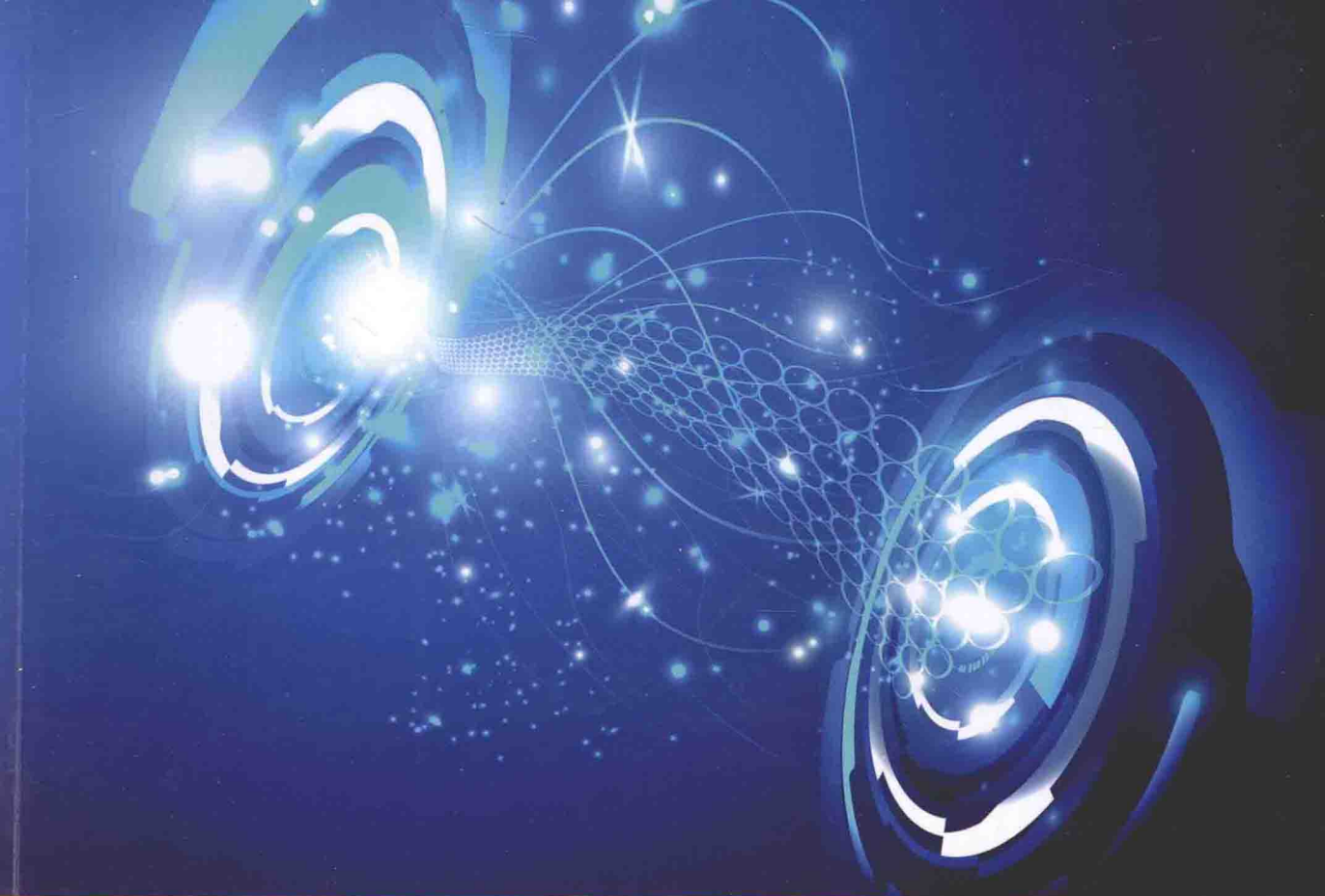




航空电子对抗组网

HANGKONG DIANZI DUIKANG ZUWANG

■ 王星 程嗣怡 周东青 王红卫 陈游 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

航空电子对抗组网

王 星 程嗣怡 周东青 著
王红卫 陈 游

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分8章:第1章介绍网络化战争和航空电子对抗组网;第2章介绍电子对抗系统的网络拓扑结构;第3章介绍目标辐射源分选的基本原理及组网协同处理方法;第4章介绍目标辐射源识别的基本原理和组网融合处理方法;第5章介绍多平台目标定位与跟踪的基本原理;第6章介绍组网体制下辐射源威胁决策模型与对抗方法;第7章介绍干扰决策制定及资源综合管控方法;第8章介绍航空电子对抗组网的效能评估理论。

图书在版编目(CIP)数据

航空电子对抗组网/王星等著. —北京:国防工业出版社,2016.2

ISBN 978-7-118-10679-4

I. ①航… II. ①王… III. ①空用雷达—电子对抗—研究 IV. ①V243.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第029317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100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14¼ 字数 323千字

2016年2月第1版第1次印刷 印数 1—1500册 定价 68.00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

前 言

网络化是战场上作战系统发展的必然趋势,现代化战争将在网络之间进行。目前通信系统、雷达等已经组网,指挥系统也已经组网,作为它们的手,电子对抗系统再不组网,在战场上的博弈中必将落后和失败。

