

总策划：戴清民
主 编：吴汉平

信息战名著翻译丛书

通信电子战系统导论

Introduction to Communication Electronic Warfare Systems

[美] Richard A. Poisel 著
吴汉平 等译
戚世权 邵国培 审


Artech House



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

信息战名著翻译丛书

总策划：戴清民

主 编：吴汉平

书名题字：戴清民

Introduction to Communication Electronic Warfare Systems

通信电子战系统导论

[美] Richard A. Poisel 著

吴汉平 等译

戚世权 邵国培 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

版 权 声 明



Artech House

©2002 ARTECH HOUSE, INC.

685 Canton Street
Norwood, MA 02062

All rights reserved. Printed and bound in the United States of America. No part of this book may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

All terms mentioned in this book that are known to be trademarks or service marks have been appropriately capitalized. Artech House cannot attest to the accuracy of this information. Use of a term in this book should not be regarded as affecting the validity of any trademark or service mark.

本书英文版由 Artech House 公司出版, Artech House 公司已将中文版独家版权授予中国电子工业出版社及北京美迪亚电子信息有限公司。未经许可,不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

版权贸易合同登记号 01-2002-3345

图书在版编目(CIP)数据

通信电子战系统导论 / (美) 泊伊泽(Poisel, R. A.) 著; 吴汉平等译. —北京: 电子工业出版社, 2003.3

书名原文: Introduction to Communication Electronic Warfare Systems

ISBN 7-5053-8362-0

I. 通 ... II. ①泊 ... ②吴 ... III. 军事通信 - 电子战 IV. E869

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 102816 号

责任编辑: 春丽

印 刷: 北京天竺颖华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

北京市海淀区翠微东里甲 2 号 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 850×1168 1/32 印张: 18.75 字数: 490 千字

版 次: 2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 33.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话: (010)68279077

信息战名著翻译丛书

总 策 划： 戴清民

主 编： 吴汉平

出版策划： 卢 强 吴 源

通信电子战系统导论

主 审 戚世权

副主审 邵国培

主 译 吴汉平

翻 译 陈永光 王可人 胡以华 尹成友

崔 琛 聂劲松 石昭祥 吴汉平

序 言

电子战登上战争舞台近一个世纪，在两次世界大战和上百次局部战争中上演了一幕幕无影无声的活剧，对改变作战双方力量对比乃至战争胜负，发挥了极其重要的作用。与异彩纷呈的电子战历史相伴随，就是电子理论的生生不息，繁荣昌盛。电子战理论是电子战实践活动经验的总结，是人类智慧结晶的重要部分。它源于战争实践，又用来指导战争，反映了人们对电子战这一高技术作战手段的基本认识和驾驭电子战的一般能力，而电子战著作则是电子战军事思想和电子战理论的主要载体。中外为数众多的电子战著作构筑了人类一座新的智慧宝库。

“它山之石，可以攻玉”。当代世界军事发展呈现出这样一个大趋势：世界各国军队都在互相借鉴中寻求适合本国军事发展的最佳途径。江泽民主席深刻指出：“任何一支军队，如果关起门来搞建设，拒绝学习国外先进的东西，是不可能实现现代化的。我军进行现代化建设，必须面向世界，跟上世界军事变革和发展的潮流，积极借鉴各国军队特别是发达国家军队现代化建设的有益经验，有选择地引进先进的技术装备和管理方法。”打开学习的窗户，迎接可借鉴的经验，开阔视野，兼收并蓄，是我们加快电子战建设步伐，实现信息战建设跨越发展的重要途径。

我们高兴地看到，许多从事军事科研和教学工作的专家、学者，对引进外军先进的电子战理论给予了特别的关注，他们用自己辛勤的劳动推出了一本本外军电子战理论专著，为期盼进入电子战理论殿堂探胜寻宝的人们提供了一条路径。《通信电子战系统导论》一书的翻译出版，就是这方面一个比较突出的成果。参与本书翻译

和审稿的同志都是我在担任电子工程学院院长期间朝夕相处的同事、战友及朋友，他们都是从事电子战理论研究的优秀学者和教育者。由于工作的关系，我与他们常有交流和切磋，深知他们为本书的翻译出版所付出的艰辛。我相信，这部用辛勤的汗水浇灌出来的译著的出版，对于广大读者了解外军通信电子战的战术思想和技术发展，对于我军的院校教学、装备科研及部队训练，都将有所裨益。我们期待着有更多的同类成果面世。

