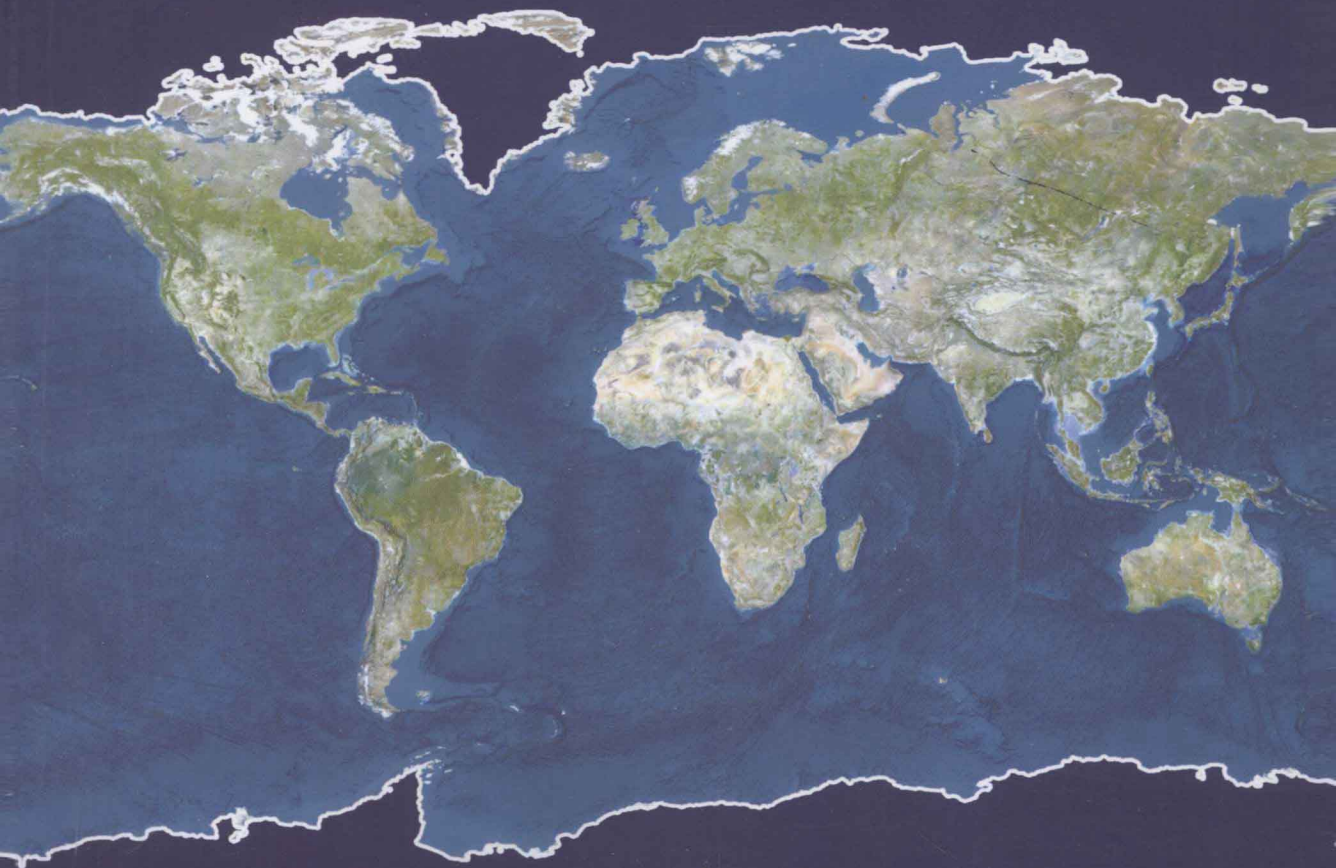




“十二五”国家重点图书出版规划项目

空间射频信息获取新技术丛书



通信电子战原理 (第二版)

Introduction to Communication Electronic Warfare Systems, Second Edition

【美】Richard A. Poisel 著

聂 焱 王振华
等 译

陈少昌 吴利民

吴利民 秦江敏 主 审

“十二五”国家重点图书出版规划项目
空间射频信息获取新技术丛书

通信电子战原理

(第二版)

