



信息科学与工程系列专著

# 通信抗干扰工程与实践 (第2版)

Communication Anti-jamming  
Engineering and Practice, Second Edition

姚富强 著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

信息科学与工程系列专著

# 通信抗干扰工程与实践 (第2版)

Communication Anti-jamming  
Engineering and Practice, Second Edition



**姚富强** 1957年5月生,安徽枞阳人,1982年大学毕业并获学士学位,1990年和1993年在西安电子科技大学分别获硕士和博士学位,2000年至2001年在国外做访问教授。现为总参第六十三研究所研究员、博士生导师,清华大学、北京理工大学和哈尔滨工业大学兼职教授,中国电子学会会士,中国通信学会会士,ITU-R5C国内工作组副组长,解放军理工大学首席教授。研究领域:通信抗干扰。已获国家科技进步二等奖和军队科技进步一等奖多项、国家发明专利10余项,发表论文200余篇,国际检索收录50余篇次,出版著作3部。享受政府特殊津贴,江苏省中青年首席科学家,立二等功多次。



责任编辑:张来盛  
责任美编:孙焱津

ISBN-978-7-121-17309-7



9 787121 173097 >

定价: 99.00 元

工业和信息产业科技与教育专著出版资金 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

(第 2 版)

Communication Anti-jamming Engineering and Practice  
Second Edition

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中的某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,以及新型作战理论与通信抗干扰的发展等。

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主要成果。

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. —2版. —北京:电子工业出版社,2012.6

(信息科学与工程系列专著)

ISBN 978-7-121-17309-7

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(2012)第121232号

责任编辑:张来盛(zhangls@phei.com.cn)

印 刷:涿州市京南印刷厂  
装 订:

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:31.25 字数:800千字

印 次:2012年6月第1次印刷

印 数:3000册 定价:99.00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@s@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

## 第 2 版前言

通信抗干扰是复杂电磁环境下（含人为有意干扰、人为无意干扰、工业干扰和自然干扰等）无线通信生存能力的核心问题，其作用在和平时期不易体现，在战时却是成败之举、生死之差。很多场合的民用通信也需要采取相应的抗干扰措施。

本书总结了二十多年来作者在通信抗干扰工程实践和指导研究生工作中的主要研究体会，以及通信抗干扰领域国内外的研究进展。第 1 版自 2008 年 12 月出版发行以来，得到了广大读者的关注和厚爱。从读者反馈的情况来看，本书对于解决相关读者在工作中遇到的不少问题和困惑提供了有益的帮助，对推动本领域的发展发挥了积极的作用；有关专家对本书的可读性、理论性、实践性、实用性以及深度与广度都给予了充分的肯定和鼓励。所有这些都让作者感到非常欣慰。

为了更好地适应行业的发展和读者的需求，本书在第 1 版的基础上进行了修改和补充，增加了有关必要的内容，对于略显重复和随着时间的推移而实用价值不大的内容进行了精简或删除，完善了表述不够准确的内容，对个别图表、格式和量纲进行了规范处理，全面改写了第 15 章，增补了新的参考文献。

由于技术的发展和篇幅的限制，第 2 版仍难以涵盖通信抗干扰的全部内容，尚有一些新的问题需要进一步深入研究，如：解决抗干扰与频谱资源矛盾的途径，动态频谱抗干扰，网络抗干扰，军事通信新威胁和电磁频谱安全等。为此，书中指出和初步讨论了一些重要的最新发展，供读者阅读时参考，并欢迎交流。

多年来，作者在通信抗干扰领域取得一些研究成果，这主要得益于导师的指导、前辈们的引领、上级机关与合作单位的大力支持和科研团队及众多专家的热情帮助；在本书的出版过程中，有关专家诚恳地提出了一些非常好的修改意见，电子工业出版社及相关编辑给予了大力支持。此外，“工业和信息产业科技与教育专著出版资金”对本书的出版给予了资助。作者在此一并表示深深的感谢！

