

2003年度海军院校重点教材

# 通信侦察 与干扰技术

TONGXIN ZHENCHA YU GANRAO JISHU

王红星 曹建平 编著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

# 通信侦察与干扰技术

王红星 曹建平 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书以无线电通信对抗为背景,较全面地介绍了通信侦察与干扰的主要技术、分析方法。全书共分十章,内容包括通信对抗的基本概念、通信侦察与测向、通信干扰以及通信对抗的组织实施等。

本书内容丰富,概念清楚,取材新颖,理论联系实际,反映了近年来通信侦察与干扰技术的发展。可作为高等院校无线电技术、通信与信息系统等专业的高年级本科生教材或研究生参考书,也可作为军队通信工程技术人员、科研人员以及通信指挥人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

通信侦察与干扰技术 / 王红星,曹建平编著. —北京:  
国防工业出版社,2005.8  
ISBN 7-118-04030-4

I.通... II.①王...②曹... III.①通信侦察②通信干扰 IV. TN975

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 077263 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 11 260 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:18.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 前 言

通信对抗作为现代战争的重要组成部分,对战争进程的决定作用越来越重大。随着现代无线电通信技术的研究与应用,通信侦察与干扰技术发展日新月异。本书以当前广泛应用的无线电通信侦察与干扰技术为背景,在介绍传统技术的基础上,力求对近年来通信侦察与干扰技术的发展过程做出较详细的说明。

全书共分十章。第一章为概述,第二章、第三章叙述了通信侦察和测向,在第五章对无线电通信干扰的基本概念进行了介绍后,第六章、第七章、第八章论述了通信干扰的各种技术。由于扩频通信在通信对抗中的特殊地位,单独抽出来在第四章和第九章对扩频通信的侦察、测向和干扰技术进行了阐述。最后在第十章介绍了通信对抗的组织实施。

本书是在多年教案的基础上,参考利用了许多国内已出版的专著和教材编写而成,在此对参考文献的作者和历届学员一并表示感谢。编著过程中得到了海军航空工程学院训练部、电子信息工程系、通信与导航教研室许多同志的支持和帮助。陈其品副教授在百忙之中对全书进行了认真的审阅,并提出了许多改进意见。对他们提出的宝贵意见和建议,编者再次由衷地表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,请读者给予指正。

编者

2005年6月

# 目 录

第一章 概述	1
1.1 通信对抗的含义与基本内容	1
1.1.1 通信对抗的含义	1
1.1.2 通信对抗的基本内容	1
1.2 通信对抗的作用和特点	3
1.3 通信对抗系统	5
1.3.1 通信对抗系统的分类	5
1.3.2 通信对抗系统的特点	5
1.4 通信对抗系统的发展水平	6
1.5 通信对抗面临的挑战和发展趋势	8
第二章 无线电通信侦察	11
2.1 无线电通信侦察的基本含义、分类及特点	11
2.1.1 无线电通信侦察的基本含义	11
2.1.2 无线电通信侦察的分类	11
2.1.3 无线电通信侦察的特点	12
2.2 无线电通信技术侦察的任务	13
2.3 通信侦察的基本步骤	14
2.4 无线电通信技术侦察系统	16
2.5 无线电通信侦察接收机	17
2.5.1 对无线电通信侦察接收机的主要性能要求	17
2.5.2 侦察接收机的分类	19
2.6 全景显示搜索接收机	19
2.6.1 全景接收机的基本工作原理	19
2.6.2 全景接收机的主要技术指标	21
第三章 无线电通信测向和定位	24
3.1 概述	24
3.1.1 通信测向设备的组成	24
3.1.2 通信测向方法	25
3.1.3 通信测向设备的主要性能指标	25
3.2 测向天线	27
3.2.1 环形天线	27
3.2.2 爱德考克天线	31

3.2.3	测角器	32
3.3	振幅法测向	35
3.3.1	最大振幅法	35
3.3.2	最小振幅法	36
3.3.3	比较振幅法	36
3.4	相位法测向	37
3.5	多普勒测向	37
3.5.1	多普勒效应	38
3.5.2	多普勒测向原理	38
3.5.3	多普勒测向的优点	39
3.6	交叉定位原理	39
3.6.1	双站交叉定位及定位误差分析	39
3.6.2	三站交叉定位及定位误差分析	44
3.6.3	多站交叉定位及定位误差概率椭圆	46
<b>第四章</b>	<b>扩频通信信号的截获侦收</b>	<b>52</b>
4.1	扩频通信的基本模型	52
4.1.1	直接序列调制系统(DS)的基本模型	52
4.1.2	跳频调制系统(FH)的基本模型	53
4.2	线性接收机截收扩频通信信号	54
4.2.1	线性接收机的基本原理	54
4.2.2	噪声中目标信号的检测	57
4.2.3	噪声中信号特征的估算	59
4.2.4	噪声中信息的复原	61
4.2.5	截收和检测扩频信号的性能分析	61
4.3	非线性接收机截收扩频通信信号	71
4.3.1	非线性接收机的基本原理	71
4.3.2	非线性接收机的检测距离	76
4.3.3	扩频/跳频信号特征的提取	78
4.3.4	非线性接收机检测性能分析	79
<b>第五章</b>	<b>通信干扰概述</b>	<b>81</b>
5.1	通信干扰的特点	81
5.2	通信干扰的分类	82
5.2.1	压制性干扰	83
5.2.2	欺骗性干扰	85
5.3	通信干扰的一般过程及影响干扰的因素	86
5.3.1	无线电通信干扰的一般过程	86
5.3.2	影响干扰效果的因素	88
5.4	最佳干扰概念	89
5.4.1	最佳干扰与压制系数	89