美国人已经先走一步,提出的“赛博空间战”用网络将所有与作战有关的系统涵盖,是最高形式的组网概念。但是,作战系统在实际纳入网络时应该有多种形式、多种方法。电子对抗已经成为独立的作战力量,因此,以电子对抗系统为主体研究其组网概念、原理、方法具有理论意义和应用价值。特别是航空电子对抗系统,由于其机动性强、覆盖范围大,特点更突出、变数更多,研究航空电子对抗系统组网更具有挑战性。

近年来,作者及其科研团队一直致力于电子对抗理论与技术的研究,尤其是在航空电子对抗领域积累了一些研究成果,在此基础上撰写了本书。本书以现代网络化作战模式为背景,将电子对抗的关键技术贯穿始终,在研究电子对抗作战单元协同方法的基础上,实现航空电子对抗系统的组网。全书可分为两个部分:航空电子对抗组网侦察和航空电子对抗组网攻击。航空电子对抗组网侦察简单介绍了当前辐射源分选、识别和无源定位的常用技术,重点研究了这些关键技术组网背景下的协同处理方法。航空电子对抗组网攻击主要围绕威胁建模、干扰决策和效果评估这三个方面展开,与航空电子对抗组网侦察共同组成了闭环链路,可形成有效的体系对抗模式。稍显不足的是,本书并没有将对数据链的研究纳入重点,这将在以后逐步完善。

本书共分为8章:第1章介绍网络化战争和航空电子对抗组网;第2章介绍电子对抗系统的网络拓扑结构;第3章介绍目标辐射源分选的基本原理及组网协同处理方法;第4章介绍目标辐射源识别的基本原理和组网融合处理方法;第5章介绍多平台目标定位与跟踪的基本原理;第6章介绍组网体制下辐射源威胁决策模型与对抗方法;第7章介绍干扰决策制定及资源综合管控方法;第8章介绍航空电子对抗组网的效能评估理论。

王星编写了第1章、第6章,周东青编写了第2章、第8章,程嗣怡编写了第3章、第4章,王红卫编写了第5章,陈游编写了第7章。书稿初步编写完成后,王星对全书进行了统稿。田元荣、王睿甲、曹晋龙、孟跃宇、刘京然、徐源、王阳、贺继渊、郭晓陶、周一鹏、杨远志、范翔宇、王文哲、吴笑天等对本书初稿进行部分绘图和文字录入工作,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中会存在一些错误和缺点,恳请广大读者批评指正。

