



高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

# 通信对抗原理

冯小平 李鹏 杨绍全 编著



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

# 通信对抗原理

冯小平 李 鹏 杨绍全 编著

西安电子科技大学出版社

2009

## 内 容 简 介

本书重点介绍通信对抗系统中对通信信号的截获、定位、处理、干扰的基本原理和方法。其主要内容包括通信信号的频率测量、到达方向测量和定位技术,通信侦察系统的信号处理技术,对模拟和数字通信系统的通信干扰的基本原理与技术,对扩频通信系统、通信链路和通信网等特殊通信系统的对抗技术等。

本书既可作为高等学校信息对抗技术专业本科生、研究生通信对抗课程的教材,也可作为通信对抗及相关领域的科技人员的参考书。

★ 本书配有电子教案,有需要的老师可与出版社联系,免费提供。

### 图书在版编目(CIP)数据

通信对抗原理/冯小平,李鹏,杨绍全编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2009.8  
高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2320-7

I. 通… II. ①冯… ②李 ③杨… III. 通信对抗—高等学校—教材 IV. TN975

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 124832 号

策 划 毛红兵

责任编辑 寇向宏 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 20.375

字 数 478千字

印 数 1~4000册

定 价 29.00元

ISBN 978-7-5606-2320-7/TN·0533

**XDUP 2612001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

**西安电子科技大学出版社**  
**高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材**  
**编审专家委员会名单**

**主任:** 杨 震 (南京邮电大学校长、教授)

**副主任:** 张德民 (重庆邮电大学通信与信息工程学院副院长、教授)

秦会斌 (杭州电子科技大学电子信息学院院长、教授)

**通信工程组**

**组 长:** 张德民 (兼)

**成 员:** (成员按姓氏笔画排列)

王 晖 (深圳大学信息工程学院副院长、教授)

巨永锋 (长安大学信息工程学院副院长、教授)

成际镇 (南京邮电大学通信与信息工程学院副院长、副教授)

刘顺兰 (杭州电子科技大学通信工程学院副院长、教授)

李白萍 (西安科技大学通信与信息工程学院副院长、教授)

张邦宁 (解放军理工大学通信工程学院卫星系系主任、教授)

张瑞林 (浙江理工大学信息电子学院院长、教授)

张常年 (北方工业大学信息工程学院院长、教授)

范九伦 (西安邮电学院信息与控制系系主任、教授)

姜 兴 (桂林电子科技大学信息与通信学院副院长、教授)

姚远程 (西南科技大学信息工程学院副院长、教授)

康 健 (吉林大学通信工程学院副院长、教授)

葛利嘉 (中国人民解放军重庆通信学院军事信息工程系系主任、教授)

**电子信息工程组**

**组 长:** 秦会斌 (兼)

**成 员:** (成员按姓氏笔画排列)

王 荣 (解放军理工大学通信工程学院电信工程系系主任、教授)

朱宁一 (解放军理工大学理学院基础电子学系系主任、工程师)

李国民 (西安科技大学通信与信息工程学院院长、教授)

李邓化 (北京信息工程学院信息与通信工程系系主任、教授)

吴 谨 (武汉科技大学信息科学与工程学院电子系系主任、教授)

杨马英 (浙江工业大学信息工程学院副院长、教授)

杨瑞霞 (河北工业大学信息工程学院院长、教授)

张雪英 (太原理工大学信息工程学院副院长、教授)

张 彤 (吉林大学电子科学与工程学院副院长、教授)

张焕君 (沈阳理工大学信息科学与工程学院副院长、副教授)

陈鹤鸣 (南京邮电大学光电学院院长、教授)

周 杰 (南京信息工程大学电子与信息工程学院副院长、教授)

欧阳征标 (深圳大学电子科学与技术学院副院长、教授)

雷 加 (桂林电子科技大学电子工程学院副院长、教授)

**项目策划:** 毛红兵

**策 划:** 曹 昉 寇向宏 杨 英 郭 景



信息对抗是近年来得到迅速发展的学科之一，作为信息对抗学科的重要方向之一的通信对抗的发展，受到了国内外专家的重视。为适应信息对抗领域的发展和进步，国内很多高等院校相继设立了信息对抗技术专业。西安电子科技大学从2000年开始，恢复了信息对抗专业，目前已经设立了包括本科、硕士和博士在内的信息对抗方向的完整的培养体系。为了满足学科建设和人才培养的需要，我们在总结多年通信对抗系统研究成果的基础上，汲取了国内外专家和同行的研究成果，完成了这本通信对抗原理教材的编写工作。