5.4.2	绝对最佳干扰	89
<b>第六章</b>	<b>通信信号干扰样式的分析</b>	<b>92</b>
6.1	AM 信号干扰样式的分析	92
6.1.1	干扰小于信号的情况	93
6.1.2	干扰大于信号的情况	96
6.2	2ASK 信号干扰样式的分析	96
6.2.1	单频正弦波干扰	97
6.2.2	随机振幅键控干扰	98
6.2.3	载频差对干扰的影响	99
6.3	2FSK 信号干扰样式的分析	100
6.3.1	频移键控干扰	101
6.3.2	双频同时击中干扰	102
6.3.3	噪声对干扰的影响	102
6.4	2PSK 信号干扰样式的分析	103
6.4.1	对 2PSK 信号的干扰	104
6.4.2	对 2DPSK 信号的干扰	105
<b>第七章</b>	<b>瞄准式干扰</b>	<b>108</b>
7.1	瞄准式干扰机的组成及其工作原理	108
7.2	瞄准式干扰机的主要技术指标	110
7.3	干扰与信号频率的重合方法	110
7.3.1	视觉显示的频率重合系统	113
7.3.2	全景显示系统	115
7.3.3	相位自动微调的自动重合系统	115
7.4	干扰机的作用距离和干扰功率计算	116
<b>第八章</b>	<b>拦阻式干扰</b>	<b>122</b>
8.1	关于拦阻式干扰的一般概念	122
8.2	拦阻式干扰的形成	125
8.3	拦阻式干扰机的组成及技术指标	128
8.4	拦阻式干扰机的使用	129
8.4.1	投掷式落地干扰机	129
8.4.2	投掷式留空干扰机	133
8.4.3	结论	134
<b>第九章</b>	<b>扩频通信干扰</b>	<b>136</b>
9.1	跳频通信干扰	136
9.1.1	跳频通信的瞄准式干扰	136
9.1.2	跳频通信的拦阻式干扰	138
9.2	直接序列扩频通信干扰	142
9.2.1	直扩通信的波形瞄准式干扰	142
9.2.2	直扩通信的相关拦阻式干扰	144

9.2.3	直扩通信的单频(或窄带)拦阻式干扰 .....	146
9.2.4	直扩通信的均匀频谱宽带拦阻式干扰 .....	147
9.2.5	直扩通信的各种干扰体制的特点 .....	148
<b>第十章</b>	<b>通信对抗的组织实施</b> .....	<b>151</b>
10.1	通信部门组织实施通信对抗 .....	151
10.1.1	通信对抗组织准备阶段的主要工作 .....	151
10.1.2	通信对抗实施过程中的主要工作 .....	159
10.1.3	通信对抗结束后的主要工作 .....	163
10.2	通信部队指挥员组织实施通信对抗 .....	164
10.2.1	受领通信对抗任务,领导部队做好战斗准备 .....	164
10.2.2	组织指挥部队遂行通信对抗任务 .....	165
10.2.3	及时请示报告,快速灵活处置情况 .....	166
<b>参考文献</b>	.....	<b>168</b>



# 第一章 概述

在现代战争中,为了使作战指挥系统具有快速、可靠的指挥能力,对通信系统提出了很高的要求。同时作为获取信息优势的基础,通信系统必然是交战双方首先打击的目标。因此,在战争中,除了用火力等手段摧毁敌方的通信工具外,采用通信对抗的手段,扰乱和破坏敌方的通信,就成为一种特殊的战斗任务。通信对抗以其特有的作战方式和作战效能,在 21 世纪的信息战舞台上扮演着越来越重要的角色,已经渗透到作战和武器系统的各个方面,成为信息战制胜的关键。

