



信息科学与工程系列专著

通信抗干扰工程与实践

Communication Anti-jamming Engineering and Practice

姚富强 著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

电子信息科技专著出版专项资金资助出版

信息科学与工程系列专著

通信抗干扰工程与实践

Communication Anti-jamming Engineering and Practice

姚富强 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书运用“矛”与“盾”的哲学原理,较为系统地阐述了通信抗干扰工程与实践一些值得研究和认识的问题。全书共分15章,内容包括:通信抗干扰概述,通信干扰与抗干扰基本理论及其局限性,跳频通信、直扩通信、跳码通信和差分跳频通信的工程与实践,快速高精度位同步技术与实践,典型通信装备的抗干扰技术体制与实践,通信网络抗干扰基础与运用,跳频通信战场管理控制工程与运用,通信抗干扰评估工程与实践,通信抗干扰仿真方法与实践,外军通信电子战装备发展水平,通信电子进攻与电子防御作战运用,以及信息作战与通信电子防御的发展。

本书将技术与战术相结合,理论与实际相结合,单装与网系运用相结合,形成了比较完整的通信抗干扰技术体系,并融入了作者长期从事通信抗干扰体制、技术和战术运用研究的一系列成果。

本书作为一本通信抗干扰专业的实用参考书,适合于通信及相关专业的科研人员、教学人员、研究生、高年级本科生以及科研管理人员、装备检验人员、通信技术干部和指挥人员使用。

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。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

通信抗干扰工程与实践/姚富强著. —北京:电子工业出版社,2008.12

(信息科学与工程系列专著)

ISBN 978-7-121-08037-1

I. 通… II. 姚… III. 通信抗干扰 IV. TN973.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第207798号

责任编辑:张来盛(zhangls@phei.com.cn) 田宏峰

印 刷:北京东光印刷厂

装 订:三河市皇庄路通装订厂

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:32.5 字数:828千字

印 次:2008年12月第1次印刷

印 数:4000册 定价:89.00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 zlt@s@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序

我作为一名老通信兵，很高兴提前阅读了《通信抗干扰工程与实践》的书稿，并为该书作序。作序要说些什么呢？说实话，我不想落入俗套，流于八股，我想了想，还是说说我的一点体会，介绍一下本书的特点和本书的作者，也算是为通信抗干扰研究的发展，略尽绵薄吧。

当前，随着世界新军事变革时代的到来和信息作战样式的出现，各种军事系统快速向信息化、网络化、数字化、一体化发展，许多国家都在研究和建设“数字化部队”、“数字化战场”，积极推进“网络中心战”，等等。这里，数字信息及信息的流动是制胜指挥之根本，信息不流动就不能形成战斗力，因而确保军事通信系统的顺畅可靠无疑是十分重要的。然而，颇具讽刺意味的是，这些使军事系统更智能化、反应更快速、控制更精确的信息系统，也使军事系统更“脆弱化”了。于是，“信息作战”应运而生，且大显身手，大大扩展了通信对抗的内涵和外延，使斗争更趋激烈。

通信干扰和抗干扰作为通信对抗的一对“矛”与“盾”，其技术水平在斗争中不停地发展、前进，可谓是“道高一尺，魔高一丈”。我们清楚地看到，通信干扰已由传统的基于单机信道干扰的狭义干扰发展到基于多维空间干扰的广义干扰（通信电子进攻），主要表现在：从固定干扰发展到动态干扰；从压制式干扰发展到压制式干扰和灵巧式干扰相结合；从点对点干扰发展到网络干扰和网系干扰；从单纯干扰发展到干扰、侦察、截获和硬攻击综合电子进攻；等等。面对通信干扰的发展，军事通信所处的电磁环境更加复杂了，所面临的威胁更加严重了，通信抗干扰如何向深层次发展，需要有新的思考。经过多年的研讨和实践，有一点是明确的，即：必须由传统的基于单机信道抗干扰的狭义抗干扰发展到基于多维空间抗干扰的广义抗干扰（通信电子防御）。这对于军队信息化建设和遂行核心军事任务，加强国防建设，具有重大意义。

可见，通信抗干扰在军队信息化建设中占有十分重要的地位，通信抗干扰能力是信息作战条件下军队战斗力生成的重要内容，这里有很多技术和组织运用问题需要研究。令人高兴的是，《通信抗干扰工程与实践》这部专著较全面地论述了所关心的问题。