作为面向信息对抗技术专业本科生和研究生的教材，本书在内容的选取和安排上，侧重于介绍通信对抗系统的基本原理和信号处理技术。其基本特点是，全面地反映了近几年通信对抗领域的研究成果，力求使通信对抗系统的理论知识系统化、条理化；系统地介绍了通信对抗系统先进的信号处理原理和技术，反映信号处理软件化和数字化的趋势。在重点介绍通信对抗系统中对通信信号的截获、定位、处理、干扰的基本原理和方法的基础上，还介绍了通信对抗领域的新的发展方向和新的研究成果，以拓展学生的知识面，熟悉和掌握通信对抗系统的基本理论和分析方法。

本书分为8章，第1章为绪论，简单介绍通信对抗领域的基本特点。之后通过三部分介绍通信对抗系统的组成原理和技术。第一部分为通信侦察原理和技术，包括第2~5章，分别介绍通信侦察系统的测频、测向、信号处理和侦察截获方程等内容；第二部分为通信干扰原理和技术，包括第6、7章，分别介绍通信干扰技术和干扰效果评估技术；第三部分为对特殊通信系统的对抗技术(第8章)，介绍对扩频通信、数据链和通信网的对抗技术。

本书既可作为高等学校信息对抗技术专业本科生、研究生通信对抗课程的教材，也可作为相关领域的科技人员的参考书。通信对抗是信息对抗技术专业的必修课，其先修课程为电子线路、随机信号分析、通信原理、雷达对抗原理等。后续课程为信息战导论、信息对抗新技术等。本书内容丰富，授课教师可以根据教学大纲要求进行选择，介绍主要内容或者全部内容。作者建议对本科生只介绍前7章的主要内容。

本书由冯小平、李鹏和杨绍全共同编著。杨绍全教授负责第1章、李鹏教授负责第3章、冯小平教授负责其余各章的编写工作并统编全书。赵国庆教授参与了编写大纲的评审，并且仔细地审阅了全书，提出了许多宝贵的建议，作者在此表示衷心的感谢。电子工程学院的研究生张亚苹、卢璐参与了部分图表的仿真和绘制工作，作者在此也对他们的工

作表示衷心的感谢。本书的出版列入了学校“十一五”重点教材计划，编写过程中得到了学校有关部门的支持和帮助，同时也得到了西安电子科技大学出版社领导和编辑的大力支持与帮助，作者在此对他们的工作再次表示衷心的感谢。

由于水平和时间的限制，书中难免存在不完善之处，敬请专家和读者指正。

作 者

2009年6月于西安电子科技大学



# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 通信对抗概述 .....	1
1.2 通信对抗的含义 .....	3
1.3 通信对抗系统的组成和分类 .....	4
1.3.1 通信对抗系统的组成 .....	4
1.3.2 通信对抗系统的分类 .....	7
1.4 通信对抗系统的特点 .....	7
1.4.1 信号环境 .....	7
1.4.2 通信对抗系统的工作特点 .....	9
1.4.3 无线电频段划分 .....	10
1.5 通信对抗系统的主要技术指标 .....	11
1.6 通信侦察的应用领域 .....	12
1.6.1 通信侦察在非军事领域的应用 .....	12
1.6.2 通信对抗在军事领域的应用 .....	12
习题 .....	14
第 2 章 通信侦察和通信信号频率的测量 .....	15
2.1 通信侦察系统概述 .....	15
2.1.1 通信侦察系统的含义、分类和特点 .....	15
2.1.2 通信侦察系统的任务 .....	17
2.1.3 通信侦察系统的用途 .....	19
2.1.4 通信侦察的关键技术和发展趋势 .....	21
2.1.5 通信侦察系统的组成 .....	22
2.1.6 通信侦察系统的主要技术指标 .....	23
2.2 通信系统和通信信号的基本特点 .....	25
2.2.1 通信系统的组成和特点 .....	25
2.2.2 模拟通信信号基本类型和特点 .....	27
2.2.3 数字通信信号基本类型和特点 .....	30
2.3 频率测量的技术指标和分类 .....	34
2.3.1 频率测量的主要技术指标 .....	35
2.3.2 频率测量技术分类 .....	36
2.4 通信信号频率的直接检测方法 .....	36
2.4.1 频率搜索接收机的基本原理 .....	36
2.4.2 频率搜索方式 .....	38
2.4.3 频率搜索时间和速度 .....	39
2.4.4 信道化接收机 .....	40