作者
2015年10月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 网络化战争概述	2
1.2 典型的网络化作战模式	3
1.2.1 赛博空间战	3
1.2.2 网络中心战	4
1.2.3 空海一体战	5
1.2.4 雷达组网	5
1.2.5 舒特系统	7
1.3 电子对抗组网	9
1.3.1 电子对抗组网的工作原理	9
1.3.2 电子对抗组网的构成	9
1.3.3 电子对抗组网的功能	10
1.4 航空电子对抗组网	11
1.4.1 航空电子组网的关键技术	12
1.4.2 航空电子组网的基本原则	13
第 2 章 航空电子对抗系统的网络结构	14
2.1 网络拓扑基本概念及模型	14
2.1.1 网络拓扑的基本概念	15
2.1.2 网络拓扑的基本模型	17
2.2 作战体系的拓扑网络结构	19
2.2.1 作战网络的拓扑结构	20
2.2.2 作战网络的体系构成	23
2.3 航空电子对抗组网系统的组成	24
2.3.1 航空电子对抗平台类型和功能	25
2.3.2 航空电子对抗系统的传输链路	26
2.4 航空电子对抗组网典型协同作战模式	27
2.4.1 协同定位典型案例	27
2.4.2 协同干扰典型案例	30
第 3 章 辐射源分选方法及组网协同处理	34
3.1 基于 PRI 的信号分选	34
3.1.1 基于 PRI 的信号分选流程	35
3.1.2 分选窗口宽度的选择	35
3.1.3 参差鉴别	37

3.1.4	真实 PRI 拟合	37
3.2	基于神经网络的信号分选	38
3.2.1	神经网络基本模型	38
3.2.2	SOFM 神经网络	39
3.2.3	Kohonen 神经网络	41
3.3	基于聚类的信号分选	43
3.3.1	聚类的基本思想	43
3.3.2	支持矢量聚类	44
3.3.3	核模糊聚类	47
3.4	基于集成学习的组网辐射源分选	49
3.4.1	集成学习简介	49
3.4.2	集成学习机的构建	51
3.4.3	算法示例	52
3.5	基于 MDL 的组网辐射源分选框架	54
3.5.1	MDL 准则	55
3.5.2	单平台本地处理	56
3.5.3	多平台合作分选	56
3.5.4	实验结果分析	59
第 4 章	辐射源识别方法及组网融合处理	60
4.1	基于参数匹配的辐射源识别	60
4.1.1	基于参数匹配的辐射源识别流程	60
4.1.2	基于参数匹配的识别性能分析	62
4.2	基于雷达型谱的辐射源识别	62
4.2.1	雷达信号的表征	63
4.2.2	雷达型谱	66
4.2.3	基于雷达型谱和分频段最近邻辐射源识别方法	69
4.2.4	仿真分析	71
4.3	基于支持矢量机的辐射源识别	74
4.3.1	支持矢量机的基本思想	74
4.3.2	支持矢量机的识别性能分析	75
4.4	基于神经网络的辐射源识别	77
4.4.1	基于神经网络的辐射源识别模型	77
4.4.2	神经网络的识别性能分析	79
4.5	基于稀疏表示理论的辐射源识别	80
4.5.1	信号稀疏表示模型	80
4.5.2	稀疏表示字典构造	81
4.5.3	稀疏分解算法设计	82
4.5.4	稀疏表示的识别性能分析	83
4.6	基于 DS 理论的辐射源处理	83
4.6.1	DS 证据理论的基本概念	85