本书在选材上，多数来自作者科学研究与实践的总结和体会，内容新颖、充实，特色鲜明，主要涉及到基础理论的完善、基本概念的梳理、技术体制的分析、关键技术的实现、新体制新技术的引进、抗干扰性能的评估、组织运用的方法、战场管理控制的实施、外军发展动态的介绍以及通信电子防御的发展等多方面，覆盖了短波、超短波和微波等多种通信频段，形成了比较完整的技术体系。可贵的是，书中在很多方面不仅认真总结了经验，而且提出了创新的思路，回答了一些人们关心的问题，比如：在如何认识通信抗干扰发展的问题上，提出了不少新的观念和努力方向；在涉及有关经典理论的论述中，能在工程实践的基础上，提出一些新的见解、技术和方法，甚至对有些传统的概念和定义进行了必要的修正；在新体制新技术和网络（系）抗干扰研究上，提出了一些很好的想法，并进行了理论分析和仿真验证；在通信抗干扰总体设计上，能与信息作战样式联系起来，讨论了通信电子防御的框架；在总结外军通信抗干扰和通信侦察、干扰装备发展趋势过程中，进行了较为细心和系统

的归纳及提炼，梳理了外军发展的脉络；对于有些前瞻性很强的内容，也进行了很有价值的初步研究，可以激发有益的学术争鸣。

本书在研究方法上也颇有特色，较好地体现了通信抗干扰与战术、技术相结合，通信抗干扰与系统论、信息论相结合，通信抗干扰与干扰、侦察及反侦察相结合；通信抗干扰与信道特性、组网运用相结合，通信抗干扰与战场管理控制、电子支援相结合，通信抗干扰与高功率电磁脉冲武器防御、病毒防御相结合，通信抗干扰与国情、军情相结合，等等。在论述过程中，能做到循序渐进、通俗易懂、可读性好。

《通信抗干扰工程与实践》既有理论又有工程实践，既有新技术又有新方法，是一部通信抗干扰方面的优秀著作。作为一项以军事题材为主的学术研究成果，该书叙述系统，在不少方面具有独创性以及很高的工程价值和科学价值。本书的出版必将推动通信抗干扰研究及建设的进步。

由于工作关系，我对本书作者姚富强同志有较长期和较多的了解，他从一名普通战士成长为博士、研究员和博士生导师，长期从事通信抗干扰的科学研究和人才培养工作，取得了很多很有价值的科研成果。本书是他通信抗干扰科学研究的全面总结，值得推荐给广大科技工作者。同时，我对新一代人取得出色成绩也感到非常欣慰。

通信干扰与抗干扰是技术智慧的博弈，也是战术智慧的博弈。在未来的较量中，没有无坚不摧的“矛”，也没有牢不可破的“盾”，斗争正未有穷期！

最后，我衷心希望我国通信抗干扰研究和运用不断有创新、有进步，期盼着《通信抗干扰工程与实践》早日面世，也希望姚富强同志取得更多研究成果。



2008年11月18日

前 言

通信抗干扰是一项涉及基础理论、技术体制、关键技术、性能评估、组织运用和战场管理控制等多方面的复杂系统工程，也是一门随着信息作战需求和通信电子进攻的挑战而发展起来的新兴工程学科，是当今武器装备发展的前沿研究领域。从哲学上讲，既没有无坚不摧的矛，也没有牢不可破的盾，通信干扰和通信抗干扰作为一对“矛”与“盾”的双方，是现代国防建设永恒的课题，通信抗干扰能力（尤其是复杂电磁环境下的通信抗干扰能力）是军队战斗力的重要标志。

20年来，作者和同事们在通信抗干扰领域做了一些科学研究和研究生培养工作，积累了一些研究成果和经验体会。为了给有关同仁在通信抗干扰装备科研、装备检验、装备使用和人才培养等工作中提供一些参考，进一步推动通信抗干扰事业的发展，作者在所取得的研究成果和已公开发表的200余篇论文的基础上，进一步深化、充实和扩展，整理出版了这本书。

本书以工程技术为主，以装备使用为辅，较为系统、全面、深入地阐述了通信抗干扰工程与实践一些值得研究和认识的问题。全书共有15章，各章之间既有一定的联系，又具有相对独立性，读者可根据需要选读或通读。对通信指挥更感兴趣的读者，可以跳过某些技术性较强的章节，但最好还是看看这部分的结论，因为这些内容往往是组织运用的理论依据。