无线电通信是现代战争中主要的通信方式之一,无线电通信对抗(简称通信对抗)是电子对抗的一个重要组成部分,它对敌方通信信号进行侦察,测定其技术参数,据此采用适当的无线电干扰或欺骗手段,来阻止、破坏或削弱敌方的信息传输链路,切断其指挥控制环节,以瓦解敌方获取信息优势的能力,使其无法引导精确制导武器进行拦截或实施远距离精确打击。另外,通信对抗利用其大功率及宽频谱干扰设备还可以对各种电子侦察传感器进行压制或欺骗干扰,以达到破坏敌方战场感知能力的目的,使其变成战场上的“瞎子”或“聋子”。

## 1.1 通信对抗的含义与基本内容

### 1.1.1 通信对抗的含义

通信对抗,是为削弱或破坏敌方通信系统的使用效能,而保护己方通信系统发挥正常使用效能采取的措施,它是敌我双方在通信领域内,为争夺电磁优势而展开的电子对抗。与它相近的术语有“通信电子战”。

近年来,随着信息技术、通信技术和计算机技术的迅速发展以及军事转型的推进,通信对抗的内涵扩大了许多,它不但使用通信干扰等“软”武器压制或扰乱敌方的信息传递,而且还大量使用军事欺骗和心理战协同作战,以获得迟滞对方的反应、判断、决策和行动等效果,甚至使用精确制导武器、定向能武器、反辐射武器和隐形武器等“硬”武器来摧毁敌方通信指挥重要节点。

### 1.1.2 通信对抗的基本内容

通信对抗主要包括通信侦察、通信电子进攻和通信电子防御三项基本内容。

#### 1. 通信侦察

通信侦察是在通信领域内实施的电子侦察,它是电子侦察的重要分支,是为截获和识别敌方通信信号的技术参数、工作特征和所在位置,探明敌方通信网的组成、用途等情报而采取的多种措施。通信侦察是通信对抗的情报保障和支援手段,旨在为实施通信电子

进攻和通信电子防御提供依据。

通信侦察的内容包括:信号的搜索与截获;信号的侦听与显示;信号的测向与定位;信号参数的测量与存储;信号的分析与识别等。

## 2. 通信电子进攻

通信电子进攻是在通信领域内实施的电子进攻,它是电子进攻的重要组成部分,是破坏、影响、削弱敌方通信系统使用效能的主要手段。

通信电子进攻按手段的不同,可分为通信干扰和通信摧毁两项主要内容。

(1) 通信干扰。通信干扰是针对无线电通信或综合通信系统所实施的电子干扰。其目的在于削弱、破坏敌方通信系统的使用效能。它主要以敌方的各种通信电台或通信系统为作战对象。

(2) 通信摧毁。通信摧毁是削弱、破坏敌方通信设备和系统效能的有效途径之一,也是通信电子进攻的重要手段。

对通信设备、系统实施摧毁,一是可在通信侦察情报的直接支援下,实时引导空中、地面或海上火力对通信设备、系统实施“点压制”或“面压制”;二是可利用针对通信设备、系统的反辐射导弹,实施非电子侦察情报支援下的火力打击;三是可利用核、非核电磁脉冲的电磁能量,对通信设备、系统实施毁伤;四是可利用计算机病毒,对以数字通信系统为主体的通信设备、系统内的软件实施“病毒性摧毁”;五是利用执行派遣、袭扰等作战任务的“特种作战部(分)队”,对敌方通信系统实施火力打击。

## 3. 通信电子防御

通信电子防御是为保障己方通信设备、系统正常发挥效能而实施的电子防御,它是通信对抗的重要组成部分,是以通信兵为主实施的电子防御行动。通信电子防御包括通信反侦察、通信反干扰和通信防摧毁等内容。

(1) 通信反侦察。通信反侦察是在通信领域内实施的反电子侦察,它是防止通信信号被敌方截获和利用而采取的措施和行动。通信反侦察,可采用一系列通信保密、欺骗、干扰或摧毁敌方电子侦察设备的手段,使敌方通信侦察行动的效能降低或完全失效。

(2) 通信反干扰。通信反干扰是在通信领域内实施的反电子干扰,它是指消除或削弱敌方通信干扰的危害,保障己方通信系统、设备正常发挥效能的措施。

目前在无线电通信中采用的纠错编码技术、天线自适应调零技术、猝发通信技术以及扩频通信技术等,都属于通信电子防御的技术性措施。

(3) 通信防摧毁。通信防摧毁是通信设备、系统为防敌常规和非常规武器摧毁而采取的防御措施。它是确保通信设备、系统生存的重要行动。

通信反侦察、反干扰技术属于通信技术范畴,一般列入通信学科进行研究。在通信对抗中,通信电子防御的任务主要是由通信部队来承担,其设备通常是通信设备的组成部分或其附属设备。所以,通信电子防御事实上也是军事通信的组成部分。通信防摧毁通常是通信指挥的任务,属指挥学范畴。基于上述原因,从狭义上讲,可以认为通信对抗的基本内容是由通信对抗侦察和通信干扰两部份组成,本书所讨论的内容也限于这两部分。