4.6.2	基于 DS 证据理论的权值分配	86
4.6.3	多平台信息融合方法	87
第 5 章	组网目标定位与跟踪	89
5.1	无源定位的基本原理及其特点	89
5.1.1	无源定位的基本原理	89
5.1.2	无源定位的特点及方法	90
5.1.3	无源定位的精度评价指标	93
5.2	单站无源定位方法	94
5.2.1	基于运动学原理的无源测距定位	94
5.2.2	利用方位角变化率的无源定位	95
5.2.3	利用相位差变化率对目标的测距定位	99
5.3	组网无源定位方法	108
5.3.1	联合方位角无源定位方法	108
5.3.2	时差无源定位方法	109
5.3.3	频差无源定位方法	116
5.4	组网有源无源融合跟踪	117
5.4.1	有源无源数据预处理	118
5.4.2	序贯融合滤波算法	120
5.4.3	基于 IMM - EKF 算法的目标融合跟踪	123
5.4.4	基于信息需求的雷达自适应辐射控制	127
第 6 章	组网辐射源威胁决策模型与对抗方法	132
6.1	威胁决策模型	132
6.1.1	多属性决策理论	132
6.1.2	威胁分类	135
6.1.3	威胁决策模型	135
6.2	远程威胁的对抗决策与方法	137
6.2.1	辐射源目标分析	137
6.2.2	决策因子及其优属度函数	138
6.2.3	对抗方案设计	140
6.2.4	决策模型	141
6.2.5	典型案例	144
6.3	近中程威胁的对抗决策与方法	145
6.3.1	辐射源目标与战场电磁环境分析	146
6.3.2	决策因子及其优属度函数确定	147
6.3.3	对抗方案设计	149
6.3.4	交互式决策模型	150
6.3.5	典型案例	153
6.4	火力威胁的对抗决策与方法	155
6.4.1	火力目标分析	155
6.4.2	决策因子及其优属度	156

6.4.3	对抗方案设计	156
6.4.4	决策模型	157
6.4.5	典型案例	158
第7章	组网干扰决策制定及资源综合管控	163
7.1	干扰目标与干扰资源的描述	163
7.1.1	干扰目标的描述	163
7.1.2	干扰资源的描述	164
7.1.3	干扰资源的管理	165
7.2	干扰决策的制定	166
7.2.1	干扰决策流程	166
7.2.2	干扰要素分析	166
7.2.3	干扰能力度量	168
7.2.4	干扰决策制定	169
7.3	基于效率和损失的干扰效能评估模型	169
7.3.1	干扰效率	169
7.3.2	干扰损失性度量	170
7.3.3	干扰效能评估模型	171
7.4	基于 C-means 算法的干扰任务整合模型	171
7.4.1	干扰约束过滤模型	172
7.4.2	干扰任务整合模型	172
7.4.3	干扰的频域/空域参数设置方法	173
7.4.4	仿真实例	174
7.5	基于混合 PSO 算法的干扰资源优化分配方法	176
7.5.1	干扰资源优化分配模型	176
7.5.2	基于混合 PSO 算法的干扰资源分配	177
7.5.3	仿真实例	178
第8章	航空电子对抗组网效果评估	180
8.1	电子对抗效果评估标准	180
8.1.1	信息标准	180
8.1.2	能量标准	183
8.1.3	平台—组网标准	185
8.2	支援干扰效果评估	188
8.2.1	单平台干扰效果评估	188
8.2.2	组网干扰效果评估	189
8.3	自卫干扰效果评估	194
8.3.1	单平台干扰效果评估	194
8.3.2	组网干扰效果评估	202
8.4	支援—自卫联合组网效果评估	206
8.4.1	组网干扰的优势分析	207
8.4.2	组网干扰效果评估方法	208

第 1 章 概 述

20 世纪 80 年代以来,计算机和信息技术的迅猛发展将人类带入了网络时代。现实世界的许多系统都可以用网络表示,比如互联网、电力网、交通网,甚至是政治、经济、军事和文化等各个领域。对网络的分析与研究已成为现代科学领域中的一个具有挑战性的课题。