本书虽然以研究抗人为有意干扰为基本目的，但抗人为无意干扰、工业干扰以及自然干扰也是通信抗干扰的研究内容。随着社会发展需求的扩大，民用通信设备也越来越多，民用无线通信设备亦存在人为无意干扰、工业干扰以及自然干扰的威胁。所以，本书的很多内容既适合于军用通信，也适用于民用通信。

值得指出，为了适应信息作战的需要和通信电子进攻武器的发展，通信抗干扰的内涵已大大扩展了，不仅要研究单装信道层次上的抗干扰问题，还要研究网络甚至网系抗干扰问题，以及反侦察、抗截获、战场管控、组织运用、抗无线病毒、抗高功率电磁脉冲武器攻击等问题，已从传统的狭义抗干扰发展到广义抗干扰（即多维空间的通信电子防御）。另外，军用通信有无线通信和有线通信之分，由于无线通信装备是在开放的电磁频谱空间中工作的，且无论是战争行动还是非战争行动，无线通信都是主要通信手段，所以通信抗干扰的重点是无线通信装备，但有线通信装备也存在抗干扰、抗截获和抗高功率电磁脉冲武器攻击等防御问题。本书重点研究无线通信抗干扰问题。

本书的出版是多方面共同支持的结果。在以往的研究过程中，作者曾得到上级机关，各军兵种，相关院所、部队、厂家，作者所在单位领导和机关以及众多专家的大力支持，尤其是课题组的专家、同事给予了无私的帮助和极大的支持。在本书出版过程中，总参通信部机关和电子工业出版社给予了大力支持、指导和帮助；陆建勋院士、李德毅院士、戴浩院士、

张乃通院士、朱德生教授等专家给予了热情支持和推荐；很多同事认真阅读了书稿，并提出了宝贵的修改意见；一些研究生在资料整理、仿真实验和绘图（部分）等方面付出了辛勤的劳动。所有这些，都令作者万分感激。另外，书中还引用了国内外有关学者的部分研究结论。在此一并表示衷心的感谢！

军事通信资深专家杨千里研究员在百忙中审阅了全稿，并为本书作序，谨此表示特别感谢！

由于作者水平有限，加上通信抗干扰工程是一门在实践和运用中不断发展的学科，书中所述学术观点和研究体会难免会有不当之处，甚至存在错误和疏漏，恳请各位专家和同仁批评指正。

作 者

2008年10月

目 录

第 1 章 通信抗干扰概述	1
1.1 通信抗干扰的作战需求分析	1
1.2 通信抗干扰覆盖范围的扩展	2
1.3 通信抗干扰技术体制的定义	5
1.4 通信抗干扰技术体制的分类	7
1.5 通信抗干扰技术体制的选择	8
1.5.1 通信抗干扰技术体制选择的原则	8
1.5.2 几个基本概念及其相互之间的关系	10
本章小结	12
参考文献	12
第 2 章 通信干扰与抗干扰基本理论及其局限性	15
2.1 通信干扰的基本理论.....	15
2.2 常规通信干扰理论的局限性和价值.....	16
2.3 扩谱通信抗干扰的基本理论.....	17
2.3.1 香农公式及其工程意义	17
2.3.2 处理增益及其工程意义	20
2.3.3 干扰容限及其工程意义	21
2.4 常规扩谱通信抗干扰理论的局限性和价值.....	23
本章小结	24
参考文献	24
第 3 章 跳频通信工程与实践	26
3.1 跳频通信基本知识.....	26
3.1.1 跳频通信基本原理	26
3.1.2 单路跳频信号特征	27
3.1.3 跳频通信有关工程概念	28
3.2 跳频处理增益算法修正.....	41
3.2.1 跳频处理增益已有定义存在的问题	41
3.2.2 跳频处理增益算法修正分析	42
3.3 跳频处理增益对系统能力的影响.....	44
3.3.1 跳频处理增益对抗阻塞干扰能力的影响	44
3.3.2 跳频处理增益对抗跟踪干扰能力的影响	45
3.3.3 跳频处理增益对组网能力的影响	45
3.3.4 跳频处理增益对反侦察性能的影响	46
3.4 跳频图案的性能分析与检验.....	46
3.4.1 跳频图案复杂度分析	47
3.4.2 跳频图案的均匀性和随机性检验	50

