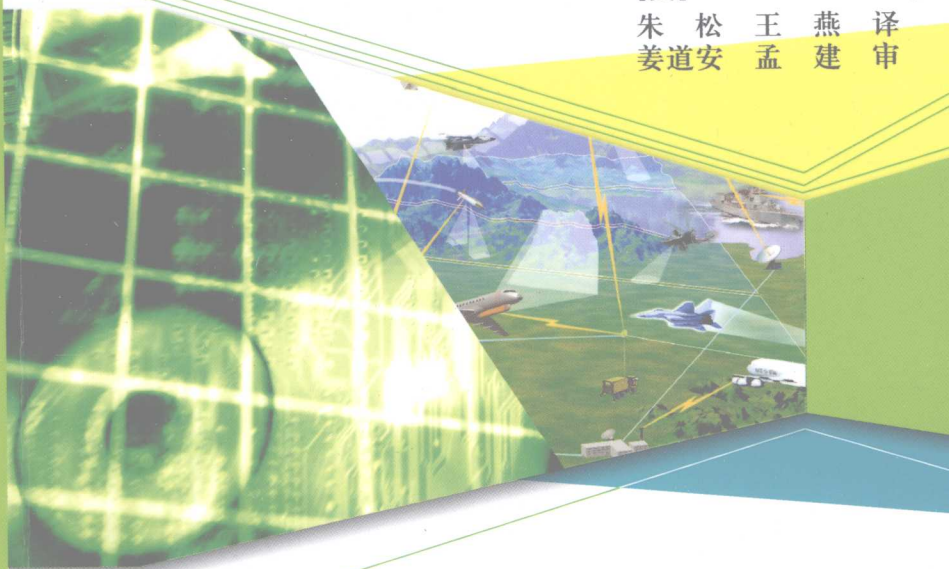


EW102: A Second Course in Electronic Warfare

EW102 电子战进阶

[美] David L. Adamy 著

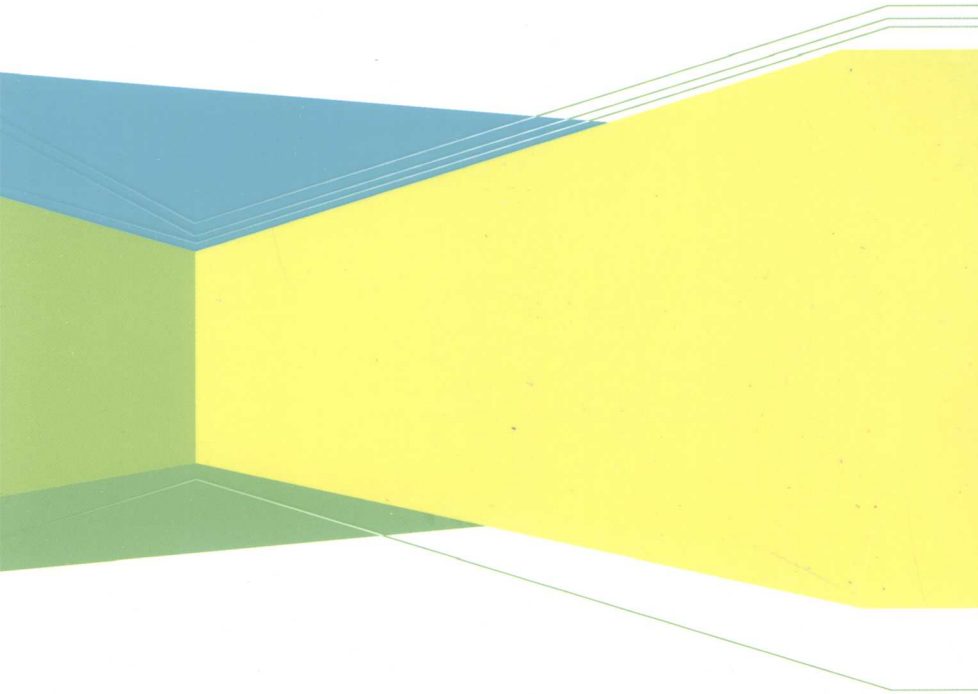
朱松 王燕 译
姜道安 孟建 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

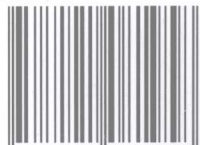
<http://www.phei.com.cn>



责任编辑：竺南直
责任美编：李 雯



ISBN 978-7-121-08195-8



9 787121 081958 >

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

定价：22.00 元

EW102:电子战进阶

EW102: A Second Course in Electronic Warfare

[美] David L. Adamy 著

朱 松 王 燕 译

姜道安 孟 建 审

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

1-58053-686-7 EW102: a second course in electronic warfare@2004 Horizon House Publications, Inc.

