、海浪杂波等）、人为的干扰以及同频率的雷达信号。雷达是在这些干扰背景下提取目标回波信号的。电子对抗的信号环境是由各种辐射源所形成的。电子对抗设备通常是宽频带和宽空域工作，要随时截获各个辐射源的信号并进行分析和识别，进而判断所受到的威胁。所以电子对抗信号环境随着辐射源数量日益增多而日臻复杂。