## 1.2 通信对抗的作用和特点

随着电子技术在军事上的广泛运用,电磁领域的斗争越来越尖锐。电子对抗对现代战争作战理论的更新、作战力量的对比、作战方式的变革、战场环境的改变以及战争的进程和结局等都产生了重大影响,带来了划时代的变化。通信系统是实施战场指挥和情报传递的基础,情报系统获取的关于敌方活动情况的信息,须经通信系统传输到指挥所,指挥员则根据敌情、我情,通过通信系统直接指挥部队或控制武器系统。通信系统起着连接自动化指挥控制系统、战场情报系统、火力支持系统等电子系统的纽带作用,因而是影响战争胜负的重要因素。通过采取通信对抗措施,对敌通信系统造成有效破坏,使敌人的情报无法传递、指挥失灵、整个武器系统陷入瘫痪,这将在战争中起着至关重要的作用。

近年来发生的几次局部战争,充分展示了通信与通信对抗在现代战争中的重要地位和巨大作用。先进的通信手段具有较强的抗毁、抗干扰及适应能力,可保证通信联络的可靠性与连续性。在现代战争高对抗条件下,谁取得通信与通信对抗的主动权,谁就取得了战争的制胜权。归纳起来,通信对抗的作用主要体现在以下几个方面。

(1) 快速而准确的通信侦察是有效实施干扰的重要保障。通信情报来自平时和战时的侦察活动,确定敌方指挥控制体系的战时通信参数,是有效实施干扰的基础。

(2) 通信干扰破坏敌方指挥控制系统,使其通信中断、指挥失灵,可以为己方实施突防和攻击提供有利支持,从而掌握战争胜利的主动权。

(3) 采取巧妙的通信欺骗可以蒙蔽敌方,给其造成假象,使其做出错误的判断和决策,从而贻误战机,可以起到事半功倍的作战效果。

(4) 有效的反对抗措施可以保障可靠的己方通信,保护己方的指挥控制网络不受敌方的影响,而且也不受己方指挥控制或行动所产生的无意干扰的影响,从而保证有效地指挥控制部队。

电子对抗是在战争形态发展过程中出现的一种新的作战形式,它必然有着自己所固有的特点和区别于其他作战形式的特殊规律。作为电子对抗重要组成部分的通信对抗来说,当然也有着自己所固有的特点。高技术条件下通信对抗的特点,归纳起来有以下几点。

### 1. 攻防主体的分割性

任何一种作战形式,都可分为进攻和防御两种基本作战类型。一般情况下,一个作战主体既可以执行进攻任务,又可以担负防御任务,或者说一个作战主体有时执行进攻任务,有时担负防御任务。作为一种新的作战形式的电子对抗重要内容的通信对抗来说,同样包括进攻和防御两种类型。这里所指的“攻”主要是干扰、欺骗和摧毁敌方通信系统的电子进攻行动,它通常是由专业电子对抗力量来完成;“防”主要指的是通信反侦察、通信反干扰和通信防摧毁的电子防御行动,它通常是由担负通信保障任务的通信部队来完成。由此可见,通信对抗作战是由两个相互独立的作战主体,并能同时实施通信电子进攻和通信电子防御的作战形式。这种独特的作战形式,形成了攻防两个主体之间在通信对抗作战目的上的一致性,同时又存在着攻防两个主体行动上的相互制约性,也就是既要干扰压

制敌方的通信系统,又要防止己方相互干扰。因此,在作战指挥、控制上,必须特别注意处理好攻、防两个主体之间的关系,使之密切配合,保持战场上电磁兼容及作战行动的协调一致性。

## 2. 对抗范围的广延性

高技术条件下的通信对抗,是一种具有广泛渗透性的作战形式。纵向上,从最高统帅部一直延伸到战役军团、战术兵团,直至战术分队、单兵;横向上,已经扩展到各军兵种及地方的邮电、交通、广播、电视等部门;作战空间上,通信对抗已渗透到地面、水下、空中和太空各个领域;作战时间上,通信对抗贯穿于战役的准备与实施的各个阶段;对抗频域上,它覆盖了从极低频到极高频各个不同的无线电频段,并向更高的光波频段扩展;对抗手段上,既包括无线电通信对抗,又包括有线电通信、光通信和水声通信对抗;对抗方法上,既包括通信电子进攻,又包括通信电子防御,既有“软”杀伤,又有“硬”摧毁。