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之部分或全部内容。

版权贸易合同登记号 图字：01-2007-4582

图书在版编目（CIP）数据

EW102: 电子战进阶 / (美) 阿达米 (Adamy, D.L.) 著; 朱松, 王燕译.

北京: 电子工业出版社, 2009.2

书名: EW102: A Second Course in Electronic Warfare

ISBN 978-7-121-08195-8

I. E… II. ①阿… ②朱… ③王… III. 电子战—技术 IV. E919 TN97

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 011281 号

责任编辑: 竺南直 文字编辑: 侯丽平

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

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: 850×1 168 1/32 印张: 8.5 字数: 240 千字

印 次: 2009 年 2 月第 1 次印刷

译者序

电子战是指使用电磁能和定向能控制电磁频谱或攻击敌军的任何军事行动，它包含电子战支援、电子攻击和电子防护三大部分。电子战的作战对象包括雷达、通信、光电、引信、导航、敌我识别、计算机、指挥与控制以及武器制导等所有利用电磁频谱的电子设备，其作战目的是从整体上瘫痪敌信息系统和武器控制与制导系统，进而降低或削弱敌方战斗力并确保己方电子装备正常工作，增强己方战斗力。

在现代高技术战争中，电子战已经发展成为一种独立的作战方式，是不对称战争环境中具有信息威慑能力的主战武器和作战力量之一。局部战争的实践表明，电子战是现代战争的序幕与先导，并贯穿于战争的全过程，进而决定战争的进程和结局。随着军事信息技术广泛应用于现代战争的各个领域，电子战作为现代信息化战争的主要作战样式之一，其范围将更广、规模更大、强度更高、进程更加激烈。电子战必将成为未来信息战场的核心和支柱，成为掌握信息控制权、赢得战场主动权和获取战争制胜权的关键。

随着科学技术的进步和世界各国对电子战的投入不断增大，电子战技术正以史无前例的速度向前发展，新技术和新装备不断涌现，性能水平持续提高，从而促使电子战的作战领域和作战方式不断变化，电子战装备的能力也在发生着革命性的变化。

David.Adamy 是一位国际知名的电子战专家，曾在 2001 年担任过美国“老乌鸦协会”主席，现为该协会董事会成员。他在电子战及其相关领域出版了十多本专著，并在世界范围内讲授电子战相关课程，向军方和电子战公司提供咨询服务。《电子战基础》(EW101) 和《电子战进阶》(EW102) 是他多年来为“老乌鸦

协会”会刊《电子防御杂志》撰写的电子战讲座专栏经重新修订、补充编写而成的电子战技术专著。

《电子战进阶》(EW102)共包含七章内容,第1章:简介;第2章:威胁,包括定义、频率范围、威胁制导方法、威胁雷达的扫描特征、威胁雷达的调制特性、通信信号威胁;第3章:雷达特性,包括雷达方程、探测距离、雷达调制、连续波和脉冲多普勒雷达、动目标指示雷达、合成孔径雷达、低截获概率雷达;第4章:电子战中的红外和光电问题,包括电磁频谱、红外制导导弹、红外行扫描器、红外成像、夜视设备、激光目标指示、红外对抗;第5章,对通信信号的电子战,包括频率范围、HF传播、VHF/UHF传播、传播介质中的信号、背景噪声、数字通信、扩谱信号、通信干扰、对扩谱信号的干扰、对扩谱发射机的定位;第6章,辐射源定位精度,包括基本辐射源定位方法、角度测量方法、精确辐射源定位技术、辐射源定位精度、辐射源定位误差估计;第7章,通信卫星链路,包括卫星通信特性、术语和定义、噪声温度、链路损耗、链路性能计算、对卫星链路的干扰。书后附录了《电子战基础》和《电子战进阶》的习题及解答。

本书从最基础的数学公式开始,全面讲述了电子战所涉及的各种基础技术。全书由浅入深,图文并茂,是电子战专业的技术人员和高校师生的实用参考资料。

本书由信息综合控制国家重点实验室朱松、王燕翻译,姜道安、孟建审校,全书的翻译出版得到了中国电子科技集团公司第二十九研究所毛嘉艺所长的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于译者水平有限,译著中肯定会存在不少错误,敬请广大读者批评指正!