3.5	跳频信号损伤及其估算	53
3.5.1	跳频信号损伤产生原因分析	54
3.5.2	跳频信号损伤比的理论估算	55
3.5.3	跳频信号损伤比的工程测量	57
3.6	实时频率自适应跳频	58
3.6.1	实时自适应跳频的含义及作用	58
3.6.2	实时频率自适应跳频算法	59
3.6.3	实时频率自适应跳频性能分析	62
3.7	跳频通信主要干扰威胁	67
3.7.1	跟踪干扰	68
3.7.2	阻塞干扰	69
3.7.3	其他干扰	72
3.8	跳频通信抗干扰增效措施	73
3.8.1	抗跟踪干扰增效措施	73
3.8.2	抗阻塞干扰增效措施	74
3.8.3	抗多径干扰增效措施	77
3.8.4	有关共用增效措施	77
3.8.5	跳频增效措施小结	81
3.9	跳频体制的特点及适用范围	82
3.9.1	常规跳频体制的特点及适用范围	83
3.9.2	改进型跳频体制的特点及适用范围	85
	本章小结	85
	参考文献	86
第4章	直扩通信工程与实践	90
4.1	直扩通信基本知识	90
4.1.1	直扩通信基本原理	90
4.1.2	单路直扩信号特征	91
4.1.3	直扩通信有关工程概念	93
4.2	直扩处理增益算法修正	100
4.2.1	直扩处理增益已有定义存在的问题	100
4.2.2	直扩处理增益算法修正分析	101
4.3	直扩处理增益对系统能力的影响	102
4.3.1	直扩处理增益对抗干扰能力的影响	102
4.3.2	直扩处理增益对组网能力的影响	103
4.3.3	直扩处理增益对反侦察能力的影响	104
4.4	直扩编码与译码	104
4.4.1	直扩编码与纠错编码的异同点	104
4.4.2	直扩编码方式	105
4.4.3	多进制直扩编码与译码的实现	107
4.5	直扩相关峰衰落概率分布	108

4.5.1	“直扩死区”及其出现的概率	108
4.5.2	相关峰衰落概率分布密度	110
4.6	直扩多径分集及其实现	114
4.6.1	多径分集的基本概念	114
4.6.2	一种简化的直扩多径分集方案	114
4.6.3	直扩多径分集的效果	116
4.7	直扩伪码优选	117
4.7.1	直扩伪码优选的数学模型描述	117
4.7.2	基于0-1规划的直扩伪码优选算法	120
4.7.3	计算机搜索	123
4.8	直扩通信的主要干扰威胁	123
4.8.1	非相关干扰	123
4.8.2	相关干扰	124
4.8.3	其他干扰	125
4.9	直扩通信抗干扰增效措施	125
4.9.1	抗非相关干扰增效措施	125
4.9.2	抗相关干扰增效措施	127
4.9.3	抗多径干扰增效措施	128
4.9.4	有关共用增效措施	129
4.9.5	直扩增效措施小结	130
4.10	直扩体制的特点及适用范围	130
4.10.1	常规直扩体制的特点及适用范围	131
4.10.2	改进型直扩体制的特点及适用范围	133
	本章小结	134
	参考文献	135
第5章	跳码通信工程与实践	139
5.1	跳码通信基本知识	139
5.1.1	跳码通信研究的意义	139
5.1.2	跳码通信基本类型	140
5.1.3	跳码通信基本原理	141
5.2	跳码通信关键技术	146
5.2.1	跳码合成技术	146
5.2.2	跳码图案产生技术	148
5.2.3	跳码同步技术	150
5.2.4	选择跳码速率应考虑的因素	153
5.3	跳码通信体制的扩展	154
5.3.1	跳码/跳频通信体制及基本原理	154
5.3.2	跳码/跳时通信体制及基本原理	155
5.4	跳码通信性能分析	156
5.4.1	跳码通信基本性能	156