## 3. 指挥协同的复杂性

通信对抗是敌对双方在通信领域里进行的一场无形的然而又是非常激烈复杂的电磁斗争,特别是高技术条件下的通信对抗更是如此。它渗透到战场的各个领域,贯穿于战役的始终,通常与其他作战手段和作战行动结合在一起进行,是立体作战、整体作战。同时,其技术性强,时空范围广,战机短促、稍纵即逝,组织指挥与协同非常复杂。一是对各军兵种专业电子对抗力量的指挥与协同,以形成战役通信对抗的整体力量,夺取局部上的电磁优势;二是对通信对抗行动与电子对抗其他行动及战役其他行动的指挥与协同,使各种行动紧紧围绕统一的战役目的协同一致地行动,以夺取战场主动权;三是对担负通信电子进攻任务的力量和担负通信电子防御任务的力量的指挥与协同,使其步调协调,攻防一体,避免相互影响和干扰,顺利完成通信对抗和通信保障任务;四是对专业通信对抗力量和临时被赋予执行通信对抗任务力量的指挥与协同;五是对专业通信对抗部队的组织指挥及其内部各有关系统、要素之间的协同,使通信对抗行动的各个环节密切配合,协调一致地行动等。上述各种组织指挥和协同工作,都需要战役指挥员和指挥机关精心计划、严密组织、密切协调。

## 4. 作战能力的综合性

高技术条件下的通信对抗,敌对双方都将采用性能先进的通信对抗装备,以适应未来战场电磁环境十分复杂、通信对抗斗争日益激烈的需要。各国军队通信对抗装备的发展趋势主要表现在:一是大力提高通信对抗装备的技术性能。包括:提高接收机的灵敏度,扩大动态范围;采用先进的测频技术,提高测频精度;提高干扰机的输出功率,扩展频谱覆盖范围;广泛采用数字技术和计算机技术,提高自动化程度;采用“隐身”技术,提高装备的生存能力等。二是大力发展综合化、一体化的通信对抗系统,以提高快速反应能力和整体作战能力。包括:发展截获、测向、定位、干扰综合一体化通信对抗系统,如美军的“首领”通信电子车、“快定ⅡB”机载通信电子战系统;发展多种接收机体制的综合式侦察告警系统和宽频带、多传感器的一体化告警系统;发展机载一体化电子战系统,包括通信对抗与雷达对抗、光电对抗、制导对抗一体化,电子对抗与C<sup>3</sup>对抗一体化,侦察告警、有源干扰、无源干扰一体化及“软”、“硬”杀伤一体化系统,如美军的EC-130H“罗盘呼叫”C<sup>3</sup>对抗飞机和EA-6B电子战飞机。三是发展通用化、标准化、小型化的通信对抗装备,以提高电子对抗装备的效费比和快速机动能力。

## 1.3 通信对抗系统

通信对抗设备,开始以单机形式问世,曾达到良好的对抗效果。当时的通信电台改频困难,沟通联络较慢,且通信信号较少。随着无线电在战术通信中的大量使用,在战场上形成信号密集环境,沟通联络快,设备频段宽,改频容易。在这种情况下,为适应电子战的需要,产生了现代通信对抗系统。

### 1.3.1 通信对抗系统的分类

通信对抗系统是为完成特定的通信对抗任务,由多部通信对抗设备组成的统一协调的整体。按功能分为通信侦察测向系统、通信干扰系统和综合的通信对抗系统(图 1-1);按运载工具分为地面固定系统、移动系统、车载系统、机载系统等,也可以是由各种运载工具组合而成的综合系统;按波段可分为短波、超短波、微波通信对抗系统;还可按军事通信对象,分为战术通信对抗系统和战略通信对抗系统。

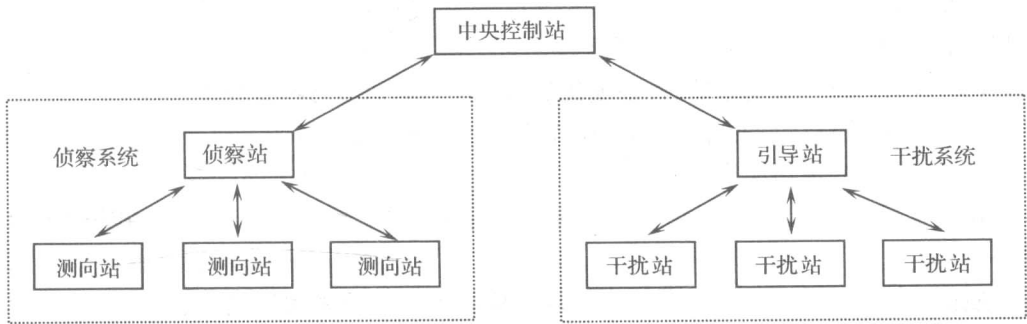


图 1-1 综合通信对抗系统框图

### 1.3.2 通信对抗系统的特点

通信对抗系统具有如下特点。

#### 1. 提高了侦察和干扰效能

(1) 侦察方面。采用全景显示接收机,可在整个侦察频段或分频段内自动快速地进行频率搜索,把搜索到的信号一目了然地在显示屏上显示,并统一调度多部监听接收机及时监视很多信号。

