



国防科技著作精品译丛
雷达电子战系列

578

Communications, Radar and
Electronic Warfare

通信、雷达与电子战

【英】Adrian Graham 著
汪连栋 申绪润 曾勇虎 陈瑛 李琨 译



WILEY



国防工业出版社
National Defense Industry Press



装备科技译

通信、雷达与电子战

Communications, Radar and Electronic Warfare

[英]

Adrian Graham 著

汪连栋 申绪润 曾勇虎 译
陈 瑛 李 琨



国防工业出版社

National Defense Industry Press

著作权合同登记 图字:军-2011-120号

图书在版编目(CIP)数据

通信、雷达与电子战 / (英) 格雷厄姆 (Graham, A.)
著; 汪连栋等译. -- 北京: 国防工业出版社, 2013.8
(国防科技著作精品译丛)
书名原文: Communications, Radar and Electronic Warfare
ISBN 978-7-118-09072-7

I. ①通… II. ①格… ②汪… III. ①无线电通信②雷达
③电子对抗 IV. ①TN9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 196523 号

Translation from the English Language edition:
Communications, Radar and Electronic Warfare by Adrian Graham
ISBN 978-0-470-68871-7

Copyright©2011 John Wiley & Sons Limited.

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons Limited. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with National Defense Industry Press and is not the responsibility of John Wiley & Sons Limited. No Part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons Limited.

本书简体中文版由 John Wiley & Sons Limited. 授权国防工业出版社独家出版发行。
版权所有, 侵权必究。

通信、雷达与电子战

[英] **Adrian Graham** 著

汪连栋 申绪润 曾勇虎 陈 瑛 李 琨 译

出版发行 国防工业出版社

地址邮编 北京市海淀区紫竹院南路 23 号 100048

经 售 新华书店

印 刷 北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

开 本 700 × 1000 1/16

印 张 23

字 数 360 千字

版 印 次 2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印 数 1—3000 册

定 价 98.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777 发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755 发行业务: (010) 88540717

译者序

本书由英国独立顾问 Adrian Graham 撰写,作者有着多年的通信、雷达及电子战领域的技术咨询、系统设计和技术培训的经验。在作者与操作人员、设计人员和管理人员的交流过程中,感觉到虽然相关领域已经存在大量的参考资料和出版物,但在理论阐释上要么过于艰深而难以掌握,要么又过于浅显而难以指导工作。因此,作者致力于撰写一部既能提供通俗易懂的必备理论基础,又能紧密结合工程实际的具备指导价值的参考用书。经过长期的构思和努力,终于形成了这本“Communications, Radar and Electronic Warfare”。

目前国内在无线电系统领域的教学、科研与应用等方面,往往通信及通信对抗、雷达及雷达对抗以及电磁兼容等是相互分开的,把它们作为不同的专业独立进行分析和处理,但是追根溯源,这些领域所涉及的均是电磁波的产生、传播与接收等问题(暂不考虑信号处理方面),相应的理论基础没有差别,将其分散到不同的专业范围进行处理,既难以对无线电系统有一个全面整体的认识,也往往导致在系统设计和实际应用过程中无法综合考虑和分析所遇到的问题,这显然跟现代电子系统综合化、网络化、体系化的发展趋势不符。本书的一大特色就是以统一的视角对通信、雷达及电子战领域的相关理论和实践问题进行分析,同时也对频谱管理和电磁干扰方面的问题给予了适当关注,这既与当前“雷达—电子战—通信一体化”的技术发展趋势相符,也同国际上新近提出的电磁环境效应(E3)相一致。有鉴于此,我们认为将这样一本专著翻译并介绍给国内相关领域的

工作人员是非常必要的。我们相信,本书将为更多的读者呈现出一个更加全面的视角,为我国军用及民用领域无线电系统的设计、研制和应用提供重要的参考。

全书共包含 20 章和 2 个附录,在全书翻译过程中,郝晓军、焦斌、乔会东、李金梁、周波、李超、蒙洁、张晓芬、叶礼邦、许雄、杨晓帆等同志参与了译稿中部分文字和图表的整理与校对工作。本书的翻译还得到了电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室多位专家的帮助,在此一并致谢。