5.4.2	跳码通信抗干扰性能	159
5.4.3	跳码通信反侦察性能	166
5.5	跳码通信体制指标体系	169
	本章小结	171
	参考文献	171
第6章	差分跳频通信工程与实践	173
6.1	差分跳频通信基本知识	173
6.1.1	差分跳频通信基本原理	173
6.1.2	差分跳频信号帧结构	174
6.1.3	差分跳频通信体制特点	175
6.2	短波差分跳频最高跳速分析	177
6.2.1	短波差分跳频跳速的制约因素	177
6.2.2	短波天波群时延对跳速的影响	178
6.3	差分跳频 G 函数算法	181
6.3.1	线性 G 函数算法及其性能检验	181
6.3.2	一种改进型 G 函数算法及其性能检验	186
6.4	差分跳频通信中的误码扩散及其校正	188
6.4.1	误码扩散的形成及分类	188
6.4.2	无误码扩散差分跳频映射构造	189
6.5	短波差分跳频信号的频率检测方法	191
6.5.1	影响短波差分跳频信号频率检测的因素	192
6.5.2	基于 STFT 的频率检测方法	193
6.5.3	基于 STFT 与 G 函数相结合的频率检测方法	195
6.5.4	基于小波分析的频率检测方法	198
6.5.5	基于修正周期图的频率检测方法	198
6.5.6	基于 Viterbi 算法的频率检测方法	203
6.6	差分跳频通信抗干扰能力	205
6.6.1	抗阻塞干扰能力	205
6.6.2	抗跟踪干扰能力	205
6.6.3	抗多径干扰能力	206
	本章小结	207
	参考文献	207
第7章	快速高精度位同步技术与实践	209
7.1	位同步的作用机理	209
7.2	常规位同步技术及其存在的问题	209
7.3	一种新型快速位同步技术方案	213
7.3.1	设计思想	213
7.3.2	快速捕获问题	213
7.3.3	环路滤波问题	216
7.3.4	环路切换问题	217

7.4	位同步性能分析	218
7.4.1	基带脉冲的相位抖动	219
7.4.2	一阶环性能分析	219
7.4.3	二阶环性能分析	221
7.4.4	自动切换电路性能分析	227
7.4.5	自动变阶数字锁相环整体性能	230
	本章小结	231
	参考文献	231
第8章	典型通信装备的抗干扰技术体制与实践	233
8.1	典型扩谱技术体制的抗干扰性能比较	233
8.1.1	对典型扩谱技术体制的几点认识	233
8.1.2	典型扩谱技术体制特性的综合比较	234
8.1.3	典型多址方式及其与抗干扰的关系	235
8.2	短波通信及其抗干扰技术体制	239
8.2.1	短波通信的战术使用特点	239
8.2.2	短波通信的发展及需求	239
8.2.3	典型短波模拟通信抗干扰技术体制及其关键技术	241
8.2.4	典型短波数字通信抗干扰技术体制及其关键技术	244
8.2.5	短波跳频非对称跳频频率表技术	251
8.3	超短波通信及其抗干扰技术体制	253
8.3.1	超短波通信的战术使用特点	253
8.3.2	超短波通信的发展及需求	253
8.3.3	典型超短波通信抗干扰技术体制及其关键技术	255
8.4	微波通信抗干扰技术体制	262
8.4.1	微波接力通信的战术使用特点	262
8.4.2	微波接力通信的发展及需求	262
8.4.3	典型微波接力通信抗干扰技术体制及其关键技术	265
8.5	末端通信抗干扰技术体制及其关键技术	274
8.5.1	末端通信的战术使用特点	274
8.5.2	末端通信的发展及需求	275
8.5.3	典型末端通信抗干扰技术体制及其关键技术	276
	本章小结	278
	参考文献	278
第9章	通信网络抗干扰基础与运用	282
9.1	通信网络抗干扰的基本知识	282
9.1.1	通信网络抗干扰的基本概念	282
9.1.2	通信网络抗干扰应用的需求	283
9.1.3	通信网络抗干扰的研究内容	285
9.2	跳频组网方式及其性能分析	287
9.2.1	跳频组网的分类及存在的问题	287