2.5 通信信号频率的变换域检测方法 .....	44
2.5.1 声光接收机 .....	44
2.5.2 压缩接收机 .....	47
2.6 通信信号的数字化测频方法 .....	51
2.6.1 数字化技术基础 .....	51
2.6.2 宽带数字化接收机 .....	55
2.6.3 数字信道化接收机 .....	58
2.6.4 数字测频算法 .....	61
习题 .....	63
<b>第3章 通信信号的测向与定位</b> .....	<b>64</b>
3.1 测向与定位概述 .....	64
3.1.1 通信辐射源测向系统组成 .....	64
3.1.2 通信测向和定位技术分类 .....	65
3.1.3 通信测向和定位设备的主要指标 .....	65
3.2 测向天线 .....	66
3.2.1 概述 .....	66
3.2.2 线天线 .....	68
3.2.3 口径天线 .....	70
3.2.4 有源天线 .....	71
3.2.5 阵列天线 .....	71
3.3 振幅法测向 .....	72
3.3.1 最大幅度法 .....	72
3.3.2 最小振幅法 .....	74
3.3.3 单脉冲比幅法 .....	74
3.3.4 沃森-瓦特比幅法 .....	75
3.4 相位法测向 .....	78
3.4.1 单基线干涉仪测向 .....	78
3.4.2 一维多基线相位干涉仪测向 .....	79
3.4.3 二维圆阵相位干涉仪测向 .....	80
3.5 相关干涉仪测向 .....	82
3.5.1 双通道相关干涉仪的组成 .....	82
3.5.2 双通道相关干涉仪的测向过程 .....	83
3.5.3 相关干涉仪的特点 .....	83
3.6 多普勒测向 .....	84
3.6.1 多普勒效应 .....	84
3.6.2 多普勒测向原理 .....	84
3.6.3 数字化多普勒测向 .....	86
3.7 到达时差测向 .....	87
3.7.1 到达时间差测向的基本原理 .....	87
3.7.2 相关法时差测量 .....	88
3.7.3 循环自相关法时差测量 .....	88
3.8 空间谱估计测向 .....	91



3.8.1 均匀线阵 .....	91
3.8.2 MUSIC 算法 .....	92
3.9 通信辐射源定位 .....	94
3.9.1 测向定位技术 .....	94
3.9.2 时差定位技术 .....	96
3.9.3 差分多普勒定位 .....	97
3.9.4 联合定位 .....	99
习题 .....	99
<b>第 4 章 通信侦察系统的信号处理</b> .....	<b>100</b>
4.1 概述 .....	100
4.2 通信信号参数的测量分析 .....	100
4.2.1 通信信号的载频测量分析 .....	101
4.2.2 信号的带宽测量分析 .....	103
4.2.3 信号的电平测量分析 .....	104
4.2.4 AM 信号的调幅度测量分析 .....	104
4.2.5 FM 信号的最大频偏测量分析 .....	105
4.2.6 通信信号的瞬时参数分析 .....	106
4.2.7 MFSK 信号频移间隔测量分析 .....	107
4.2.8 码元速率测量分析 .....	108
4.3 通信信号调制类型识别 .....	112
4.3.1 调制类型识别概述 .....	112
4.3.2 常用通信信号的瞬时特征 .....	115
4.3.3 基于统计矩的模拟通信信号调制识别 .....	123
4.3.4 基于统计矩的数字通信信号调制识别 .....	126
4.3.5 基于统计矩的通信信号调制识别 .....	131
4.3.6 基于统计参数的通信信号调制识别 .....	133
4.3.7 基于高阶累积量的通信信号调制识别 .....	137
4.3.8 基于星座图的数字通信信号识别 .....	139
4.4 通信信号解调 .....	140
4.4.1 概述 .....	140
4.4.2 MFSK 信号盲解调 .....	142
4.4.3 MPSK 信号盲解调 .....	143
4.4.4 幅度调制信号盲解调 .....	145
习题 .....	146
<b>第 5 章 通信侦察系统的灵敏度和作用距离</b> .....	<b>148</b>
5.1 通信侦察接收机灵敏度 .....	148
5.1.1 噪声系数 .....	148
5.1.2 接收机灵敏度 .....	149
5.2 通信侦察系统的作用距离 .....	150
5.2.1 自由空间电波传播模型 .....	150
5.2.2 地面反射传播模型 .....	151