戴清民^①

二〇〇二年十月一日星期二

^① 戴清民，中国人民解放军总参第四部部长，少将军衔，曾任总参通信部副部长和解放军电子工程学院院长等职。长期从事信息战理论研究和领导指挥工作。曾主编《信息作战概论》、《电子防御导论》、《计算机网络战综论》、《直面信息战》、《网电一体战引论》和《信息作战学》等一批信息战理论专著，发表了众多的相关论文，在信息战理论方面有很深的造诣和建树。此外，戴清民同志对中国古典诗词和中国书法亦有精深的研究，曾发表《戴清民诗选》一部以及大量书法作品。

译者序

公元 2002 年的三夏炎热而漫长。在很长一段时间里，每日骄阳似火，燥热难熬。有人戏谑地称之为“桑拿浴天气”。就是在这样的气候里，我们几位译者每日挥汗如雨，笔耕不辍，从旭日东升到明月西沉，从华灯初上到夜深人静。好在工夫不负有心人，在夏日暂时离我们远去，初秋渐至，天朗气清，惠风和畅，桂子飘香，中华大地迎来了共和国的第 53 个华诞的大喜日子里，《通信电子战系统导论》的翻译终于杀青，并在电子工业出版社的鼎力支持下，按时付梓，与读者见面。

■ 关于作者

《通信电子战系统导论》(Introduction to Communication Electronic Warfare Systems) 是 Artech House 出版社于 2002 年二月推出的一本力作。作者 Richard A. Poisel 博士是美国美军通信电子指挥、研究、发展和工程中心的情报和信息战实验室的负责人、亚利桑那州 Ft. Huachuca 情报中心的高级顾问，是一位学术水平高、造诣深的著名电子战资深专家。

■ 关于本书

本书是作者长期研究电子战的成果结晶。它从一个侧面反映了当今美军对信息战，特别是通信电子战的基本思想和基本观点，其中不乏通信电子战的新技术和新战法的介绍。美军认为，信息战 (Information Warfare, 简称 IW, 或 I-war、Infowar), 包括商业信息战和军事信息战两大类。军事领域中的信息战即指挥与控制战

(C2W)，由对信息系统的实体摧毁、心理战、欺骗、作战安全和电子战五大支柱构成。其中电子战主要包括电子进攻（EA）、电子支援（ES）和电子防护（EP）三大块。本书就是围绕这三大块来介绍的。已有的电子战方面的书籍多以雷达信号处理为主，而本书主要介绍的则是通信信号的处理。

在翻译过程中，我们不时地被其中的一些新东西所深深吸引，并深受启发。

第一章是对全书的总体介绍，它使读者可以在展读正文各章之前就能对全书有个大致的了解，并可以根据自己的需要，或通读，或选读。

第二章介绍的是军事通信中感兴趣波段的信号传播特性，包括对直接波、波的绕射、反射波、表面波等概念的介绍和对波导传播、流星余迹、散射等影响通信电子战系统效能发挥的电磁波特殊传播方式的分析。其中关于电离层对远距离通信的作用的讨论既完整，又有新意。

在第三章中，对内部噪声和外部干扰信号的特性作了精辟的定义和界定，对于通信系统老大难问题的多路径干扰也作了形象的描述。

第四章介绍了与通信电子战有关的无线电通信技术中的大部分内容，其中包括模拟和数字调制技术、寻址方法、信号数字化技术、载波同步技术、扩谱通信技术、信源编码技术、信道编码技术、调制解调器、传真技术以及通信安全技术。这些内容的介绍简明扼要、思路清晰，有利于打基础。

第五章介绍的是电子战系统的设计规则，包括系统可靠性、容错性、环境敏感性、电磁干扰和电磁兼容、人体因素以及安全性等等。其中，人体因素工程（human-factor engineering）是一个全新的概念，读后使人耳目一新。此外，本章还专门强调了增强系统可靠性的冗余设计方法，很有参考价值。

第六章介绍的是电子支援。作为通信电子战的支援手段，作战时需要首先对敌方的通信发射目标进行搜索、截获、识别和定位，对此，本章作了详细描述，提出了电子支援的作战原则和组织形式。关于作战部署、作战测图与其他系统的协调运用，特别是提出的无人机电载电子支援系统的概念及其优势，都对电子支援作战指挥人员开拓思路非常有益。