由于作者水平有限，本书难免还存在缺点和错误。恳请广大读者能继续关心本书，并提出宝贵意见。谢谢！

作 者

2012 年 5 月

# 目 录

<b>第 1 章 通信抗干扰概述</b> .....	(1)
1.1 通信抗干扰的作战需求分析 .....	(1)
1.1.1 军用通信与民用通信的根本区别 .....	(1)
1.1.2 通信抗干扰的作用地位 .....	(2)
1.2 通信抗干扰覆盖范围的扩展 .....	(2)
1.2.1 通信抗干扰装备范围的扩展 .....	(3)
1.2.2 通信抗干扰空间范围的扩展 .....	(4)
1.3 通信抗干扰技术体制的定义 .....	(5)
1.3.1 通信抗干扰技术体制的已有定义 .....	(5)
1.3.2 通信抗干扰技术体制的定义修正 .....	(6)
1.4 通信抗干扰技术体制的分类 .....	(7)
1.4.1 扩谱通信抗干扰技术体制 .....	(7)
1.4.2 非扩谱通信抗干扰技术体制 .....	(7)
1.4.3 多种通信抗干扰措施之间的关系 .....	(8)
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)
<b>第 2 章 通信干扰与抗干扰基本理论及其局限性</b> .....	(15)
2.1 通信干扰的基本理论 .....	(15)
2.1.1 常规最佳通信干扰理论 .....	(15)
2.1.2 两种信号体积的较量 .....	(15)
2.2 常规通信干扰理论的局限性和价值 .....	(16)
2.2.1 常规通信干扰理论的局限性 .....	(16)
2.2.2 常规通信干扰理论的价值 .....	(17)
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 .....	(18)
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)
2.4.1 常规扩谱通信干扰理论的局限性 .....	(23)
2.4.2 常规扩谱通信抗干扰理论的价值 .....	(24)
本章小结 .....	(24)
参考文献 .....	(25)
<b>第 3 章 跳频通信工程与实践</b> .....	(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处理方法	(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)
<b>第4章</b>	<b>直扩通信工程与实践</b>	<b>(90)</b>
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	(105)
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)
<b>第5章</b>	<b>跳码通信工程与实践</b>	<b>(139)</b>
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	(155)
5.4.1	跳码通信基本性能	(156)
5.4.2	跳码通信抗干扰性能	(158)
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)
<b>第6章</b>	<b>差分跳频通信工程与实践</b>	(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)
<b>第7章</b>	<b>快速高精度位同步技术与实践</b>	(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	(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)
<b>第 8 章</b>	<b>典型通信装备的抗干扰技术体制与实践</b> .....	(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)
<b>第 9 章</b>	<b>通信网络抗干扰基础与运用</b> .....	(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 .....	(287)
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)
<b>第10章</b>	<b>跳频通信战场管理控制工程与运用</b>	<b>(341)</b>
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)
<b>第 11 章</b>	<b>通信抗干扰评估方法与实践</b>	<b>(357)</b>
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	通信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)
<b>第 12 章</b>	<b>通信抗干扰仿真方法与实践</b>	(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	(407)
12.5	通信电子战仿真方法	(408)
12.5.1	通信电子战仿真平台基本框架	(409)
12.5.2	HLA 主要内容	(410)
12.5.3	仿真平台功能扩展	(411)
	本章小结	(412)
	参考文献	(412)
<b>第 13 章</b>	<b>外军通信电子战装备发展水平及基本态势</b>	(414)
13.1	外军通信抗干扰典型装备实用水平	(414)
13.1.1	基于跳频体制的典型装备及其主要指标	(414)
13.1.2	基于直扩体制的典型装备及其主要指标	(419)
13.2	外军通信抗干扰装备基本态势	(420)
13.2.1	外军通信抗干扰装备基本特点	(420)
13.2.2	外军通信抗干扰装备发展趋势	(421)
13.3	外军通信电子进攻典型装备实用水平	(424)
13.3.1	外军通信侦察典型装备及其主要指标	(424)
13.3.2	外军通信干扰典型装备及其主要指标	(430)
13.4	外军通信电子进攻装备基本态势	(434)