5.2.3 侦察作用距离 .....	152
5.3 通信侦察系统的截获概率 .....	153
习题 .....	154
<b>第 6 章 通信干扰原理</b> .....	<b>155</b>
6.1 通信干扰系统的组成和分类 .....	155
6.1.1 通信干扰的基本概念 .....	155
6.1.2 通信干扰的特点 .....	157
6.1.3 通信干扰系统的组成和工作流程 .....	158
6.1.4 通信干扰的分类 .....	160
6.1.5 通信干扰系统的主要技术指标 .....	161
6.2 通信干扰体制和基本原理 .....	162
6.2.1 通信干扰体制 .....	162
6.2.2 通信干扰的基本原理 .....	163
6.2.3 有效干扰准则和干扰能力 .....	166
6.3 通信干扰样式 .....	170
6.3.1 压制式通信干扰样式 .....	170
6.3.2 欺骗式通信干扰样式 .....	185
6.4 对模拟通信信号的干扰技术 .....	189
6.4.1 对 AM 通信信号的干扰 .....	189
6.4.2 对 FM 通信信号的干扰 .....	193
6.4.3 对 SSB 通信信号的干扰 .....	195
6.5 对数字通信信号的干扰技术 .....	197
6.5.1 对 2ASK 通信信号的干扰 .....	197
6.5.2 对 2FSK 通信信号的干扰 .....	200
6.5.3 对 2PSK 通信信号的干扰 .....	206
习题 .....	210
<b>第 7 章 通信干扰方程和干扰效果评价</b> .....	<b>212</b>
7.1 通信干扰方程 .....	212
7.1.1 理想条件下的通信干扰方程 .....	212
7.1.2 修正的通信干扰方程 .....	213
7.1.3 通信干扰有效辐射功率计算 .....	214
7.1.4 干扰压制区分析 .....	216
7.2 通信干扰效果评价准则 .....	219
7.2.1 概述 .....	219
7.2.2 干扰效果评价准则 .....	220
7.3 通信干扰效能检测和评估方法 .....	222
7.3.1 对语音通信系统干扰效能的检测和评估 .....	222
7.3.2 对数字通信系统干扰效能的检测和评估 .....	225
7.4 对语音信号质量的客观评价方法 .....	226
7.4.1 概述 .....	226
7.4.2 语音信号的失真测度 .....	229

7.4.3 基于 Mel 谱失真测度的干扰效果评价 .....	232
7.5 通信干扰效能评估的仿真技术 .....	238
7.5.1 通信干扰效能评估的物理仿真 .....	238
7.5.2 通信干扰效能检测与评估的计算机仿真 .....	242
习题 .....	245
<b>第 8 章 对特殊通信系统的对抗技术 .....</b>	<b>247</b>
8.1 概述 .....	247
8.2 扩频通信系统及其特点 .....	248
8.2.1 直接序列扩频(DSSS) .....	248
8.2.2 跳频扩频(FHSS) .....	249
8.2.3 跳时扩频(THSS) .....	251
8.3 直接序列扩频通信系统对抗技术 .....	252
8.3.1 直接序列扩频通信信号的截获技术 .....	252
8.3.2 直扩信号参数估计和解扩技术 .....	258
8.3.3 对直接序列扩频通信系统的干扰 .....	259
8.4 跳频通信系统对抗技术 .....	269
8.4.1 跳频通信信号的侦察技术 .....	269
8.4.2 跳频通信信号分析技术 .....	276
8.4.3 对跳频通信系统的干扰 .....	282
8.5 通信链路对抗技术 .....	286
8.5.1 数据链概述 .....	286
8.5.2 典型的战术数据链分析 .....	288
8.5.3 数据链对抗技术 .....	293
8.6 通信网对抗技术 .....	295
8.6.1 通信网的分类 .....	296
8.6.2 典型军事通信网的基本原理 .....	299
8.6.3 对通信网的侦察技术 .....	303
8.6.4 对通信网的综合干扰技术 .....	308
8.6.5 对通信网对抗的效能评估技术 .....	310
习题 .....	311
<b>参考文献 .....</b>	<b>312</b>