Introduction to Communication Electronic Warfare Systems
Second Edition

[美] Richard A. Poisel 著

聂 喲 王振华 陈少昌 吴利民 等译

吴利民 秦江敏 主审

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书较全面地反映了美军信息战中通信电子战的基本思路及其作战运用的基本技术原理。本书侧重阐述通信电子战系统的工程原理。包括电子战的基本概念,电子战系统的基本原理与技术,以及电子战系统的运作与特性,此外,本书还增添了对电子战系统外部与内部噪声源及其对系统特性影响的主要理论分析。本书也对通信电子战系统的构件、组成及其运作,现代通信信号方向测定,双曲线型发射机定位技术,截获/抗干扰目标的低概率地理定位,以及通信电子战系统未来发展方向等多方面的新内容做出了权威性的深度涵盖。

本书既可作为相关院校的电子侦察、监视、对抗等专业指挥与工程类本科或研究生学员的教材及教学参考用书,也可供电子战系统装备研制及部队作战人员在复杂电磁干扰环境下的军事训练之用。在我军院校相应专业教学、电子战系统装备研制及作战训练等方面,具有较高参考价值。

© 2008 ARTECH HOUSE, INC.

685 Canton Street, Norwood, MA 02062

本书中文翻译版专有出版权由 Artech House Inc. 授予电子工业出版社,未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字:01-2010-1373

图书在版编目(CIP)数据

通信电子战原理:第2版/(美)泊伊泽(Poisel,R. A.)著;聂嗥等译. —北京:电子工业出版社,2013.1
(空间射频信息获取新技术丛书)

书名原文: Introduction to Communication Electronic Warfare Systems, Second Edition

ISBN 978-7-121-16992-2

I. ①通… II. ①泊… ②聂… III. ①军事通信-电子战 IV. ①E919 ②TN97

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 093792 号

策划编辑:马 岚

责任编辑:李秦华

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:24.75 字数:634 千字

印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价:69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

《通信电子战原理》(第二版)翻译委员会

主 审：吴利民

副主审：秦江敏

翻 译：聂 嗥 王振华 陈少昌 吴利民

沈其聪 王国良 杨瑞娟 梅进杰

秦江敏 周 俊 钱同惠 程 伟

序

随着通信技术与微电子技术、计算机技术的结合及其不断发展,电子战在现代高技术战争中的地位与作用已经得以迅速提升。电子战已从过去的战争辅助保障的片刻场景演变为现代战争攻防战术中的辉煌画卷。众所周知,在海湾战争、科索沃战争、利比亚战争中,电子战均作为战争的序曲与先驱,并贯穿于战争全过程之中,决定着整个战争的进程和最终的胜负。通信电子战是作战双方在通信领域内为争夺制电磁权而展开的对抗。在未来的现代化高技术战争中,作战双方谁赢得了制电磁权,谁就能取得制信息权,从而赢得战争的主动权,乃至整个战争。因此,通信电子战在整个电子战中扮演着一个至关重要的角色。正是由于现代战争对信息技术和信息系统的依赖,电子战也正快速向着信息战演进发展。

随着冷战时代的结束,世界军事博弈趋向于多元化方向渐进发展。世界各国在战略、战术思想体系方面均有重大调整。其中最重要的一点就是高度重视电子战、信息战的作用,并将其作为军事斗争体系中的重中之重来加以发展。因此,我国也必须紧跟世界军事变革的发展潮流,加快我军电子信息装备的建设和相应的训法、战法研究,实现跨越式发展。“一万年太久,只争朝夕”,我们不仅要朝夕孜孜地学习电子战和信息战系统的基本理论、基本技术并敢于付诸实践运用,还要学如穿井、刮摩淬励地深入研究并及时跟踪国外在这方面的先进理念和系统技术。

电子战思想及其理念经数年实践的锤炼,已经基本形成一种理论体系。西方发达国家有关电子战的技术文献及其专著已系统地反映了电子战的系统理论和思想精髓。美军通信电子战资深专家 Richard A. Poisel 博士撰写的《通信电子战原理》(第二版)一书就是其代表作之一。该书在保留第一版既面向工程技术又面向系统运用特点的同时,更多地注重了对电子战系统工程理论与作战实用的探讨。因此,无论是对通信电子战系统方面的工程技术人员还是指挥人员,该书均为一部较为系统而全面介绍电子战基本理论、基本系统和作战实践运用的好教材。该书的出版必将对我军院校相应专业的教学、电子战系统装备的研制及复杂电磁环境下的军事训练产生积极而深远的影响。