13.4.1	外军通信电子进攻装备基本特点	(434)
13.4.2	外军通信电子进攻装备发展趋势	(437)
	本章小结	(439)
	参考文献	(439)
<b>第14章</b>	<b>通信电子进攻与电子防御作战运用</b>	<b>(442)</b>
14.1	常用通信干扰类型划分	(442)
14.1.1	通信干扰来源划分	(442)
14.1.2	通信干扰方式划分	(442)
14.1.3	通信干扰样式划分	(443)
14.2	通信电子进攻作战运用	(443)
14.2.1	通信电子进攻一般作战策略	(443)
14.2.2	通信电子进攻一般作战程序	(446)
14.3	通信电子防御作战运用	(447)
14.3.1	通信电子防御一般作战策略	(447)
14.3.2	通信电子防御一般战术方法	(448)
14.4	现代通信电磁欺骗及其使用	(453)
14.4.1	现代通信电磁欺骗作用意义	(453)
14.4.2	无线电佯动一般战术方法	(454)
14.4.3	跳频佯动一般战术方法	(455)
14.5	复杂电磁环境与通信抗干扰训练	(456)
14.5.1	复杂电磁环境的实质	(456)
14.5.2	电磁环境对无线通信的影响	(457)
14.5.3	复杂电磁环境下的通信抗干扰训练	(457)
	本章小结	(459)
	参考文献	(460)
<b>第15章</b>	<b>新型作战理论与通信抗干扰的发展</b>	<b>(461)</b>
15.1	新型作战理论与通信电子防御的关系	(461)
15.2	通信电子防御的典型战术需求	(461)
15.2.1	网络中心战理论与通信电子防御的战术需求	(462)
15.2.2	全谱作战理论与通信电子防御的战术需求	(462)
15.2.3	非对称作战理论与通信电子防御的战术需求	(463)
15.2.4	非接触作战理论与通信电子防御的战术需求	(463)
15.2.5	非线性作战理论与通信电子防御的战术需求	(464)
15.2.6	精确打击作战理论与通信电子防御的战术需求	(464)
15.3	通信电子防御的典型技术需求	(465)
15.3.1	地面、海面及近空通信电子防御的典型技术需求	(465)
15.3.2	卫星通信电子防御的典型技术需求	(465)
15.4	通信电子防御的发展	(466)
15.4.1	通信电子防御框架结构的形成	(466)
15.4.2	通信电子防御发展策略的讨论	(468)
	本章小结	(475)
	参考文献	(475)
	缩略语	(477)

# 第1章 通信抗干扰概述

本章内容属于顶层研究的范畴。在分析通信抗干扰作战需求的基础上，阐述通信抗干扰内容的扩展，修正通信抗干扰技术体制的定义，介绍通信抗干扰技术体制的分类及其选择的原则，最后论述几个基本概念及其相互之间的关系，以帮助读者对通信抗干扰的顶层设计、发展态势和基本概念有初步的了解。

## 1.1 通信抗干扰的作战需求分析

分析通信抗干扰的作战需求，关键在于如何认识军用通信的特点、与民用通信的根本区别和通信抗干扰的作用地位。

### 1.1.1 军用通信与民用通信的根本区别

从一般意义上讲，军用通信（或称为军事通信）与民用通信的根本区别在于军用通信必须具有顽强的战时生存能力<sup>[1]</sup>，尤其是在复杂电磁环境下的生存能力。无线通信是战时的主要信息传输手段，其生存能力主要表现在抗干扰、反侦察、抗截获和抗摧毁等方面。随着武器装备的发展、新型作战样式的出现以及多军兵种联合作战的需要，战场打击力度和准确性显著增强，战场横向信息流迅速增加，部队机动和部署的时间大大缩短。因此，军用通信装备除了应具备顽强的生存能力以外，还要具备很好的快速机动性能和协同互通能力。这就要求对军用通信装备的多重需求进行一体化的联合设计，以全面提高其整体电子防御作战能力。特别是海湾战争结束后，世界各国充分认识到提高军用通信装备综合性能的重要性，纷纷投入巨资发展高性能军用通信新装备，高性能军用通信装备已经成为体现国力和军队战斗力的一个新的竞赛场。

试举一个容易理解的例子。民用移动通信手机使用广泛，且平时通信效果好、使用方便，那么有人会问：既然手机这么方便，为什么不给军队每人发一部手机，还要搞那么多复杂的军用通信装备呢？实际上，正是由于民用手机缺乏以下几方面的战时生存能力，不能或很难作为战时使用：