译 者

原 著 前 言

EW101（电子战基础）是《电子防御杂志》上一个非常受欢迎的栏目，迄今已持续了 10 多年，每月都以短小的篇幅讲述电子战知识，涉及了电子战的方方面面。在其中一部分内容的基础上，通过补充了一些新素材，出版了《电子战基础》（EW101）。这本书，同其在期刊上的栏目一样，受到读者的好评。自那以后，又写了差不多 60 期的栏目文章，其中一些是对第一本书的内容进行更深一步的分析，而另一些则涉及全新的领域，于是现在就准备推出第二本书《电子战进阶》（EW 102）。

本书的目标读者同《电子战基础》一样，是针对新入行的电子战从业人员、电子战某一领域的专家，以及电子战外围技术领域的专家。另一大类读者就是技术管理人员，他们必须根据电子战知识来做决策。总之，本书就是针对那些希望了解电子战概况、掌握基础知识并能进行总体层次计算的读者。

谨以此书献给我亲爱的电子战同行们，无论是穿军装的还是不穿军装的。你们其中一部分人曾多次出生入死，另一部分则长期加班劳苦，你们所从事的事业是普通人无法了解的。

我们的行业是一个陌生而富有挑战的行业，更是一个前无古人、充满创新的行业。诚挚地希望这本书能帮助你在这个行业中更好地发展。

作者简介

David L.Adamy 是一位国际知名的电子战专家，为美国“老乌鸦协会”《电子防御杂志》撰写了多年的 EW101 专栏。他已在军队和电子战工业领域工作了 40 多年，作为系统工程师、项目技术负责人及项目经理，直接参与了从直流到可见光各个领域、多个项目的工作。这些项目所完成的系统应用于从潜艇到太空的各种平台上，满足了多项需求。

Adamy 拥有亚利桑那州立大学的电子工程学士学位和圣克拉拉大学的电子工程硕士学位，在电子战、侦察及其相关领域出版了 10 本专著并在世界范围内讲授电子战相关课程，向军方和电子战公司提供咨询服务。他是“老乌鸦协会”董事会成员，并在 2001 年当选过该协会主席。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 电子战概述	1
1.2 信息战	3
1.3 如何理解电子战	5
第 2 章 威胁	6
2.1 定义	6
2.1.1 威胁与威胁信号	6
2.1.2 雷达与通信	6
2.1.3 威胁的类型	7
2.1.4 雷达制导武器	8
2.1.5 激光制导武器	8
2.1.6 红外能：制导武器	9
2.1.7 致命通信	9
2.1.8 雷达分辨单元	10
2.2 频率范围	10
2.3 威胁制导方法	12
2.3.1 主动制导	13
2.3.2 半主动制导	13
2.3.3 指令制导	14
2.3.4 被动制导	14
2.4 威胁雷达的扫描特征	15
2.4.1 雷达扫描	15
2.4.2 天线波束宽度	16
2.4.3 天线波束指向	17

2.5	威胁雷达的调制特性	19
2.5.1	脉冲雷达	20
2.5.2	脉冲多普勒雷达	23
2.5.3	连续波雷达	24
2.5.4	威胁雷达的应用	24
2.6	通信信号威胁	25
2.6.1	通信信号的特点	25
2.6.2	战术通信	25
2.6.3	数字数据链	28
2.6.4	卫星链路	29
第 3 章	雷达特性	30
3.1	雷达方程	30
3.1.1	雷达类型	31
3.1.2	雷达的原理框图	32
3.2	雷达距离方程	33
3.2.1	雷达截面积	36
3.2.2	雷达探测距离	38
3.3	探测距离与可探测距离	39
3.3.1	雷达接收机灵敏度的估计	40
3.3.2	雷达探测距离的计算范例	41
3.3.3	可探测距离	41
3.4	雷达调制	45
3.5	脉冲调制	45
3.5.1	对脉冲的无意调制	48
3.5.2	脉冲压缩	48
3.5.3	线性调频脉冲	49
3.5.4	对脉冲的数字调制	50
3.6	连续波和脉冲多普勒雷达	52

3.6.1	多普勒频移	52
3.6.2	连续波雷达	53
3.6.3	调频测距	54
3.6.4	脉冲多普勒雷达	55
3.7	动目标指示雷达	56
3.7.1	MTI 的基本工作原理	56
3.7.2	MTI 数据率	59
3.7.3	机载动目标指示器雷达	60
3.8	合成孔径雷达	61
3.8.1	距离分辨率	62
3.8.2	方位分辨率	62
3.8.3	聚焦阵 SAR	64
3.9	低截获概率雷达	65
3.9.1	低截获概率方法	66
3.9.2	LPI 的等级	66
3.9.3	LPID 雷达	68
3.9.4	探测与可探测性	69
3.9.5	LPI 品质因素	70
3.9.6	影响探测距离的其他因素	70
第 4 章	电子战中的红外和光电问题	75
4.1	电磁频谱	75
4.1.1	红外频谱	76
4.1.2	黑体辐射	76
4.1.3	红外传输	78
4.1.4	红外范围内的电子战应用	79
4.1.5	光电设备	79
4.2	红外制导导弹	80
4.2.1	红外传感器	80