沈学骏

中国工程院院士

中国载人航天工程、探月工程顾问

写于二零一二年春,北京

译者序

众所周知,电子战(EW)系统在过去的几十年中已得到迅速繁衍、茁壮成长。随着现代电子通信技术与现代微电子、计算机技术的联姻及其迅猛发展,电子战在现代高技术战争中的地位与功能作用更将发扬光大。通信电子战(CEW)是一种以无线电通信为目标的电子对抗(ECM)技术,它在电子战中扮演着一个至关重要的CEO角色。所谓的信息战这一现代新军事术语而言,也只不过是现代战场高度依赖信息技术及信息传输作战背景下对电子战定义范畴的延伸与拓展。因此,从本质上看,人们也可视信息战为现代电子战的一个新名称。

电子战的理念虽早年源于战争,但已历经成百上千的战场沧桑,如今已基本构成一个理论体系。国外现今已有众多反映电子战这一高技术作战的系统理论精髓及其技术文献与专著,并已渐进构成了电子战系统的军事思想及作战理论的妙藏智库。本书由美军研究、开发、工程指挥、情报与信息战实验室的首席科学家,亚利桑那州图森雷神导弹系统公司的高级研究员,著名的美军通信电子战专家 Richard A. Poisel 博士撰写。本书属防御电子学系列名著丛书,是作者长期研究电子战理论及其系统的又一积淀。纵览现有的电子战理论方面的其他著作,它们大多以雷达信号处理及其系统理论为主要内容来进行论述,而本书则以电子通信信号的处理及其相应系统为主线来展开研究。它还主要瞄准了通信电子战系统中的工程方面的知识点,对该书第一版本进行了全面更新与修订。尤其是在该书的第二版中,具有众多的新颖之处,如贯穿了通信电子战系统的基本原理与思想,引入了在通信电子战系统中应用的一些新技术及新战法,增添了对电子战系统外部与内部噪声源及其对系统特性影响的主要理论分析,侧重了工程应用中信号衰落效应对通信系统干扰机特性严重影响的问题,包括对射频噪声与信号衰落效应这两个重要内容的扩展讨论。新版中还给出了基于作战力量电子网络概念演化而成的新电子战体系结构的仿真性能。完全删除了第一版中的一些在通信工程中已相当成熟且独立的几项技术内容,以使该书有较多的篇幅来处理通信电子战系统的运作与工程应用的问题。可以这样说,该书第二版在不失经典性的基础上,给读者提供了关于通信电子战系统的一些与时俱进的新技术概念。本书第二版在 700 多个数学公式的支撑下,主要对如下方面的内容进行了深度涵盖。如电子战系统的构件、系统组成及其运作、现代通信信号的方向测定、双曲线型发射机定位技术;截获/抗干扰目标的低概率的地理定位,以及未来通信电子战系统的发展方向等多方面的新内容。

该书第二版依照如下三个基本部分来展开全书的叙述:(1)电子战的基本概念部分,它包含了前三章。如第 1 章简要描述与射频电子战系统相关的大多数重要问题。第 2 章和第 3 章则直接给出了电子支援与电子进攻的综述内容。这三章提供了有关通信电子战的基本概述性理论,并分别给出了电子支援(ES)、电子进攻(EA)系统的基本工作原理及一般准则。实质上,该部分可用于激发初次涉入通信电子战系统领域的读者兴趣,并先行引导他们对电子战系统理论学习与研究的思路。(2)电子战系统的基本知识部分由后续的六章组成。该部分主要集中描述与理顺了用于电子战系统中的基本原理、基本技术及基本特性,及其重要工程知识点。如第 4 章提供了与电子战信号传播密切相关的电磁波传播特性的重要背景知识,并着重介绍了军