由于本书涉及领域较广,且包含部分最新技术,我们对于原著内容的理解难免不深不透,翻译不当之处,敬请广大同行及读者批评指正。

译者

2013 年 8 月

原版序

很幸运,在我的职业生涯中,能和这么多设计员、管理员和操作员一起工作。这样,我有机会向他们咨询从而设计一系列新系统、新技术以及培训课程。我的一项重要任务是在高水平技术材料基础上为操作员研究好的方法。这不总是件容易的事情,将复杂的材料以一定形式展示会比较困难,但不需要操作员自己成为专家。这无论如何不是轻视操作员的能力。他们通常不得不在很困难的情形中充分发挥自己的作用,并且没有太多时间去考虑怎样把理论转化为实践。因此,我花费大量时间在尽可能宽的范围内把这些理论简化为实际的操作方法。在准备本书过程中我也尽力采用同样的方法。我个人的见解,关于这些主题也有两种类型的可用信息,一种是该领域大多数工作者不需要的高水平理论,另外一种稍简单,如果忽略必要信息就不可能真正理解该主题。本书中,我尽力将这两种截然不同的方法联系起来以弥补其间的空白。希望能够实现。

当我和操作员、工程师和管理员在一起工作时,我对整个行业许多专业原本有限的理解也有了明了的认识。这些是我在本书中着重强调的部分,也是我在设计和讲课中花时间最多的地方。我也尽力弥补本书中三个领域工作人员的术语空白。通常就只基于术语和学习方法,他们遇见时会有些误解,实际上涉及的是同样的事物。我也特意用一些混合术语以便于模糊这些界限。在某些场合我尽量不用一个群体的术语,因为其他人很可能不理解。这通常出于服务和忠实,当一些术语别人不用便会引起混淆;本书就是瞄准一个宽广的市场。

大部分章节后也提供了一些参考文献和进一步阅读的材料。我尽量选择那些理论性不太强的阅读材料，如可能的学术文章。如果没有参考文献，我就提供自己的经验。

如读者所想象的那样，如果没有别人这么多年的大量贡献我就不可能完成本书。特别要感谢一些人，由于他们仍然工作在该领域，特别是电子战，所以大部分没有提到。然而他们和我都知道。

我要感谢一直迁就我的编辑约翰，他为我的稿子等待了好长时间。同样迁就我很久等特殊朋友莱农给了我很多支持，我弟弟吉姆和母亲布莱德的帮助也是无价的。最后，我要谢谢阿伦·史密斯，他是我最好的朋友，在我写这本书的时候，他给了很多的帮助，在困难的时期，我们举杯畅饮，肝胆相照。

Adrian Graham

目录

第一部分 基本理论

第 1 章 绪论	2
1.1 本书写作的目的	2
1.2 无线电技术的发展现状	3
1.2.1 概述	3
1.2.2 军事通信	8
1.2.3 准军事行动	11
1.2.4 民用通信	12
1.2.5 交叉技术	12
1.3 无线电通信的限制因素	13
1.3.1 基本无线链路	13
1.3.2 常用换算公式	17
1.3.3 环境因素	19
1.3.4 无线电系统的衰落	22
参考文献	23
第 2 章 频谱管理	25
2.1 频谱管理基础	25

2.2	民用频谱管理	25
2.3	军用频谱管理	28
2.3.1	引言	28
2.3.2	频谱需求评估	29
2.3.3	频谱保护	32
2.3.4	频率指派和分配	33
2.3.5	战场频谱管理计划	38
2.3.6	战场频谱管理计划的分发	38
2.3.7	干扰管理	39
2.4	电子战行动的管理	39
	参考文献	40
第 3 章 无线信道		42
3.1	无线信道的频率特性	42
3.2	窄带信号	48
3.2.1	瑞利衰落模型	50
3.2.2	莱斯衰落模型	52
3.3	跳频信号	54
3.4	宽带信号	55
3.5	移动状态对无线信道的影响	57
	参考文献	58
第 4 章 无线链路中的噪声		59
4.1	噪声的来源	59
4.2	噪声的影响	60
4.3	无线电接收机	65
4.4	噪声环境中的无线链路预测	67
	参考文献	70
第 5 章 对无线链路的无意干扰		71
5.1	无意干扰的来源	71
5.2	无意干扰的频域分析	72
5.2.1	同信道干扰	72