9.2.2	跳频同步组网及其性能分析	288
9.2.3	跳频异步组网及其性能分析	291
9.2.4	跳频正交组网与非正交组网	294
9.2.5	几种组网方式之间的关系及性能比较	294
9.3	跳频电台有效反侦察组网与运用	295
9.3.1	跳频电台反侦察组网的意义	295
9.3.2	跳频网分选概率与跟踪干扰概率	296
9.3.3	跳频电台有效反侦察组网数量	298
9.3.4	高密度跳频异步组网方法及性能分析	299
9.4	跳频电台的组网状态及其转换	304
9.4.1	组网状态和工作状态的划分	304
9.4.2	典型组网状态的转换及其条件	305
9.5	跳频电台协同互通及其运用	306
9.5.1	跳频电台的定频互通	306
9.5.2	跳频电台的跳频互通	307
9.6	干扰椭圆分析及其运用	307
9.6.1	干扰椭圆及其意义	308
9.6.2	干扰椭圆的形成机理	308
9.6.3	干扰椭圆的特点分析	309
9.6.4	干扰椭圆的战术运用	310
9.6.5	干扰椭圆与差分跳频的关系	312
9.7	短波通信组网及其运用	312
9.7.1	对短波通信组网能力的要求	312
9.7.2	短波通信组网的复杂性	313
9.7.3	短波通信网的网络结构	313
9.7.4	短波通信网的协同点及其分布	314
9.7.5	短波跳频组网与运用	316
9.8	战术电台互联网及其运用	318
9.8.1	战术电台互联网与战术互联网的关系	318
9.8.2	战术电台互联网的基本组网要求	318
9.8.3	战术电台互联网的基本组网形式	319
9.9	微波接力机组网及其运用	321
9.9.1	微波接力机与野战地域通信网的关系	321
9.9.2	微波接力机组网要求	321
9.9.3	跳频接力机组网	322
9.9.4	直扩接力机组网	325
9.10	跳码通信组网及其运用	326
9.10.1	跳码同步组网	326
9.10.2	跳码异步组网	327
9.11	差分跳频组网及其运用	327

9.11.1	差分跳频组网参数种类分析	327
9.11.2	差分跳频同步组网特性分析	328
9.11.3	差分跳频异步组网特性分析	334
	本章小结	337
	参考文献	338
第 10 章	跳频通信战场管理控制工程与运用	341
10.1	跳频通信对战场管理控制的需求	341
10.1.1	海湾战争的教训及原因分析	341
10.1.2	跳频通信设备使用特点分析	342
10.1.3	跳频通信战场管理控制目的	343
10.2	跳频通信战场管理控制的体制	345
10.2.1	跳频通信战场管理控制体制的统一性	345
10.2.2	战场电磁频谱的管理控制	346
10.2.3	跳频通信设备的管理控制	346
10.2.4	跳频通信参数的管理控制	347
10.2.5	几种管理控制之间的关系	347
10.2.6	跳频参数的种类及内涵	347
10.3	跳频通信战场管理控制的作战运用	349
10.3.1	管理控制的要素及基本步骤	349
10.3.2	无缝管理控制的需求及原理	350
10.3.3	远程管理控制的需求及原理	351
10.3.4	实时管理控制的需求及原理	352
10.3.5	短波跳频参数管理控制的特殊性	353
10.4	跳频通信战场管理控制对跳频信号特征的影响	354
10.4.1	对跳频信号频域特征的影响	354
10.4.2	对跳频信号时域特征的影响	354
10.4.3	对跳频信号空域特征的影响	354
10.4.4	对跳频信号网域特征的影响	355
	本章小结	355
	参考文献	356
第 11 章	通信抗干扰评估方法与实践	357
11.1	通信抗干扰评估的基本知识	357
11.1.1	评估的基本概念	357
11.1.2	评估方法分类	358
11.2	通信抗干扰评估指标体系	358
11.2.1	层次分析法原理	358
11.2.2	通信抗干扰评估指标体系建立的原则	359
11.2.3	通信抗干扰评估指标体系内容和结构	359
11.3	效能评估方法	363
11.3.1	基本概念	363

11.3.2	评估模型及算法	364
11.3.3	评估范例	366
11.4	灰关联评估方法	367
11.4.1	基本概念	367
11.4.2	评估模型及算法	367
11.4.3	评估范例	369
11.5	模糊综合评估方法	372
11.5.1	基本概念	372
11.5.2	评估模型及算法	373
11.5.3	评估范例	375
11.6	能力指数评估方法	376
11.6.1	基本概念	376
11.6.2	评估模型及算法	377
11.6.3	评估范例	378
11.7	德尔菲评估方法	379
11.7.1	基本概念	379
11.7.2	评估模型及算法	380
11.8	通信对抗演习效果评估方法	380
11.8.1	对抗演习效果评估的意义	380
11.8.2	兰切斯特评估方法	381
11.8.3	平均时效评估方法	383
11.9	几种典型的评估方法比较	385
	本章小结	386
	参考文献	386
第 12 章	通信抗干扰仿真方法与实践	388
12.1	通信抗干扰仿真研究的需求	388
12.1.1	通信抗干扰仿真的意义	388
12.1.2	通信抗干扰仿真的指导思想	389
12.2	通信抗干扰仿真系统基本框架	389
12.2.1	通信抗干扰仿真系统的层次及研究内容	390
12.2.2	通信抗干扰仿真系统的基本组成	390
12.3	链路级抗干扰仿真方法	391
12.3.1	链路级抗干扰仿真平台基本框架	391
12.3.2	跳频通信系统仿真的建模技术	392
12.3.3	短波数字跳频抗干扰仿真方法	395
12.3.4	超短波数字跳频抗干扰仿真方法	398
12.4	通信网络抗干扰仿真方法	401
12.4.1	通信网络级抗干扰仿真平台基本框架	401
12.4.2	通信网络抗干扰的性能指标	403
12.4.3	通信抗干扰网络的物理及数学模型	404