事指挥与控制通信信号在常用低频频段的传播特性。第5章则详细阐述了在电子战系统中较为常见的噪声与干扰,包括对系统自身内部的噪声源及系统外部噪声源的探讨,还对噪声进行拓展性的讨论。并考虑了在实际电子战系统中的—一个重要问题,即对电磁干扰(EMI)的控制与防护设计。此外,还对用于所有电子通信系统中放大器的噪声做了较为翔实的讨论。第6章较全面地概述了现代无线电通信系统中常用的多种技术,尤其是对数字通信制式中的编码与加密及信息安全等内容做了较详细的探讨。而第7章则介绍了通信电子战中与信号处理密切相关的一些基础概念,给出了在电子战系统中多方面常用的信号处理技术,并重点阐述了与通信电子战系统有关的基本理论部分,讨论了多种信号处理的应用,添加了在扩频信号检测方面应用的内容。并讨论了大量的信号处理任务,如计算傅里叶变换及其快速变换。还设计了一些较新的降低系统噪声的信号处理技术,如小波变换、周期平稳信号处理和高阶信号处理等技术。第8章是关于电子战系统中通信信号测向的导论部分,它主要给出了计算目标位置线(LOP)的几种技术。而第9章则包含了有关二次目标定位系统的内容,其中对到达角(TOA)、在两个以上系统间的到达时间差(TDOA)及差频(有时也称之为到达频率差,FDOA)的测量进行了探讨。(3)通信电子战系统特性部分由最后六章构成。它始于第10章,主要讨论了电子支援系统的早期组织与进入,并给出了对有限作战能力电子战系统的模拟分析结果。第11章着重讨论了搜索式超外差(窄带)接收机的截获性能,特别强调了对慢跳目标网络的检测性能的探讨,证明了利用搜索接收机检测(以及根据该章假设的目标定位)的完全可行性,给出了集中FHSS网络能力的类似分析与跳频发射机检测的仿真结果。第12章包含了对电子战系统探测范围限制的讨论,主要给出了机载和陆基电子支援系统某些预期性能方面的主要信息,考虑了两种机载配置(一种在高海拔地区,另一种在低海拔地区),还分析了两种陆基系统及其配置(一种为固定式,另一种在运动中)。而第13章则就衰落效应对干扰的影响特性做了较为具体的探讨。此外,该章单用一节来讨论对衰落信道中的干扰特性这一重要内容。它主要讨论了具有信号衰落特性的通信信道对窄带和宽带目标所呈现的干扰性能。如对无直接分量的Rayleigh衰落;含直接分量的Rice衰落;以及比前两种更常见的Nakagami-m衰落形式。第14章探讨了一些地对空干扰机的结构,并给出了对不同系统配置的有效干扰范围的分析结果,得出了在大多数情况下,干扰距离只由干扰机和目标接收机之间的视距传播距离所限制的有效结论。而最末的第15章则主要描述了一次性干扰系统的干扰性能。并给出了对一次性使用的干扰机的干扰性能进行评估的标准。也讨论了如何通过使用一些智能的干扰方式使总的干扰性能得以大幅提升。尤为新颖的是,本章还提供了对电子战系统特性所做计算机仿真的部分内容。

综上所述,本书主要是对电子战及其系统进行综合性的概述。该书第二版在保留第一版撰写初衷的同时,即在达到既面向工程技术又面向系统作战之用的双重目的之时,还更倾向于对电子战系统工程方面的实践与系统作战实用方面的内容进行了探讨。书中也不乏穿插了对当今通信电子战系统中应用的新技术与新战法。因此,我们要尤为感谢电子工业出版社有关编辑与时俱进的理念,尤其是他们对国外一些较新的军事理论名著倾泻了独特的关注。由该社精心组织、挑选专班人员对《通信电子战原理》(第二版)—书的翻译及出版,其意义就较为深远,因为这的确不失为适应我军在新形势下军事斗争发展的一种明智之举,它也可对电子战、信息化部队建设与发展起到一定的促进作用。

本书既可为那些初次涉足电子战领域的读者提供大量有用的基本信息,也为那些对电子战系统理论知识具有浓郁学习兴趣的人员辟出一条书山捷径。通过对该书的学习,还可使从事电

子战系统方面的工程技术人员对电子战系统的三基内容及其实际作战系统方面的知识能有较为全面透彻的掌握,并对相应的通信电子战系统工程方面的理论知识能有深入了解并能部分借鉴。也为从事电子战实战应用的军事专业与指挥人员提供了一些非常实用与可供借鉴的重要内容。此外,书中所涵盖的通信电子战系统的综合专业知识面较宽,也可作为我军院校一些相关专业的指挥与工程类本科或研究生学员的训练教材,它对拓宽学员的知识面,夯实他们所学专业的基础均大有裨益。