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 通信对抗概述

在信息化社会里,信息既是财富又是宝贵的资源。在军事斗争中,信息是战斗力的重要组成部分。现代化战场是信息化战场,在信息化战场中,部队的作战指挥、武器控制既依赖于敌我双方的兵力部署、军事意图和武器作战能力的信息,也依赖于敌我双方的信息传输能力。因此,争夺信息的优势的斗争,即保证己方信息安全传输和通过各种手段获取对方信息并破坏对方信息传输的斗争,成了现代战争的焦点。

信息是依靠通信系统传输的,因此通信系统是作战指挥和武器控制的神经中枢。无线电通信是现代战争中的主要通信方式之一,如广为使用的地面通信、移动通信、卫星通信、数据通信和协同通信等战场通信网历来都是战争中指挥、控制和信息沟通的主要手段,也是作战环境中的唯一手段。对通信网台的干扰,破坏对方的信息传输,中断其神经中枢,可使其指挥失灵、武器失控,它比杀伤对方的部分作战力量和摧毁某个武器的影响要大得多。

通信对抗是最早使用的电子战手段,随着无线电电报在军事通信中的应用,1904年日俄战争中,双方利用无线电设备窃听舰一艘和舰一地间的通信,以获取军事情报,这是通信侦察的最早实践。早期的无线电台很少,而电台总是和军队指挥机关在一起的,因此第一次世界大战期间出现了无线电测向机,利用通信测向定位,判断军队集结地区,也从敌方无线电台的位置变动,来判断部队调动情况。1916年在英德海军间的日德兰海战中,英国利用海岸的无线电测向机,测到了德国舰队的电台方向,以此引导英国舰队追踪德国军舰,使德国军舰受到重创。第一次世界大战期间,通信干扰也首次投入实际应用。两艘德国巡洋舰被英国巡洋舰追踪,英国海军部命令英舰将德舰的行动不断地报告以便组织英国驻地地中海的舰队拦截德舰,但德舰窃听到了英舰与海军部的无线电联系,德舰上的无线电发射设备发射一种与英舰电台频率相同的噪声。英国人几次改频但不奏效,致使英国海军部无法接收到英舰发来的信号。与此同时,德舰突然改变航线,避开了英国舰队的攻击。

第二次世界大战期间,出现了有组织的通信对抗活动,专用的无线电通信侦察设备、测向设备和通信干扰机相继出现,如超外差式自动调谐侦察机、测向机、噪声调制的干扰机。随着电子技术的发展,通信对抗设备也不断进步。从20世纪第二次世界大战到70年代,通信对抗发展缓慢。直到最近二十多年来,通信对抗因其在战场上表现出的独特的作用,才又受到各国青睐,得到了长足进步和快速发展。综观通信对抗发展史,通信对抗大

体经历了如下一些阶段。

### 1) 用通信设备实施对抗阶段

该阶段从通信对抗首次使用开始,持续到20世纪的第二次世界大战,除测向设备外,基本上没有专用的通信对抗装备,也基本没有进行通信对抗理论、体制和专题技术的研究,差不多都是使用现成的通信电台或改装的通信设备,即直接采用通信设备监视敌方的通信信号,监听通信内容,使用测向设备测量通信发射机的方位,获取情报信息。必要时,用通信发射机发出噪声调制干扰或语音欺骗干扰,甚至还用过电火花的调谐干扰。

除测向设备外,这一阶段的主要通信对抗装备就是通信电台,只有少量在通信电台基础上改装的侦听设备以及用通信电台加装干扰信号激励器形成的干扰附加器等。

### 2) 单机对抗阶段

第二次世界大战后,战争几乎连年不断。直到20世纪70年代,世界先后经历了朝鲜战争、越南战争以及持续不断的中东战争。虽然该阶段通信对抗发展缓慢,但是战场上的侦察和反侦察、窃听和反窃听仍然是通信和通信对抗斗争的焦点。伴随着通信系统逐步采用各种加密措施(包括后来出现的数字技术),除了在各种通信设备混杂并用时期仍可监听部分老式的电台信号外,已无法直接依靠人工侦听(收)方法来获取情报信息。尽管难以获得通信情报信息,但是通过测量通信辐射源方位、监视通信信道和测量通信信号参数,仍然可以获得通信信号的基本特征参数,从而对通信设备实现干扰引导,实现破坏通信设备的通信联络的目的。因此,该阶段研制、生产和使用了专门的通信侦察、测向和干扰的单机设备。