(1) 民用手机没有抗人为干扰的措施，且采用固定频率，一旦遭受干扰，通信就随之中断。比如，在一些会场和演习中，只要放置一部简单的手机干扰器，手机通信便立即失灵。

(2) 民用手机依赖于众多的基站，尽管可以跨区域漫游，但仍属于小区体制，且各基站之间主要靠光缆连接，抗毁性没有保证，战时一旦基站被摧毁，通信便无法进行，更何况军队作战的机动性强，属于陆、海、空等多维空间的大区制通信，不能保证在作战区域都有基站。

(3) 手机信号没有加密措施，且信号单一、特征透明，容易被侦察和截获。

然而，在没有人对抗性或人为对抗性较弱的场合，军队也可以使用一些民用通信设施，以增加军队的通信容量和共享国家信息化建设资源，比如非战争军事行动、和平时期的日常办公以及战时的有关常规信息传输等，但需要考虑和解决信息加密、军民用通信的相关

接口以及民用通信设施的征用法规等问题。尽管如此，根据军队的核心军事任务，应坚持以军用通信装备为主，民用通信设备为辅的原则<sup>[2]</sup>。

### 1.1.2 通信抗干扰的作用地位

众所周知，战争中若没有通信，就没有指挥。在现代信息作战中，面对作战指挥和通信电子战的需求，军用通信的内涵又大大扩展了，主要表现在两个方面：一是从传输上升到信息服务，二是从保障上升到防御作战。

在军用通信装备的众多需求中，抗干扰能力是最基本的要求。这是由于通信电子战是决定现代战争胜负的重要因素，已发展成为异常激烈的第四维空间的战争，并且是一种无声的战场。我们清醒地看到，外军在通信侦察、通信截获、通信干扰和新概念武器等方面同步发展，技术水平和快速反应能力不断提高<sup>[3-7]</sup>。近些年来，新型作战理论和作战平台不断出现，电子进攻武器已覆盖几乎所有军用通信频段，尤其是全时空、全天候的侦察技术、新的灵巧干扰技术和高功率电磁脉冲攻击技术等，形成了新的电子进攻“软”、“硬”杀伤态势（本书称之为广义干扰），拥有、使用和隐蔽通信电磁频谱信号变得十分困难，对军用通信装备在未来信息化战争中正常工作形成了严重的威胁，必然出现争夺制电磁频谱权的殊死斗争。可见，在现代战争条件下，通信抗干扰已从一种保障手段或战斗力的倍增器，发展到电磁频谱作战空间的一种主要防御作战手段，也是一种实实在在的战斗力的倍增器，其装备已成为电子对抗战场的主战武器之一。由于电磁频谱空间的开放性，谁都可以使用，什么样的手段都可以采用，可以导演出千变万化的战争剧本。因此，军用通信如何在这一开放的空间中生存并发挥应有的作用，是各国军事家关心的一个重要问题。

目前，国内外都在大力推进新军事变革和军队信息化建设。通信抗干扰在军队信息化建设中占有十分重要的地位。因为战时任何信息的传输以及信息系统与武器平台之间的链接都离不开无线通信，它必然成为战争双方软硬杀伤的重点目标。如果无线通信不能在恶劣的电磁环境中生存，那就意味着军队的信息系统在战时不能有效地运行，因而通信抗干扰已成为信息作战关注的焦点和难点问题。无论是主战通信装备，还是各种平台与信息系统之间以及不同的信息系统之间的连接，都应采取相应的抗干扰手段。所以，加强通信抗干扰理论和实践的研究，既是军用通信技术发展的需要和军事斗争准备迫切的要求，也是军队信息化建设和信息作战的一个重要方面。

另外，频谱的需求是无限的，而频谱资源是有限的。随着通信技术的发展，民用无线电用户迅速增加，使得无线电频谱越来越紧张和拥挤，不少民用无线电通信占用的频谱进入了军用频段，给军用无线通信装备造成了严重的干扰，在城市和郊区尤为严重。这是军用无线通信在新的历史时期需要考虑的一个新的问题，不能说一种通信装备可以抗敌方干扰，而不能抗来自民用通信的干扰，或只能在边远地区使用，而不能在城市和郊区使用，即：通信装备不仅要考虑抵抗敌方的人为有意干扰，还要考虑抗人为无意干扰、工业干扰和自然干扰。