参加本书翻译的人员阵容较强,综合了陆海空三军人才的优势,其中有长期在电子战专业学术科研领域内辛勤耕耘、造诣很深的知名专家学者,还有先后编译及翻译过多部国外电子信息、通信名著,长期从事电子通信类专业全英文教学的经验丰富的行家。书中第1章至第3章与第10章由解放军第33基地的聂嗥、王国良高级工程师翻译;第4章和第5章由海军工程大学电子工程学院的陈少昌教授翻译;第6章和第7章由解放军国防信息学院的沈其聪教授翻译;空军预警学院的吴利民、王振华、秦江敏、杨瑞娟、梅进杰、周俊和程伟等翻译第8章、第9章、第11章至第15章。吴利民与秦江敏负责全书翻译内容的主审与文字审校工作。先后参与翻译该书部分章节与统稿工作的还有程红斌、肖玉芬、黄美荣、单财良、庾新宇、李嵩斌、向洋、谭宏、涂静、崔晓梦、罗菁、鲍蕾蕾、高路、童鑫等同事。在翻译此名著的过程中,由于书中对现代电子战及其电子通信理论与新技术的广泛涉猎、深度探讨,我们也深深感悟到自己的专业水准有限。要想在较短的时间内做好该书的精美翻译工作,也的确是一项较大难度的挑战。

值得一提的是,为配合国内部分高校开展的专业课双语教学工作,我们在翻译过程中还特意将原著中缩略语表精心译出,而将原文图中的英语专业词汇直接引用而未译出。与此同时,我们还对原文书中的一些错误之处加以修正。当然,译文中的谬误与疏漏之处定会在所难免,恳请所有同行专家与读者不吝指出与斧正,并欢迎发送电子邮件至 wlm8649@hotmail.com。

借此机会,我们还要向那些为该书顺利面世做出贡献的所有同仁致以衷心的感谢。没有他们的真挚携手相助,我们无法逾越该书从翻译直至出版过程中所面临的多重困难大碍。当然,我们更要深深感谢电子工业出版社的有关编辑人员,正是他们所做的精心策划、对我们给予的巨大鞭策,为我们提供的倾心编辑及排版,才使这一经我们在数个酷暑与寒冬伏案劳作的结晶得以春风洋溢、洁然而世。

“雄关漫道真如铁,而今迈步从头越”。令我们笃信无疑的是,这部用辛劳汗水滋润的译著的面世,将对我军院校相应的电子侦察、监视,电子对抗等专业的教学、对电子战系统装备的研制及其部队作战人员的训练起到一定的作用。我们寒香斗胆先抛砖引玉,以翘首期待有更多的关于电子战、信息战的名著竞相辉映,花开满园。

聂嗥 吴利民

写于解放军第33基地、空军预警学院

二零一二年春

第二版序

令人记忆犹新的是，我在撰写本书第一版时，曾怀揣着将此书既面向工程技术又面向系统作战之用的双重目的。结果证实，欲在一本有关电子战的著作中同时兼顾这硕大的两者似乎不太可行。因此，在重新撰写该书(第二版)时就更多地注重了电子战(EW)工程方面的理论，尽管仍然保留了撰写第一版时的初衷，并且还是对有关电子战系统作战方面的专题进行了探讨。然而，对后者的讨论仅是为了使从事电子战系统的工程技术人员对电子战系统的作战方面的内容能有较多的了解，以对相应系统工程方面的理论能知其为何。

由于在本书第一版中，对电子战系统中的噪声问题仅给出了一个浅显的概述部分。实际上，噪声问题在电子战系统中是至关重要的，在新版中就很有必要增加对噪声内容专题的探讨。因此，我们着重增添了对电子战系统外部与内部噪声源及其对系统特性影响的理论分析。

正如人们熟知的，信号传输衰落对通信系统的特性影响较大，而在数字调制传输中，影响要更为严重。但在本书的第一版中对信号衰落效应也仅仅是做了一番轻描淡写。因此，在第二版中，我们对信号衰落影响通信系统干扰机特性的问题也泼予了浓墨重彩。

在第二版中，还给出了一个新的电子战体系结构的仿真性能描述，这种结构基于作战力量电子网络的概念演化而成。在此结构中的干扰装置具有“一次性使用的干扰机”之称，它借助于计算机技术中的概念，用于强调这种干扰机具有受限的自支撑目标检测能力。这类干扰机常分布在一个区域，可能设置于地面，具有有限的天线高度。可由处于一个设备中心的为数不多的操纵者对它们实施全面控制。

最终，还是在第二版中删除了第一版中的部分内容。它们分别是(1)接收机，(2)功率放大器与激励器，以及(3)天线这三章。之所以将它们删去，是因为我们确信这几章内容本身已经是通信工程技术中很重要的独立部分。