在这个阶段,有关国家进行了侦察接收、测向和定位体制以及干扰理论研究,实际试验了通信对抗样机,取得了当时各种通信体制和各种制式电台信号进行侦察接收和测向定位的最有效方法以及最佳干扰样式等数据,基本确立了最佳干扰理论。在此基础上,开发并批量生产了以地面平台(固定式和移动式)为主的专用的通信侦察、测向(定位)和干扰装备。

该阶段通信对抗的主要作战对象仍然是模拟制式、人工调谐的战术通信电台,操作方式主要采用人工控制和手动操作,后来出现了利用硬件实现对信号的半自动或自动搜索、截获、监听和瞄准干扰,以及数字调谐的通信对抗单机设备。

这一阶段的通信对抗装备主要是以地面使用为主的各种便携式的通信侦察、测向设备以及拦阻式或瞄准式通信干扰单机。装备的主要缺点是反应速度慢、工作频段窄、干扰功率小、设备体积大而笨重,且基本没有信号处理能力,必须依靠人工来分析、判断和识别信号。

### 3) 系统对抗阶段

从20世纪70年代起,伴随着微电子技术、计算机技术和通信网络化技术的发展,通信对抗的系统设计技术、数字控制和管理技术、信号分析与识别技术等方面取得了理论和工程应用性的突破。与此同时,通信对抗单机设备也通过计算机控制实现系统集成,使通信对抗装备的系统化和数字化有了突飞猛进的发展。实现集成后的通信对抗系统大大提高了作战能力。从此,通信对抗同通信的较量逐步进入系统对抗阶段。

通信对抗从对单一电台对抗发展到对通信网、数据链的对抗,出现了从手机通话侦听到对散射通信、卫星通信的侦察和干扰。现在世界各国有成千上万种无线电通信对抗装置

在地面、军舰和飞机上，与此同时，专门从事通信对抗研制和生产的部门、通信对抗部队以及专用通信对抗飞机也相继出现。

## 1.2 通信对抗的含义

无线电通信对抗就是为削弱、破坏敌方无线电通信系统的使用效能和保护己方无线电通信系统使用效能的正常发挥所采取的措施与行动的总称，简称为通信对抗。因此，通信对抗就是敌对双方在军事通信领域进行的、为作战行动直接服务的电子对抗活动，是通信领域中的电子战，也称为通信电子战。其实质就是敌对双方在通信领域内为争夺电磁频谱的使用权和控制权展开的争斗。

按照通信对抗的上述定义，通信对抗包括两个方面的主要内容：其一是为了削弱、破坏敌方无线电通信系统所采取的措施和行动，它一般包括通信侦察和通信干扰两个方面；其二是为了保护己方无线电通信系统使用效能的正常发挥所采取的措施和行动，它就是通信反侦察/抗干扰(简称“通信抗干扰”)技术。本书主要讨论前者，后者即通信抗干扰属于通信系统的内容，本书不做讨论。

通信对抗是无线电通信领域的电子战，如图 1.2-1 所示。通信对抗包括通信侦察和通信干扰。通信侦察的目的之一是获取通信情报，以了解对方的军事意图、无线通信设备的技术水平，为军事行动决策和制定通信对抗装备的研制规划提供依据。这种情报称为通信情报(communications intelligent, comint)。通信侦察的另一个目的是根据所截获的信号，分析对方的通信信号工作频率、调制方式、调制参数和对通信设备的定位，使指挥员实时了解战场的电子态势，引导干扰机对关键节点的通信设备实施干扰。这种通信侦察也称为电子支援措施(Electronic Support Measurement, ESM)。