第七章就干扰配置问题进行了详细论述，对于不同情况下的干扰方式选择作了充分的对比，提出了无人机电载电子干扰系统的概念，讨论了它的优势，其分析特别有助于通信电子战作战指挥人员根据电子支援提供的情报选择干扰方式。

第八章阐述了天线的重要性，在介绍了天线主要性能参数的基础上，描述了广泛运用于电子战系统中的多种天线及其方向图，并对它们的主要性能指标（方向性与增益）进行了讨论与比较。涉及的天线有偶极天线、单极天线、环形天线、双锥/盘锥天线、八木天线、对数周期天线、螺旋天线、螺线天线、口径天线、抛物面天线、相控阵天线、智能天线以及遗传算法天线等。所介绍的内容涉及范围广——既有经典天线结构，又有现代的天线结构。内容详略得当，不过分追求数学描述，但突出了应用。

第九章从技术的角度详细论述各种接收机原理及其工作特性。这些讨论特别贴近实际，充分讨论了通信电子战对各种接收机的需要，既分析了一般接收机的原理，又详细讨论了各种不同种类的窄、宽带接收机，既有理论分析，又有图表指示，而且还涉及战术作战运用。

第十章主要介绍的是与通信电子战中信号处理相关的基本概念，如傅里叶变换、快速傅里叶变换、小波变换、周期时不变处理、高次信号处理等。同时，对某些信号处理技术的具体应用还专门进行了讨论。

第十一章较详细地介绍了测向定位技术，包括干涉法、振幅

法、Doppler 法测向原理和实际硬件结构，并论述了阵列处理方法（MUSIC、奇异值分解、波束形成）在测向中的运用的基本原理。特别是在实际测向过程中，对不合理方位的消除、方位线的优化、误差曲线的组合等都进行了系统总结。同时将 Schmidt 的 TDOA 平均法引入测向定位提出相位差平均算法，介绍了 Stansfield 和均方距离的定位算法。书中还涉及到目前大家关注的利用电离层反射的短波辐射源的单站定位技术和利用无人机来提高测向定位覆盖范围的战术运用的问题。这些内容都是我们在同类书中很少能看到的。

第十二章在双曲定位方面，对利用到达时间与时间差、差分 Doppler 定位技术及定位精度进行了系统阐述。值得一提的是，本章还给出了一些定位方法简洁的紧闭形式，这些内容具有重要参考价值。

第十三章主要介绍的是电子战，尤其是电子支援系统中的激励器与放大器。在激励器中，介绍了经典的电容三端式振荡器、晶体振荡器与基于现代电子技术的直接数字合成电路、集成振荡器与频率合成器。给出了模拟调制器的基本电路。较为深入地讨论了功率放大器。涉及的功率放大器有 A 类、B 类、C 类、D 类、E 类与 S 类放大器，对它们的失真与效率进行了比较，突出了电子战中对功率放大器的宽频、非调谐、高效率的要求。在此基础上，介绍了基本功率模块、功率合成器与输出滤波器电路。

第十四章提出的目标环境模型和截获系统模型，以及在此基础上进行的系统仿真，对我们来说是一个较新的思路。其中将目标网络数目，以及截获系统搜索带宽、噪声因子、后处理时间、任务持续时间等作为参数，详细分析了总体截获性能。关于截获系统的截获性能的仿真方法和仿真结果有积极的指导意义，对我们评估我军电子侦察系统的效能大有帮助。

第十五章介绍的是对跳频通信发射机的侦察与定位。首先介绍了对跳频信号进行侦察的基本原理，给出了对跳频信号的发现概

率。在此基础上，给出了四种不同配置的侦察系统，阐述了这四种系统的工作原理，给出了这四种系统的发现概率、误差距离与带宽之间的关系图。比较了四种系统的性能。

第十六章讨论的是信号探测距离。通信电子战系统对不同类型通信系统的探测距离是不一样的，而机载配置方式的远距离探测效果是陆基系统无法比拟的。由于无人机可以在敌方上空徘徊而具有一般远距离机载系统难以匹敌的优势，它与远距离系统构成 L 形基线，还获得了对目标定位上的极大好处，这一内容是本章的一个亮点。