因此，将该书第二版的内容做了如下相应安排，全书可划分为三个主要部分：(1)前三章为介绍性与启发性内容；(2)第一部分为基本知识；(3)第二部分为通信电子战系统特性。第一部分重温了工科学生在本科学习过的工程理论。当然，它主要是集中复习与电子战系统有关的知识点。这一部分的设置主要是为了那些以前根本就还没学过这方面内容的，或是为了那些在很久以前学过但现今需进行复习的读者对象。第二部分主要提交了对通信电子战系统特性的研究内容，其中大部分是由计算机仿真而产生的。

在第1章对电子干扰的一般概念进行了介绍之后，第2章和第3章则分别给出了电子支援(ES)、电子进攻(EA)的一些原理及准则。第4章开始探讨信号传播的基本原理。第5章对噪声进行了拓展性讨论。第6章给出了通信技术的基本原理，其大部分内容与第一版相同。随后，第7章探讨了用于电子战系统中的信号处理技术。在该章中除添加了对扩频信号检测应用的内容外，其余仍与第一版相同。第8章阐述了测向发射机地理定位的技术，而第9章包含了相同的专题但采用了二次处理方式的讨论。第二部分始于第10章，它主要讨论了电子支援系统的早期引入。第11章给出了跳频发射机检测的仿真结果。第12章包含了对电子战系统探测范围限制的讨论，而第13章则针对衰落效应对干扰的影响做了较为全面的探讨。第14章基本保持了第一版中的内容，除了从中选取了部分作为第15章中介绍的一次性使用的干扰机结构的内容。

正如任何已撰写的技术著作一样，在该书内容中也一定会有一些谬误和不妥。我们将会对这些错误负责并衷心接受所有的反馈指正。

第一版序

本书是基于对通信电子战系统的基本技术层面做介绍的需求而撰写的。电子战这一专项领域已囊括了许多方面的技术理论。而在过去,对通信电子战系统这一部分的充分涉猎也许是最欠缺的,这主要是因为传统的有关电子战信号截获与处理的技术类书籍均只集中在对雷达信号的讨论。当然,之所以形成这种局面,部分是由于各国军事部门对这方面的信息保密而形成的。然而,不管如何,电子战在此就是一种以无线电通信为目标的对抗技术。尽管美国及其他发达国家当初已尽全力研制出一些无线电系统以抵制这种对抗。但从已运用系统的效果来看并不理想。并且,在以前公开讨论如何攻击无线电系统是不合情理的,从经济上来考虑至少也是如此。然而,后续的形势已大为改观,人们已经研制出一些能较为有效地抵制电子战对抗的方案并将它们付诸于战场应用。由此,构建通信电子战系统的基本原理现在也可更公开地进行讨论。

在作者最初进入电子战这一技术领域时,还的确没有任何专门关于通信电子战系统的书籍,所有一切均应从最基本的原理开始并从实践中学习。毋庸置疑,在这种摸索行程中必然会出现不少。然而,本书还是朝着试图极力减少那些错误的目标而前进的。

在本书的编撰过程中,主要考虑了对两类读者的兼顾需求。第一类读者主要指那些初次涉足通信电子战系统及其技术领域的工程技术人员,当然,他们不一定是较重要的读者群;而第二类则是那些正从事电子战实践的军事专业人员。实际上,这两类人员并不一定是迥然可分的,他们也极有可能混淆在一起。

本书可为从事通信电子战的工程技术人员在多方面提供较深的且大有裨益的参考内容。如书中的第10章信号处理、第11章测向定位及第12章双曲线定位就是着重为他们撰写的。而对于那些集中讨论军事作战问题的章节(如第1章、第3章、第5章、第6章、第7章、第14章、第15章、第16章与第17章)内容则应对他们有所吸引,以唤起他们首当其冲地选取这一研究领域。当然,这些章节内容也可以使他们理解为何会对电子战产生兴趣,以及对系统的实际限制的讨论。

本书的一些章节中也包含了对一些公式的推导。对于那些仅对书中讨论的通信电子战运作问题感兴趣的读者则可跳过这些章节;当然最好还是只略过那些数学推导,并尽可能集中精力阅读其中一些与作战有关的内容,因为这些章节还包含了对这类作战问题的一些重要探讨。第1章、第3章、第5章至第7章,尤其是第14章至第17章也应更吸引那些对电子战作战尤感兴趣的眼球,因为这些章节更注重探讨电子战系统是如何运用,或可以怎样部署运用的。本书也对通信电子战系统运作时所具有的实际限制,以及这些方面的许多问题进行了探讨。