4.2.2	红外导弹	81
4.3	红外行扫描器	85
4.3.1	地雷探测应用	85
4.4	红外成像	89
4.4.1	前视红外	90
4.4.2	红外成像跟踪	92
4.4.3	红外搜索与跟踪	92
4.5	夜视设备	93
4.5.1	设备类型	93
4.5.2	传统的夜战	94
4.5.3	发展历史	94
4.5.4	频谱响应	95
4.5.5	实施	95
4.6	激光目标指示	97
4.6.1	激光指示器的工作	97
4.6.2	激光告警	98
4.6.3	对激光寻的导弹的对抗	100
4.7	红外对抗	101
4.7.1	曳光弹	101
4.7.2	红外干扰机	103
4.7.3	红外诱饵	105
4.7.4	红外箔条	105
第 5 章	对通信信号的电子战	106
5.1	频率范围	106
5.2	HF 传播	107
5.2.1	电离层	108
5.2.2	电离层反射	109
5.2.3	HF 传播路径	110

5.2.4	单站定位系统	111
5.2.5	机载系统的辐射源定位	111
5.3	VHF/UHF 传播	112
5.3.1	传播模型	112
5.3.2	自由空间传播	112
5.3.2	双线传播	113
5.3.4	刀刃传播	115
5.4	传播介质中的信号	116
5.5	背景噪声	119
5.6	数字通信	120
5.6.1	数字信号	120
5.6.2	数字化	121
5.6.3	数字化图像	123
5.6.4	数字信号格式	124
5.6.5	数字信号的射频调制	124
5.6.6	信噪比	127
5.6.7	误码率与 RFSNR 的关系	127
5.6.8	数字信号需要的带宽	129
5.6.9	信号带宽对电子战的影响	131
5.7	扩谱信号	132
5.7.1	跳频信号	133
5.7.2	线性调频信号	134
5.7.3	直接序列扩谱信号	135
5.8	通信干扰	136
5.8.1	干信比	138
5.8.2	近地面工作	138
5.8.3	其他损耗	140
5.8.4	数字信号与模拟信号的关系	140

5.9	对扩谱信号的干扰	141
5.9.1	干扰跳频信号	141
5.9.2	干扰线性调频信号	147
5.9.3	干扰 DSSS 信号	147
5.9.4	纠错码的影响	149
5.10	对扩谱发射机的定位	151
5.10.1	跳频发射机定位	151
5.10.2	线性调频发射机定位	154
5.10.3	直接序列发射机定位	154
5.10.4	精确辐射源定位技术	154
第 6 章	辐射源定位精度	155
6.1	基本辐射源定位方法	156
6.2	角度测量方法	157
6.2.1	旋转定向天线	157
6.2.2	多天线比幅	158
6.2.3	沃特森·瓦特技术	159
6.2.4	多普勒技术	159
6.2.5	测距技术	160
6.2.6	干涉仪测向	162
6.3	精确辐射源定位技术	164
6.3.1	到达时差法	164
6.3.2	FDOA 辐射源精确定位技术	168
6.3.3	针对运动发射机的 FDOA 法	170
6.3.4	FDOA 和 TDOA 的组合	171
6.4	辐射源定位——报告定位精度	172
6.4.1	均方根误差	172
6.4.2	圆概率误差	173
6.4.3	椭圆概率误差	175

6.5	辐射源定位——误差估计	176
6.5.1	复合误差	176
6.5.2	反射对到达角误差的影响	176
6.5.3	测量站位置精度	177
6.5.4	到达角辐射源定位方法误差估计项	178
6.5.5	与信噪比有关的误差	179
6.5.6	校准误差	180
6.5.7	AOA 系统的误差组合	180
6.6	到达角误差转换为定位误差	180
6.6.1	测量精度	181
6.6.2	圆概率误差	183
6.7	精确定位系统中的定位误差	185
6.7.1	TDOA 系统精度	185
6.7.2	FDOA 辐射源定位系统中的定位误差	188
第 7 章	通信卫星链路	193
7.1	卫星通信的特性	194
7.2	术语和定义	194
7.3	噪声温度	197
7.3.1	系统噪声温度	197
7.3.2	天线噪声温度	198
7.3.3	线路温度	199
7.3.4	接收机噪声温度	199
7.3.5	一个噪声温度的例子	201
7.4	链路损耗	202
7.4.1	发散损耗	202
7.4.2	大气损耗	202
7.4.3	雨雾衰减	203
7.4.4	法拉第旋转	206

7.5 典型链路中的链路损耗	207
7.5.1 地球同步卫星	207
7.5.2 低地球轨道卫星链路	210
7.6 链路性能计算	211
7.6.1 同步卫星链路	211
7.6.2 低轨链路	213
7.7 相关的通信卫星和电子战公式	215
7.8 对卫星链路的干扰	217
7.8.1 下行链路干扰	217
7.8.2 上行链路干扰	219
附录 A 问题与解答	220
第一部分 EW101 中的问题	220
第二部分 EW102 中的问题	237
附录 B	250
附录 C	252