例如,意大利的 SR-1126 搜索接收机,内有 4 个微处理机,能自动按各种方式搜索和截获各种信号,可按要求实时显示、全景显示或进行重要通信网的显示,能对信号进行快速存储和处理,并能控制监听接收机和测向机工作。其搜索速度快,接收机使用 2MHz 带宽,采用 80 个并接的频道相邻的通带滤波器,同时监测 80 个 25kHz 间隔的信道,并采用快速变频的频率合成器,每 2MHz 跳一步,每步停留 2ms,搜索速度可达每秒 4 万信道。如搜索 20MHz~100MHz 频段,仅需 80ms,每秒可搜索十多次,对战术调频话通信可达 100% 截获率。

(2) 干扰方面。采用一部引导接收机自动统一引导多部干扰机,某一频道出现信号,

即令一部干扰机对其进行干扰。当此频道信号消失,则可调度这部干扰机去干扰另一频道出现的信号,这样可使用少量干扰机对较多通信网实施有效干扰。一般情况下,战术通信网工作占空比为1:3,一部单信道干扰机在作战过程中平均可以干扰3个通信网,而一部时分制双信道干扰机平均可以干扰6个通信网。另一方面,必要时,对付重要大功率通信目标,可以自动调度两部干扰机同时干扰此目标,以增强干扰效能。并且由于分设两地的两部干扰机同时在某一频道上施放干扰,敌测向站不易对此测向。

## 2. 自动化、快速化不断提高

现在,通信对抗系统采用电子计算机或多个微处理机,使系统内多个设备(单机)操作和相互间联系自动化,提高了整个系统的反应速度。通信对抗系统的计算机化可以完成以下功能。

(1) 自动进行频段灵活搜索或选频搜索。遇有信号,自动选用相应解调器,测定信号参数并自动显示和记录。

(2) 自动对重要通信信号进行测向和定位,并提高测向和定位的速度和精度。

(3) 运用存储的已知通信参数,自动对搜索到的信号筛选和识别。

(4) 根据收集到的情报,自动计算对某通信网干扰所需的干扰功率,并自动选择最佳干扰参数和对信号频率瞄准,实施干扰。

(5) 自动进行干扰功率管理,根据优先等级灵活地对多目标施放干扰。

(6) 自动检测各设备性能,及时发现故障,以便迅速排除。

## 3. 敌变我变,灵活应用

在电子战领域中,通信侦察、干扰和通信反侦察、抗干扰在不断斗争中,在战时更加明显。

通信对抗系统能对敌情变化做出快速反应。由于系统采用通用化、系列化的设计和模块化的结构,对付不同的作战对象,不需要重新研制、生产整套设备,仅需在原系统基础上增减相应设备,主要是改变计算机和微处理机的软件部分,以改变系统的工作能力,来对付敌方通信力量的变化。

# 1.4 通信对抗系统的发展水平

作为称霸全球的美国,它的通信对抗装备和系统代表了当今的最高水平。目前,美军已装备了完备的通信对抗设备与系统,通信对抗技术已形成了完整的体系,从侦察、测向到干扰,其基本技术已趋于成熟。从目前美军装备的通信电子战设备和系统来看,其发展水平体现在以下几个方面。

## 1. 通信侦察动态范围大,灵敏度高

通信侦察设备的大动态范围、高灵敏度、低相位噪声和宽瞬时带宽,能保证在密集的信号环境下对各种类型的信号都能实现最高截获概率和高测向精度,实现对辐射源的截获,情报收集分析、测向定位和报告。通信侦察已能对高频和甚高频的常规(即非扩频)通信和跳频通信进行截获和分析处理,能对超高频和特高频的常规通信信号进行侦收。通信测向可对高频、甚高频和超高频通信信号进行测向(包括常规信号和中低速跳频信号)。

美军通信侦察设备的频率范围已覆盖100kHz~18GHz(可扩展到40GHz),灵敏度达-

110dBm,动态范围达 95dB,截获概率几乎达 100%。测向精度一般为  $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ ,最高可达  $0.1^{\circ}$ ;测向速度已达毫秒量级,甚至更高。在高密集的电磁信号环境中,可准确地进行信号的分析识别和跳频网台的分选。能对短波、超短波、微波波段内的辐射源进行分选和识别,并能精确地测定其频率、方位及各种战术技术参数,确定辐射源的位置、性质、活动情况和威胁等级,获取技术情报。短波测向设备具有单站定位能力。

### 2. 通信干扰样式多,能力强,具备多目标干扰能力

通信干扰设备普遍采用大功率、宽频带干扰机,具有可编程以及干扰战术跳频和同时干扰多个目标的能力。采用多个接收机、多个激励器和高功率晶体管的固态功率放大器,与高增益的天线相匹配,可同时在很宽的频率范围内监控和干扰敌方的多个辐射源。通常,一部干扰机可同时监控 16 个优先频率,同时干扰 4 个频率。