关于作者

Richard A. Poisel 于 1969 年在密尔沃基工程学院获得电气工程学士学位。1971 于普度大学获得同学科专业硕士学位。在 1971 年至 1973 年的三年期间，他在军队服役。退役后就读于威斯康星大学，并于 1977 年获得电气与计算机工程专业的博士学位。从 1977 年至 2004 年，他工作于同一家政府机构，此机构几经改名，现称为美军研究、开发、工程指挥、情报与信息战实验室。Poisel 博士在 1997 年至 1999 年期间担任该实验室主任。其中在 1993—1994 学年，他就读于麻省理工斯隆管理学院并获得工商管理硕士学位。目前，他就职于亚利桑那州图森雷神导弹系统公司。

目 录

第 1 章 通信电子战系统	1
1.1 概述	1
1.2 信息战	1
1.3 电子战	2
1.3.1 电子支援	3
1.3.2 电子进攻	3
1.3.3 电子防护	3
1.4 电子支援	4
1.4.1 低检测/截获/利用概率	5
1.4.2 未来通信发展环境	6
1.4.3 电子支援小结	6
1.5 电子进攻	7
1.5.1 电子进攻小结	7
1.6 简要概括	7
1.7 典型的电子战系统结构	8
1.7.1 系统控制	9
1.7.2 天线	10
1.7.3 信号分配	10
1.7.4 搜索接收机	10
1.7.5 监测接收机	10
1.7.6 信号处理	11
1.7.7 测向信号处理	11
1.7.8 激励器	11
1.7.9 功率放大器	11
1.7.10 滤波器	11
1.7.11 通信	12
1.8 结束语	12
参考文献	12
第 2 章 电子支援	14
2.1 概述	14
2.2 截获	14
2.2.1 信号的外部参数与内涵信息	14
2.2.2 传播损失	14
2.3 地理定位	15

2.4	多方位三角测量法	16
2.5	系统部署考虑	18
2.6	电子目标地图	19
2.7	常用作战图	19
2.8	与其他科目的作战集成	20
2.9	目标命中的支援	20
2.10	结束语	20
	参考文献	21
第3章	电子进攻	22
3.1	概述	22
3.2	通信干扰	22
3.3	干扰机部署	24
3.4	监测	25
3.5	模拟通信	26
3.6	数字通信	27
3.7	窄带/局部频带干扰	28
3.8	阻塞式干扰	28
3.9	跟踪干扰机	30
3.10	干扰低截获概率的目标	31
3.11	结束语	31
	参考文献	32

第一部分 基础知识

第4章	电磁信号传播	36
4.1	概述	36
4.2	信号传播	36
4.3	射频波段名称标示	37
4.4	极化	38
4.5	功率密度	38
4.6	自由空间传播	39
4.7	地波	41
4.7.1	直射波	41
4.7.2	地表面波	45
4.8	波的绕射	45
4.9	反射波	47
4.10	大气波导传播	49
4.11	流星余迹	50
4.12	散射	50
4.13	信号衰落	51

4.13.1	信号模型	52
4.13.2	衰落类型	52
4.13.3	Rayleigh 衰落信号幅度、相位与功率的概率密度函数	54
4.13.4	Rice 衰落信号幅度、相位与功率的概率密度函数	55
4.13.5	Nakagami-m 衰落信号幅度、相位与功率的概率密度函数	58
4.14	移动 VHF 信道特性	60
4.15	电离层传播	61
4.15.1	折射	62
4.15.2	电离层	63
4.15.3	近垂直入射天波	64
4.15.4	HF 衰落	64
4.15.5	最高可用频率和最低可用频率	64
4.15.6	自动链路建立	65
4.16	结束语	66
	参考文献	66
第 5 章	射频噪声与干扰	67
5.1	概述	67
5.2	外部无线电噪声源	67
5.2.1	人为噪声	69
5.2.2	外部噪声总体	73
5.3	电子战系统的内部噪声	73
5.3.1	概述	73
5.3.2	宽带噪声源	73
5.3.3	低频噪声	76
5.3.4	产生 - 复合噪声	77
5.3.5	相位噪声	77
5.4	数字信号处理中的噪声	78
5.4.1	模数转换(ADC)量化噪声	79
5.4.2	数据转换器时钟抖动噪声	79
5.4.3	采样和定时	81
5.5	电磁干扰	82
5.5.1	EMI 源	83
5.5.2	耦合路径	84
5.5.3	小结	86
5.6	放大器噪声	86
5.6.1	放大器噪声模型	87
5.6.2	噪声带宽与信号带宽	89
5.6.3	噪声带宽和低频(1/f)噪声	89
5.6.4	噪声系数和噪声指数	90