第十七章关于干扰作用距离的计算和分析特别有指导意义，分析结果直观、真实，可直接指导我军对通信干扰效果的评估。在敌方通信链路距离分别为 5 公里和 10 公里的情况下，详细计算了三种干扰机（无人机组干扰机、陆基干扰机、一次性使用的干扰机）分别对三种目标（PTT、PCS 基站、PCS 手持机）的有效干扰作用距离。

“他山之石，可以攻玉。”上述内容，对我们研究信息战，尤其是通信电子战具有十分重要的参考价值和借鉴意义。

■ 关于读者

鉴于本书是一本导论层次上的技术书籍，它涉及到通信电子战系统的面比较宽，但是对每方面的内容都是点到为止，是一本指挥与工程内容合一的专著类教材，对拓宽知识面，打牢专业基础大有裨益。因此，本书既可作为高等院校的电子对抗专业的教材和主要教学参考书，也可作为有关科研院所的业务培训教材和参考书，还可作为电子战部队技术军官和研究所的科研人员的业务培训教材。

■ 关于译者

本书的翻译阵容比较强大。是由长期从事外语教学和翻译的英

语专家，以及专业造诣深的电子对抗方面的专家组成，译者中90%以上为教授。他们多是长期从事硕士或博士生培养工作的优秀学者和学科带头人，有的还曾在海外受过良好的专业训练，他们知识面宽、专业基本功扎实、科研能力强、成果丰硕。参与审稿的教授具有良好的专业知识和英语文字修养，有的担任行政领导，具有丰富的组织电子对抗作战指挥的实践经验和管理领导能力。这些条件为本书的高质量翻译出版奠定了基础。但是，由于时间仓促，疏漏之处在所难免，希望广大读者，特别是电子领域的知音能够不吝赐教，以便我们修改完善。

■ 译者致谢

在本书的翻译过程中，得到中国人民解放军总参四部部长戴清民将军的悉心指导和热情鼓励，得到了电子工程学院院长博士生导师戚世权教授、副院长博士生导师邵国培教授和副院长王晓亮的大力支持和帮助。戴清民部长在百忙中欣然为本书做序并题写书名；戚世权少将和邵国培少将拨冗审校了部分章节。此外，钱立祥和黄发文先生在本书的出版过程中，给予了许多具体的协调和支持。上述帮助无异冬炉夏扇，没有这一切，我们很难在较短的时间内完成这本著作的翻译和出版。在此谨致谢忱。

译 者

二〇〇二年十月十五日星期日于合肥

原著致谢

我在政府的实验室里度过了我的整个专业生涯，多年来和我一起供职的许多同事，对本书某些方面的内容做出过贡献。这些同事的数量太多，难以在此一一尽表，他们知道他们是谁。然而，需要在此特别提及的是赫布·霍维（Herb Hovey），因为，基本上正是因为他，我才在这个领域干了一辈子。我从1976年起就在美国的陆军信号战实验室工作，在此之前，直到1990年他退休为止，赫布就一直担任该室的主任。在他从事政府军事情报和电子战领域的整个工作期间，他是一个广受尊重的工程技术人员。如果没有他的一贯支持和容忍，我就不可能有足够的经验和知识来撰写这本书。

谨以此书献给我的妻子戴比（Debbie），没有她的绵绵无限的耐心和体谅，我无法完成此书的编写，因为编写本书需要长时间地放弃与家人共享的天伦之乐，在大多数情况下，对她来说，这是一副难以承受的重负。

原著前言

由于人们需要一本导论层次上的通信电子战系统基础知识方面的技术书籍，本书也就应运而生了。

电子战，作为一个顶层领域，包括许多方面，其中涉猎最不够的方面大概要算通信电子战系统了。有关电子战信号的截获和处理的传统书籍一直集中在对雷达信号的描述上。这种现象部分是因为世界各国政府对这方面的情报控制得很严。但是，电子战说到底是一种针对无线电通信系统的对抗技术。美国和其他发达国家已经竭尽全力生产出无线电装置对上述对抗措施进行遏制。在过去，这种做法的效果一直不佳，有关如何攻击无线电通信的公开讨论并不明智，至少在经济上是这样。然而，这种形势在最近已经发生了变化，遏制电子对抗措施的十分有效的无线电系统已经研制出来，并已应用于战场。因此，支撑通信电子战的基本原理现在已经可以在光天化日之下进行更加公开的讨论了。