5.2.2	邻近信道干扰与异信道干扰	74
5.2.3	带宽交叠的计算方法	77
5.2.4	相异系统间的干扰	78
5.2.5	多重干扰	80
5.3	无意干扰的时域分析	83
5.3.1	时隙、跳频系统与激活比	83
5.3.2	非连续干扰	85
5.4	降低无意干扰的技术措施	85
	参考文献	86
第 6 章	对无线链路的有意干扰	87
6.1	有意干扰的目的	87
6.2	有意干扰的工作原理	88
6.3	通信干扰机的类型	89
6.4	通信抗干扰技术	92
	参考文献	92
第 7 章	雷达与雷达干扰	93
7.1	雷达入门	93
7.2	雷达方程	96
7.3	雷达类型	101
7.3.1	常规脉冲雷达	101
7.3.2	脉冲多普勒雷达	102
7.3.3	脉冲压缩雷达	104
7.3.4	线性调频雷达	105
7.3.5	脉冲编码雷达	105
7.3.6	连续波雷达	109
7.3.7	动目标指示雷达	110
7.3.8	相控阵雷达	112
7.3.9	合成孔径雷达	114
7.3.10	低截获概率雷达	114
7.3.11	二次雷达	116

7.4 雷达干扰技术	117
7.5 雷达抗干扰技术	121
参考文献	123
第 8 章 射频控制简易爆炸装置	124
8.1 简易爆炸装置 —— 贫民的最佳武器	124
8.2 简易爆炸装置的射频控制方法	126
8.3 对简易爆炸装置射频控制系统的探测	131
参考文献	132

第二部分 实践

第 9 章 HF 电波传播预测	134
9.1 HF 电波传播	134
9.1.1 天波	134
9.2 HF 天波链路预测	140
9.3 地波	143
参考文献	144
第 10 章 VHF 和 SHF 电波传播预测	145
10.1 HF 以上频段的电波传播	145
10.1.1 引言	145
10.1.2 VHF 和 UHF 的短程链路	145
10.1.3 远程 VHF 及 UHF 链路	155
10.1.4 VHF 及 UHF 频段的变化	156
10.1.5 SHF 及以上频段的电波传播	156
10.2 建模方法	158
10.3 确定性模型	159
10.3.1 自由空间损耗模型	159
10.3.2 双射线模型	160
10.3.3 常用的确定性模型	163
10.4 经验模型	164
10.4.1 经验模型的基本形	164

10.4.2	Okumura Hata 和 COST 231 Hata 模型	165
10.4.3	ITU-R P.1546	165
10.4.4	ITU-528 航空模型	166
10.4.5	杂波和吸收模型	166
10.4.6	衰落特性	167
10.5	组合模型	167
10.5.1	组合传播模型	167
10.5.2	ITM 模型	167
10.5.3	模型组合的核查清单	168
10.6	链路预算	169
10.6.1	通用模拟链路预算	170
10.6.2	通用数字链路预算	171
10.6.3	扩频链路预算	171
10.6.4	雷达基本链路预算	173
10.6.5	HF 链路预算	175
	参考文献	175

第 11 章 电波传播预测的数据需求分析 176

11.1	建模需求分析	176
11.2	通信系统参数	177
11.3	电子支援系统 (ES) 的特定参数	179
11.4	电子攻击系统 (EA) 的特定参数	181
11.5	雷达系统的特定参数	183
11.6	第三方特性	184
11.7	通用天线特性	185
11.8	天线环境描述	191
11.9	地形数据	191
11.9.1	地形数据简介	191
11.9.2	地形数据的来源	193
11.9.3	地理投影与数据表示方法	195
11.9.4	地形数据分辨率	195
11.9.5	精度要求	196