图 1.2-1 通信电子战

通信干扰(Communications Jamming)是人为使用辐射电磁能量的办法，对敌方无线电通信过程进行压制和破坏，主要目的是削弱甚至阻断敌方信息网络体系中的“神经”和“血管”(如指挥通信、协同通信、情报通信、勤务通信等)。通信干扰按照其干扰方式分为压制干扰、欺骗干扰和通信网干扰等。压制式干扰是使敌方通信设备收到的有用信息模糊不清或被完全掩盖，甚至通信中断。根据对目标信号的破坏程度分为全压制干扰和部分压制干扰。欺骗干扰是在敌方使用的通信信道上，模仿敌方通信系统的通信方式、语音、信息等



信号特征，冒充其通信网内的电台，发送伪造的虚假或者欺骗消息，从而造成敌接收方判断失误或产生错误行动。通信网干扰是指针对通信网的通信干扰。

通信抗干扰(含通信反侦察)包括两部分内容：一是利用通信干扰手段扰乱敌方的侦察设备，阻止其截获我方辐射的电磁信号(即“通信对抗反侦察”)，这属于通信干扰范畴；二是对己方通信设备等电子信息装备采取电磁加固和抗干扰措施，减少辐射和加强保密，增强电子信息装备本身的反侦察和抗干扰能力，它属于通信抗干扰范畴，不在本书讨论的内容之列。

从宏观上讲，通信对抗以敌方的“无线电通信”为对象。而“无线电通信”这个术语，即我们平时简称“通信”的这两个字，在现今科学技术迅猛发展的时代里已经不是一个简单的概念了。现在，它已包括多频谱、多制式、多用途、多平台等名目繁多的种类。这样，通信对抗也就成了一个外延丰富的概念。目前，通信对抗技术和通信对抗装备已经发展成为名目繁多、涉及到方方面面的相当宽广的技术领域。

### 1.3 通信对抗系统的组成和分类

#### 1.3.1 通信对抗系统的组成

由于实际电磁环境中存在各种波段、各种调制方式的通信设备，因此通信对抗不是一台干扰机对一台通信设备的对抗，而是系统对系统的对抗。

通信对抗系统是指通过计算机和网络把各种通信对抗设备有机地连接在一起，进行统一指挥协调的通信对抗的综合体。因此，通信对抗系统也称战术通信对抗的指挥、控制和通信系统(command, control, communication system)。

通信对抗系统由指挥控制、通信侦察、通信测向和通信干扰等分系统组成，如图 1.3-1 所示。下面分别讨论各分系统的用途。

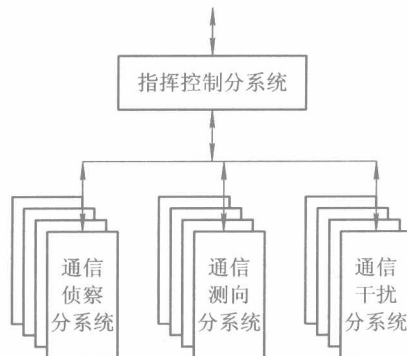


图 1.3-1 通信对抗系统

##### 1) 指挥控制分系统

指挥控制分系统用于对系统下属各站的作战指挥和控制，收集处理各站上报的侦察情

报和工作状态信息,统一各站的工作;也负责与上级指挥所的通信联络,接受上级指挥所下达的作战命令,完成相应的对抗任务,并上报战况。指挥控制系统具有电子态势显示(显示敌方通信设备的地理位置)、辅助决策、数据库以及与上级指挥所和下属各站的通信等功能。

### 2) 通信侦察分系统

通信侦察分系统用于对作战区域内通信信号的截获、分选、参数测量、调制样式识别和信息解调等。该分系统一般有多个工作在不同频段、分布在不同地域的侦察站,完成对不同频段、不同区域的侦察。通信侦察分系统由侦察天线、搜索接收机、全景显示、分析接收机、信号分析显示和数据库等组成,如图 1.3-2 所示。

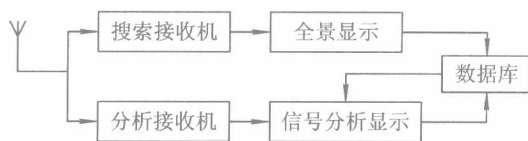


图 1.3-2 通信侦察分系统

通信侦察分系统的第一个功能是截获信号。侦察天线的波束在空域内搜索、截获通信系统来的信号,并将信号送给搜索接收机和分析接收机。第二个功能是测量信号参数。搜索接收机测量接收信号的频率、电平、到达时间等,并将各通信设备的频率分布全景地显示在全景显示器上,同时将测量的参数送到数据库进行存储。搜索接收机是宽带的,用于对频带内信号的频率进行全面调查,给出通信信号在频域上的全景分布。分析接收机是窄带接收机,它用来对感兴趣的信号进行详细分析,以较高精度测量信号的频率、调制类型识别、解调和参数测量,并将分析和测量结果显示在分析显示器上。由于分析接收机是窄带的,它也可以对模拟通信实现监听,因此分析接收机也称监听/分析接收机。