美军的通信干扰设备已能对高频、甚高频和超高频的常规通信和跳频通信进行有效干扰。频率范围覆盖 1MHz ~ 2500MHz,干扰功率在短波波段可达 8000W,在超短波波段一般为 400W ~ 4000W。干扰样式包括阻塞式宽带噪声、瞄准式窄带噪声、连续波单音及扫描式瞄准干扰等,能对等幅报、调频话、移频报、单边带及慢速调频等信号实施最佳干扰。

当干扰机在地面工作时,对地面目标的干扰距离可达 40km ~ 50km,对空中目标的干扰距离可达 60km ~ 80km。当干扰机升空(如机载)工作时,干扰距离可达 80km ~ 100km。若高频干扰信号经大气电离层反射后,其干扰距离则可达 300km ~ 500km。各频段干扰设备的反应时间也在继续缩短,如跳频通信的跟踪式干扰机,从调谐到发出干扰,仅需几毫秒。

### 3. 侦察、测向和干扰能力融为一体

近年来美军研制和装备的新型通信对抗系统,已将侦察、测向和干扰能力融为一体,有的还兼有通信能力。可在整个频段内自动扫描、自动识别高优先级信号,并自动进行干扰。在干扰中可连续监视目标活动情况,并根据干扰效果调整干扰方向和频率,形成综合通信对抗系统,并可组网工作。

### 4. 专用电子战飞机使用广泛,发展迅速

电子侦察飞机是利用机载电子侦察设备,飞临敌对国家边境附近和内陆上空收集电子情报的专用飞机。而专用电子干扰飞机则是通过机载专用电子对抗设备,实施随队干扰、远距离和近距离电子支援,对敌防御电子系统实施强大的干扰压制,掩护己方攻击飞机完成突防任务。这种飞机一般只携带电子对抗设备,而不携带(或少带)其他攻击武器,因此基本不承担攻击作战任务。

美军的电子战飞机是一支重要的作战力量,主要担负电子情报侦察、飞机突防时的电子战支援以及压制、摧毁敌防御电子系统等任务。电子战飞机一般包括电子侦察、电子干扰和反辐射攻击等机种,是利用电子战装备实施电子战的一种专用飞机。电子战飞机在现代电子战中起着举足轻重的作用。因此,提高电子战飞机的电子进攻能力是美军军事革命的一项重要内容。

美国的通信电子战飞机经多次改进,已出现几种不同的类型:

(1) 基本型。机上装有 AN/ALQ - 130 通信干扰机,用于干扰对方引导歼击机的超短波通信和防空指挥系统的无线通信,工作频段为 100MHz ~ 3000MHz。

(2) 能力扩展型。机上安装有 AN/USQ - 191 干扰机,可以对付跳速为 100 跳/s 以下

的跳频通信,工作频段为 225MHz~400MHz,干扰功率为 100W/400W。

(3) 先进型。机上的通信干扰机改用 AN/ALQ-149 C3CM 对抗系统,具有探测、识别、评估、干扰敌方通信系统的能力。

## 1.5 通信对抗面临的挑战和发展趋势

随着作战理论的不断发展和作战形式的不断变化,通信对抗作战面临的环境越来越复杂,迅速发展的先进抗干扰通信技术也对通信对抗提出了越来越高的要求。通信对抗面临的挑战主要体现在以下几方面。

### 1. 信号环境日趋复杂

信息技术的发展,极大地提高了通信系统各方面的性能,一是通信系统的组网方式更加灵活,使点对点的干扰失效;二是通信信号的信号特征更加复杂,在时域、空域、频域增加了通信对抗力量对目标进行截获、识别、分析、测向、定位和干扰压制的难度;三是军事卫星通信系统在战略及战术通信中的应用,使得区域侦察或干扰手段难以取得应有的效果,因此不仅要求要有电子技术支撑,还要有天基、空基及海基、陆基多种平台支持。

### 2. 战场时效性要求越来越高

现代战争中越来越强调对“时间敏感目标”的打击,要求实现侦察(确认)即打击。在信息战中,确保己方的时间利用率,同时降低敌方的时间利用率,是斗争的焦点,其实质是通过对战场信息的控制,来影响敌方的决策,最终延误其作战行动或降低其作战效能。能否对敌信息系统实施有效的破坏、干扰或摧毁,是能否在战场上获得时间优势的关键。这在很大程度上取决于通信对抗的作战效能,即要求通信对抗力量在合适的时机,运用合适的手段,采取合适的编成与配置,以极高的作战效率,对敌信息系统实施电子干扰或引导火力摧毁。