在作者刚进入通信电子对抗这个技术领域时，几乎没有任何有关通信电子战系统方面的专门书籍。所有的知识不得从基本的原理中和亲身体验中获取。毋庸赘言，沿着这条路线行走，必然谬误百出。本书正是为了改变这种现象而写。

在编写过程中，作者脑海中考虑的是两个读者群，虽然他们不是截然不同的群体。第一个读者群，倒不一定是更加重要的一个，就是那些刚刚被领进通信电子战技术和系统这个领域的工程技术人员；第二个读者群就是那些从事实践的电子战军事专业人员，两种读者群体极有重叠的潜在可能。本书的某些章节包含了公式推导的内容，但是那些对本书所讨论的通信电子战军事作战内容感兴趣的

读者，可以跳过这些章节。

对那些从事技术工作的读者，本书有许多颇有深度的，可以使他们大受裨益的内容供其集中阅读。有关信号处理的章节（第十章）、测向定位的章节（第十一章）和双曲线定位的章节（第十二章）就是特别为这部分读者撰写的。然而，有关军事作战的章节（第一、三、五、六、七、十四、十五、十六和第十七章）也会吸引从事技术工作的读者产生首先研究这些领域的欲望。这些章节可以使他们了解为什么在对电子战产生兴趣的同时，还要讨论其实践上的某些限制。

对军事指挥更感兴趣的读者，可以跳过技术性更强的章节，不过，或许最好只是跳过其数学部分，集中阅读这些章节中的军事作战部分，因为其中也包含着对军事作战问题的一些重要论述。尤其是第一、三、五、七章和第十四至第十七章，会使那些对作战感兴趣的读者兴趣盎然。这些章节讨论更多的是：什么是电子战系统，以及如何构建和部署这样的电子战系统；这些系统的作用在实践上有哪些局限性，等等，本书对诸多此类问题进行了阐述。

目 录

| | |
|-------------------------|------|
| 原著致谢 | XII |
| 原著前言 | XIII |
| 第一章 通信电子战系统 | 1 |
| 1.1 引言 | 1 |
| 1.2 信息战 | 1 |
| 1.3 电子战 | 3 |
| 1.3.1 电子支援 | 4 |
| 1.3.2 电子进攻 | 4 |
| 1.3.3 电子防护 | 5 |
| 1.4 电子支援 | 6 |
| 1.4.1 低检测/截获/探测概率 | 8 |
| 1.4.2 未来的通信环境 | 10 |
| 1.4.3 有线通信 | 10 |
| 1.4.4 电子支援小结 | 11 |
| 1.5 电子进攻 | 11 |
| 1.5.1 电子进攻小结 | 13 |
| 1.6 典型的电子战系统构成 | 13 |
| 1.6.1 系统控制 | 13 |
| 1.6.2 天线 | 14 |
| 1.6.3 信号分配 | 15 |
| 1.6.4 搜索接收机 | 15 |
| 1.6.5 信道接收机 | 16 |
| 1.6.6 信号处理 | 16 |

| | | |
|------------|---------------|-----------|
| 1.6.7 | 测向信号处理 | 16 |
| 1.6.8 | 激励器 | 17 |
| 1.6.9 | 功率放大器 | 17 |
| 1.6.10 | 滤波器 | 18 |
| 1.6.11 | 通信 | 18 |
| 1.7 | 结束语 | 18 |
| | 参考文献 | 19 |
| 第二章 | 电磁信号传播 | 21 |
| 2.1 | 引言 | 21 |
| 2.2 | 信号传播 | 21 |
| 2.3 | 射频波段标记 | 22 |
| 2.4 | 极化 | 23 |
| 2.5 | 功率密度 | 24 |
| 2.6 | 自由空间传播 | 26 |
| 2.7 | 直接波 | 29 |
| 2.8 | 波的绕射 | 35 |
| 2.9 | 反射波 | 37 |
| 2.10 | 表面波 | 42 |
| 2.11 | 波导传播 | 43 |
| 2.12 | 流星余迹 | 43 |
| 2.13 | 散射 | 44 |
| 2.14 | 移动甚高频信道特点 | 45 |
| 2.15 | 经由电离层的传播 | 48 |
| 2.15.1 | 电离层 | 48 |
| 2.15.2 | 折射 | 50 |
| 2.15.3 | 近垂直入射天波 | 51 |
| 2.15.4 | 高频衰落 | 53 |
| 2.15.5 | 最高可用频率和最低可用频率 | 53 |