### 3) 通信测向分系统

通信测向分系统用以对通信信号的测向和定位。对通信信号的测向是利用方向性天线在空域范围内搜索,或用多天线组成的天线阵测量信号到天线阵的幅度差、相位差或到达时间差实现的。原理上,通信侦察分系统的天线也可进行测向,但通信侦察天线的波束宽度宽,测向精度低。因此,为了保证对通信信号的空域截获概率,目前的通信对抗系统中都有独立的通信测向分系统。测向分系统的组成如图 1.3-3 所示。

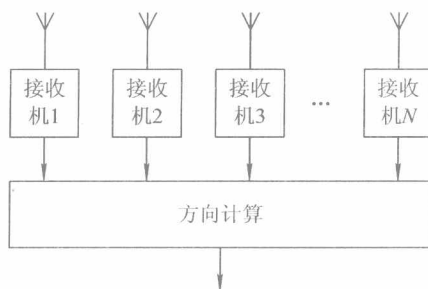


图 1.3-3 通信测向分系统

对通信信号的定位通常由两个测向站用交叉定位方法实现。对通信信号的测向、定位

可初步判定通信电台的部署，引导反辐射武器摧毁重要的通信节点，也可引导干扰机在方向上瞄准，有效地利用干扰功率。

#### 4) 通信干扰分系统

在通信对抗系统中，通信干扰分系统根据系统控制决策分系统的命令对特定的通信信号进行干扰，这时侦察分系统向干扰分系统提供干扰对象的频率、方向、调制方式、调制参数等信息，干扰引导单元在频率、方向上瞄准干扰对象，并由干扰信号形成设备产生低功率的射频干扰信号，最后经功率放大由天线向指定方向发射干扰信号。通常，通信干扰机前端有自己的接收天线和接收机，可独立进行侦收和干扰。通信干扰分系统的组成如图 1.3-4 所示。

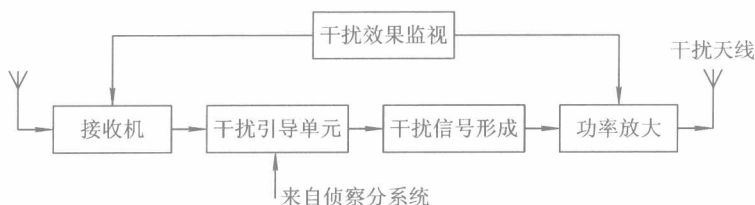


图 1.3-4 通信干扰分系统

对通信系统的干扰方式有压制式干扰和欺骗式干扰，如图 1.3-5 所示。



图 1.3-5 通信干扰分类

压制式干扰(Overwhelm jamming)是功率型干扰，干扰机发射大功率干扰信号以降低通信接收机输入的信干比，使模拟通信接收机无法理解传送的信息或使数字通信接收机增大接收信号的误码率。压制式干扰的干扰信号可以是噪声调制的射频信号，也可以是未调制的音频信号。

根据干扰谱宽与信号谱宽的关系，噪声干扰还可分阻塞式干扰(拦阻式干扰)、瞄准式干扰、扫频干扰和局部频带干扰。

阻塞式干扰(Barrage jamming)的干扰信号谱宽远大于通信接收机的带宽，直至覆盖整个跳频通信的频率范围。瞄准式干扰(Spot jamming)的干扰信号谱宽与通信接收机的带宽相当，能有效地利用干扰功率。扫频干扰(Swept jamming)用窄带干扰谱在宽的频率范围内扫描，每个时刻的瞬时带宽与瞄准式干扰相当。而局部频带干扰(Partial jamming)是对一定频率范围内的信号干扰，干扰频谱宽度小于通信信号占据的频率范围。

未经调制的干扰信号有单频信号(单音干扰)或多个频率的信号(多音干扰)等。这种干