经过几十年的艰苦努力，我国通信抗干扰技术和装备取得了较大的发展。但是，通信抗干扰是一个无止境的研究课题，涉及基础理论、技术体制、关键技术、性能评估、战场管控和组织运用等一系列问题，并随着“矛”的发展而发展。

## 1.2 通信抗干扰覆盖范围的扩展

随着战争形态和信息技术的发展，通信抗干扰覆盖范围大大扩展了，主要表现在装备范围扩展和空间范围扩展两个方面。



### 1.2.1 通信抗干扰装备范围的扩展

通信抗干扰的历史可以追溯到第一次世界大战，典型的战例<sup>[8]</sup>是1914年英、德两国在地中海一场海战中的通信电子战行动，德舰向英舰发射了与英舰无线电通信频率相同的噪声干扰，英舰多次人工改变通信频率企图避开干扰，从此拉开了人类历史上通信抗干扰的序幕。

在很长的一段时间内，军用通信主要采用战术抗干扰手段，即利用干扰空隙，进行手动改频、按协议换频或加大功率硬抗等。后来逐步出现了技术抗干扰手段，尤其是自20世纪60~70年代人们正式认识扩展频谱通信的概念<sup>[9]</sup>以后，加上数字通信、新型器件和自适应等现代技术的逐步应用，通信抗干扰技术及其装备发展迅速，至今为止已基本完成了以下几个方面的转变<sup>[2,10-13]</sup>：

(1) 从模拟通信抗干扰，发展到数字通信抗干扰。所谓模拟通信和数字通信是针对信道而言的，分别对应于信道中传输的是模拟信号和数字信号。模拟通信和数字通信采用的抗干扰手段是不尽相同的，一般来说，模拟通信采取的抗干扰手段受到较大的限制，而适应于数字通信的抗干扰手段较多，工程实现也较方便。

(2) 从语音通信抗干扰，发展到语音通信和数据通信抗干扰并列。语音通信和数据通信是针对终端和通信业务而言的。基于信道的模拟通信和数字通信都可以实现语音通信和数据通信。信息化战争对数据通信的需求越来越高，但仍然少不了语音通信。在工程中，要根据信道传输体制和通信业务需求，对通信抗干扰采用合理的设计，包括抗干扰技术体制的选择和新技术的应用。

(3) 从战术通信抗干扰，发展到战术、战役和战略无线通信抗干扰并举。基于以前的常规作战样式，人们一般认为<sup>[1]</sup>：战役、战略通信的重点问题是信息保密和安全，战术无线通信的重点问题是反侦察和抗干扰。然而，随着精确制导、远程打击和“非接触”作战样式的出现，通信干扰已由战术型装备发展到战役、战略型装备，并且战役、战略通信的信号覆盖范围广，对其侦察和干扰更容易，通信抗干扰必须向战役、战略无线通信装备扩展<sup>[4]</sup>。由于协同通信的需要，相同频段的不同类型的无线通信装备需要采取相同的通信技术体制和抗干扰技术体制，以实现互联互通。

(4) 从通信链路（信道）抗干扰，发展到网络、网系抗干扰。一般意义上的通信抗干扰是指通信设备传输信道的抗干扰，或称通信链路抗干扰，而现代战争需要追求和实现网络及网系层次上的抗干扰，以提高无线通信网络和网系的整体抗干扰能力。

(5) 从无线电台抗干扰，发展到更大范围的机动通信抗干扰。在信息作战背景下，机动通信的内涵及范围已由传统的“车载非动中通”通信扩展到无线电台、微波接力、移动通信、数据链、空中转信、卫星通信以及一些特殊无线通信手段等，同时也包括由这些设备或系统组成的网络及网系，如战术互联网、战术电台互联网、野战地域通信网、野战综合业务数字网等，并与国防网、军用电话网等互联互通，有些还与移动武器平台直接链接。

实际上，当今机动通信的概念可以理解为是传统野战通信概念的扩展，装备形式和承载平台也已扩展到陆基（手持/背负/车载/固定台站）、海基（舰载/水下平台）、空基（机载/无人机载/平流层平台/系留气球平台）、星载（卫星平台、深空飞行器平台）以及武器平台的嵌入式等，已包含了所有战术、战役和战略等不同层次的、不同承载平台的战场信息传