5.6.5	等效噪声温度	94
5.7	其他噪声因素	95
5.7.1	相关噪声	95
5.7.2	电流分配噪声	95
5.8	结束语	95
	参考文献	96
第6章	无线电通信技术	98
6.1	概述	98
6.2	调制	99
6.2.1	模拟调制	100
6.2.2	数字调制	105
6.3	扩频	116
6.3.1	直接序列扩频(DSSS)	117
6.3.2	跳频扩频(FHSS)	122
6.4	接入方式	124
6.4.1	频分多址	124
6.4.2	时分多址	124
6.4.3	载波侦听多址(CSMA)	125
6.4.4	按需分配多址(DAMA)	125
6.4.5	码分多址(CDMA)	126
6.5	双工	126
6.5.1	时分双工	126
6.5.2	频分双工	127
6.6	正交频分复用(OFDM)	127
6.7	通信信号编码	128
6.7.1	用于数据压缩的信源编码	128
6.7.2	用于差错控制的信道编码	131
6.8	调制解调器	143
6.9	传真	146
6.10	通信安全	146
6.10.1	数据加密	146
6.10.2	公钥加密	147
6.10.3	数字签名	148
6.10.4	数字加密标准	148
6.10.5	高保密性(PGP)	150
6.10.6	Fortezza 加密系统	150
6.10.7	托管加密系统	150
6.10.8	用无线电重置密钥	151
6.11	结束语	151
	参考文献	152

第7章 信号处理	154
7.1 概述	154
7.2 正交函数	154
7.3 变换	155
7.3.1 三角变换	155
7.3.2 Haar 变换	159
7.3.3 小波变换	160
7.3.4 快速变换	165
7.4 信号采样	165
7.4.1 带限采样	166
7.4.2 频谱混叠	168
7.4.3 采样信号的恢复	169
7.5 周期平稳信号处理	170
7.6 高阶统计	171
7.7 应用	172
7.7.1 信号检测	172
7.7.2 DSSS 截获检测	178
7.7.3 信号分类	182
7.7.4 识别/辨识	190
7.8 结束语	195
参考文献	196
第8章 测向定位技术	198
8.1 概述	198
8.2 方位估计	198
8.2.1 圆形天线阵	198
8.2.2 干涉测量法	199
8.2.3 单脉冲测向器	207
8.2.4 振幅测向器	211
8.2.5 多普勒测向器	214
8.2.6 阵列处理方位估计	215
8.2.7 方位线(LOB)优化	223
8.3 定位算法	225
8.3.1 偏离方位的消除	226
8.3.2 Stansfield 定位算法	226
8.3.3 均方距离算法	228
8.3.4 组合误差线	230
8.4 单站定位技术	231
8.5 定位精度	232
8.5.1 几何精度系数	232

8.6	定位覆盖范围	234
8.7	结束语	236
	参考文献	237
第9章	双曲定位技术	239
9.1	概述	239
9.2	到达时间差(TDOA)	239
9.2.1	采用 TDOA 测量的定位	243
9.2.2	几何精度因子	245
9.2.3	时延估算限制	246
9.3	差分多普勒	247
9.4	交叉模糊函数处理	249
9.4.1	定位精度	250
9.5	到达时间	251
9.6	发射机 TDOA 渐近线定位	253
9.7	多目标	253
9.8	结束语	254
	参考文献	254

第二部分 通信电子战系统特性

第10章	早期进入有组织的电子支援	258
10.1	概述	258
10.2	目标模型	258
10.3	截获系统模型	259
10.4	仿真结果	261
10.4.1	与目标网络数有关的性能	262
10.4.2	搜索带宽	263
10.4.3	噪声系数	264
10.4.4	后处理时间	265
10.4.5	任务周期	266
10.5	结束语	267
	参考文献	268
第11章	跳频发射机的探测与定位	269
11.1	概述	269
11.2	分析	269
11.2.1	搜索式超外差接收机	270
11.3	仿真	278
11.3.1	ES 系统的运作	278
11.3.2	结果及其分析	280
11.3.3	讨论	282