11.10	地杂波和无线电杂波	197
11.10.1	大地电导率和介电常数	197
11.10.2	无线电杂波	198
11.11	太阳黑子、电离层及大气数据	200
11.11.1	太阳黑子	200
11.11.2	电离层条件	201
11.11.3	大气吸收	202
11.11.4	降雨量	202
	参考文献	203
第 12 章	无线链路的设计与优化	204
12.1	路径剖面预测	204
12.2	链路优化	206
12.3	转播链路	207
12.4	网络连接	209
	参考文献	210
第 13 章	无线网络覆盖规划	211
13.1	覆盖范围预测	211
13.2	无线网络的优化	216
13.3	对覆盖范围的控制	221
	参考文献	225
第 14 章	干扰分析	226
14.1	无线电干扰分析简介	226
14.2	考虑衰落时的情况	229
14.3	来自其他信道的干扰	231
14.4	同时存在信号的不同表示方法	233
	参考文献	234
第 15 章	干扰控制技术	235
15.1	干扰预防	235
15.1.1	空域方法	236

15.1.2	频域方法	238
15.1.3	时域方法	238
15.2	干扰管理	239
15.3	干扰报告	240
	参考文献	242
第 16 章	无线电站点的干扰管理	243
16.1	多系统站点的特性	243
16.1.1	引言	243
16.1.2	电磁兼容问题	244
16.1.3	共址部署无线电规划	244
16.2	无线电站址内的干扰源	247
16.2.1	阻塞	247
16.2.2	谐波	248
16.2.3	中频	248
16.2.4	镜频	249
16.2.5	互调	250
16.3	无线电站址的干扰管理方法	252
16.3.1	预防措施	252
16.3.2	补救措施	252
	参考文献	253
第 17 章	通信电子战	254
17.1	引言	254
17.2	侦察和截获系统	255
17.2.1	简介	255
17.2.2	侦察能力	260
17.2.3	截获系统	261
17.2.4	侦察/截获系统部署	262
17.3	测向系统	272
17.3.1	简介	272
17.3.2	测向仪的发展历程	274
17.3.3	测向系统的应用	274

17.3.4	测向的基本原理	275
17.3.5	测向仪的类型	276
17.3.6	测向基线	281
17.3.7	测向基线的优化	283
17.3.8	空基测向	286
17.3.9	测向设备及通信	287
17.4	通信干扰机	287
17.4.1	简介	287
17.4.2	干扰的合法性	287
17.4.3	单频干扰	288
17.4.4	阻塞式干扰	291
17.4.5	应答式干扰	293
17.4.6	自适应干扰	294
17.4.7	灵巧式干扰	294
17.5	无人机的作用	295
17.5.1	无人机	295
17.5.2	无人机的优势	296
17.5.3	无人机的不足	296
17.5.4	无人机通信和频谱管理	297
17.6	对抗敌方的通信电子战	298
17.6.1	偷猎者-看守人方法	298
17.6.2	电磁功率管理	298
17.6.3	对抗敌方通信电子战的战术方法	299
	参考文献	299

第 18 章 非通信电子战 301

18.1	非通信电子战	301
18.1.1	广播	301
18.1.2	导航系统	302
18.1.3	二次雷达系统	302
18.2	雷达干扰技术	303
18.2.1	遮盖式干扰	303
18.2.2	距离门拖引	304

18.2.3	速度门拖引	307
18.2.4	角度欺骗	308
18.2.5	逆增益干扰	309
18.2.6	其他干扰方法	310
18.3	平台自卫方法	312
18.3.1	平台类型及自卫方法	312
18.3.2	诱饵	312
18.4	参数情报采集方法	316
18.4.1	电子战斗序列情报采集	316
18.4.2	电子战斗序列情报管理	317
18.4.3	雷达威胁特性	318
18.4.4	通信参数	321
18.4.5	采集方法	323
18.4.6	采集与探测	324
18.4.7	采集行动的例子	324
	参考文献	326
第 19 章	对抗射频控制简易爆炸装置	327
19.1	简易爆炸装置简介	327
19.1.1	非对称战争	327
19.1.2	简易爆炸装置的类型	327
19.1.3	混合威胁	328
19.2	射频控制简易爆炸装置	329
19.3	基本的对抗简易爆炸装置方法	329
19.3.1	敌方活动侦察	329
19.3.2	非电子战方法	330
19.3.3	电子战方法	331
第 20 章	概括及总结	338
附录 A	分贝的使用	340
附录 B	常用转换公式和参照表	342
	术语表	346

第一部分 基本理论