### 3. 通信网络化促使通信对抗性质发生变化

随着战争形式向“网络为中心”转变,在未来战争中,通信对抗必须随着作战对象和目标的变化,向陆、海、空、天一体化进攻方向发展,采用多种平台的对抗装备协同作战、联合作战,对抗多种平台运载的目标,站在网络的角度上开展通信网络对抗的研究。首先,通信对抗面临的作战对象将变成高度综合化和智能化的信息网络,而不再是单个的链路或实体。因此要着眼于全网络信息的控制和掌握,降低敌方网络的连通性和有效性,恶化其传输环境,打破“网络中心战”所依赖的信息优势。其次,由于“网络空间”的出现,电子信息攻击还需要深入到网络内部,传统的电子战已不能涵盖所有电子作战手段,需要发展网络渗透攻击技术。

### 4. 通信对抗力量面临更大的生存威胁

通信对抗力量作为信息系统的主要威胁手段,必将成为对方打击的主要目标。在信息化战场上,通信对抗力量受到的威胁主要来源于两个方面:一是战场立体侦察体系的威胁。通信对抗力量是战场作战力量的组成部分,本身也是战场结构中的一个单元,必然处在敌方严密的侦察体系监控范围之内,这为通信对抗力量的隐蔽与安全带来了极大的威胁。二是信息化武器的精确打击。精确制导武器的发展,极大地提高了对目标的精确识别和定位能力,以及打击精度;随着精确制导武器向灵巧化、智能化方向发展,将使通信对



抗力量的生存面临严重的挑战。

为了应对面临的挑战,通信对抗的发展趋势将主要表现在以下几个方面。

#### 1. 新型综合通信对抗体制的技术研究为重点

从当前通信技术应用和发展的特点来看,通信对抗装备要面对的是跳、扩结合的通信体制,这种通信和信息传输体制占用频带极宽,使对方的拦阻式干扰效果降低甚至无效,并且由于同时采用跳频、跳时、直扩等多维抗干扰体制,使对方几乎无法截获和侦收,也无法实施跟踪瞄准干扰。因此,发展宽频带、高搜索跟踪速度与超大干扰功率的新一代侦察、测向与干扰技术体制是未来通信对抗技术发展的重点目标。

#### 2. 先进信号处理技术研究和应用更加广泛深入

信号处理技术是通信信号的搜索截获、分析识别和测向定位的核心,各种新体制设备的实现都必须依赖先进的信号处理技术的支持。一是根据信号在时域、频域和空域的多特征参数,研究不同的处理算法或综合运用多种处理算法;二是提高信息处理速度,增大数据容量,以满足密集信号环境条件下的适时性要求,确保对重点目标信号迅速准确地做出识别、参数分析;三是重视信号细微特征和不同通信网“指纹”特征的提取和分类处理工作,建立作战目标的数据库档案,以此将通信情报侦察和通信支援侦察有机结合起来;四是重视对通信目标或通信网台的测向定位工作,通信测向不仅在战略和战术上对于判断敌方兵力部署和调整、分析敌方作战意图和指挥控制过程具有重要作用,而且十分有助于在技术上对敌通信信号进行分选或分类。

#### 3. 通信与通信对抗一体化技术将进一步发展

信息技术的广泛运用使通信与通信对抗的兼容得到了进一步发展,这一趋势也许意味着无线电频谱利用的一场革命。通信接收机与通信侦察接收机一体化、通信发射机与通信干扰机一体化、共用数据处理终端、共用信息传递网络等,倘若如此,则未来 C<sup>4</sup>I 与电子对抗系统将是攻防合一、互为掩蔽的矛盾统一体,这种矛盾的统一体也许会使作战方式发生较大的变化,从而使通信对抗的运用得到进一步升华。

#### 4. 多功能一体化综合通信对抗系统将得到大力发展

现代战争的高速度、流动性和快节奏,对通信对抗侦察的实效性和干扰系统的响应速度提出了更高要求,发展多功能一体化通信对抗系统已成为普遍趋势。所谓一体化主要表现在以下几个方面:一是发展侦察、测向、干扰三位一体的通信对抗车辆与通信对抗飞机;二是将通信对抗情报、雷达对抗情报甚至于成像情报传感器综合在一个平台上;三是研制标准化战术情报机载吊舱系统,以代替专用电子对抗飞机,逐步实现侦察/打击一体化;四是将地面系统与机载系统通过通信线路及控制中心连成一体,运用网络资源进行协调和控制。如美军正在研制的情报与电子战通用传感器系统包括 4 个主要子系统:TAC-JAM - A 战术通信干扰机,用于对先进体制通信的截收、测向和干扰;CHAS - X 高精度通信定位系统,用于辐射源高精度定位,以飞机为平台;电子情报与电子支援传感器,用于对威胁雷达的探测、识别和定位,产生作战和技术两种电子情报;通用工作站和通信链,通过保密无线电台为整个系统提供控制通信,该系统将通用于各军种。

#### 5. 网络对抗技术研究

通信网络的对抗将包括网络空间内的渗透攻击,也将包括对构成网络传输环境的通信链路和系统的攻击。通过敌方通信链路渗入其信息网络,需要解决通信体制、调制方