12.4.4	通信网络抗干扰性能仿真	408
12.5	通信电子战仿真方法	409
12.5.1	通信电子战仿真平台基本框架	410
12.5.2	HLA 主要内容	411
12.5.3	仿真平台功能扩展	412
	本章小结	413
	参考文献	413
第 13 章	外军通信电子战装备发展水平及基本态势	415
13.1	外军通信抗干扰典型装备实用水平	415
13.1.1	基于跳频体制的典型装备及其主要指标	415
13.1.2	基于直扩体制的典型装备及其主要指标	420
13.2	外军通信抗干扰装备基本态势	421
13.2.1	外军通信抗干扰装备基本特点	421
13.2.2	外军通信抗干扰装备发展趋势	422
13.3	外军通信电子进攻典型装备实用水平	425
13.3.1	外军通信侦察典型装备及其主要指标	425
13.3.2	外军通信干扰典型装备及其主要指标	429
13.4	外军通信电子进攻装备基本态势	432
13.4.1	外军通信电子进攻装备基本特点	432
13.4.2	外军通信电子进攻装备发展趋势	435
	本章小结	436
	参考文献	437
第 14 章	通信电子进攻与电子防御作战运用	440
14.1	常用通信干扰类型划分	440
14.1.1	通信干扰来源划分	440
14.1.2	通信干扰方式划分	440
14.1.3	通信干扰样式划分	441
14.2	通信电子进攻作战运用	441
14.2.1	通信电子进攻一般作战策略	441
14.2.2	通信电子进攻一般作战程序	444
14.3	通信电子防御作战运用	445
14.3.1	通信电子防御一般作战策略	445
14.3.2	通信电子防御一般战术方法	446
14.4	现代通信电磁欺骗及其使用	451
14.4.1	现代通信电磁欺骗作用意义	451
14.4.2	无线电佯动一般战术方法	452
14.4.3	跳频佯动一般战术方法	453
14.5	复杂电磁环境与通信抗干扰训练	454
14.5.1	复杂电磁环境的实质	454
14.5.2	电磁环境对无线通信的影响	455

14.5.3 复杂电磁环境下的通信抗干扰训练	455
本章小结	457
参考文献	458
第 15 章 信息作战与通信电子防御的发展	459
15.1 信息作战概述	459
15.1.1 信息作战的有关基本概念	459
15.1.2 信息作战的发展历程	460
15.2 伊拉克战争信息作战特点分析	460
15.2.1 美英联军信息作战的优势分析	460
15.2.2 美英联军信息作战的教训分析	462
15.3 无线病毒攻击与通信电子防御	463
15.3.1 无线病毒攻击的基本原理及作用	463
15.3.2 无线病毒防御的基本原理及意义	464
15.3.3 国外无线病毒攻击与防御的研究现状	465
15.4 高功率电磁攻击与通信电子防御	465
15.4.1 高功率电磁脉冲武器攻击的基本原理及特点	465
15.4.2 高功率电磁脉冲对无线电台耦合的范例分析	472
15.4.3 高功率电磁脉冲武器防御的基本原理及措施	477
15.4.4 国外高功率电磁脉冲武器与防御的研究现状	479
15.5 新型作战理论与通信电子防御	480
15.5.1 作战理论与通信电子防御的关系	480
15.5.2 作战理论与通信电子防御的适应性	480
15.6 通信电子防御的发展	483
15.6.1 通信电子防御框架结构的形成	483
15.6.2 通信电子防御发展策略的讨论	485
本章小结	493
参考文献	493
缩略语	497