科学技术的发展直接影响并制约战争的形态。随着电子信息技术和网络时代的到来,现代战争的形式将不同于以往任何农业、工业时代的战争。科学技术的发展使得战争中使用的武器装备和战略战术也不断更新,作战样式也随之发生变化。工业时代诞生的机械化战争,其战争形态的重要特征是以平台为中心的消耗战。而现代信息化条件下的战争是在信息技术高度发展并广泛应用于战争中各个环节之后所诞生的一种新的战争形态,其核心是以信息网络为中心的多军兵种一体化联合作战,如图 1.1 所示。这一理念的典型代表即为美军的“网络中心战”,其基本作战原理是利用网络将不同军兵种的作战单元联合在一起,实现态势共享、综合决策和协同打击,提高部队的网络化作战能力,形成体系化系统作战模式。

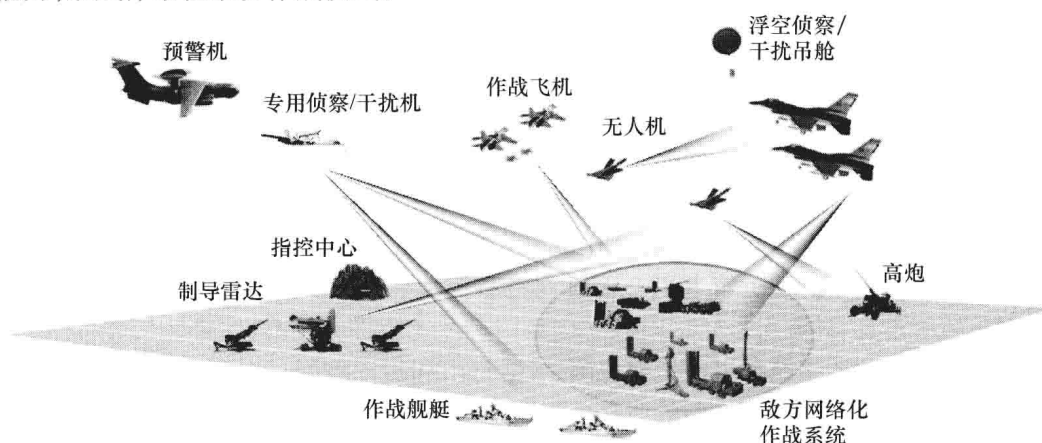


图 1.1 联合作战示意图

现代战争是以信息化为载体,以网络化为手段,具有高科技含量的体系对抗,任何以单一平台为载体的对抗方式已经不能适应现代战争的发展。组网雷达的出现,使得传统的电子对抗手段捉襟见肘,其将多部不同体制、不同频段、不同工作模式、不同极化方式的雷达适当布站,借助于通信手段联接成网,由中心站统一调配,从而使包括探测、定位、跟踪、识别和威胁判断等在内的雷达整体性能得到大幅度的提升,达到了体系化作战程度,空战中的作战飞机将会面临以敌方雷达网为主的探测、跟踪系统及其制导武器的全面威胁。同时,威胁源的数量和样式增长很快,战场电磁环境日益复杂,武器系统的攻击速度也越来越快,允许电子对抗设备反应的时间非常有限,因此,以单平台为载体的单一

电子对抗手段已不能满足现代战争的作战需求。是积极对待,追随对手向网络化方向发展,将独立的平台电子对抗手段提升为协同的组网电子对抗系统,将点对面对抗逐步发展为面对面对抗,实现体系对体系的对抗能力,达到以网制网的效果;还是消极对待,停滞不前,直至彻底退出信息时代的舞台,这是目前电子对抗领域生死存亡的关键问题。

针对网络化发展趋势,本专著提出航空电子对抗组网的概念。航空电子对抗组网将机载各电子对抗作战平台以网络的方式有机地结合在一起,实现多平台联合作战,提高整体电子对抗的作战效能。在此基础上,重点研究组网体系下的辐射源分选与识别、目标定位与跟踪、辐射源威胁等级评估与对抗决策、干扰资源分配及干扰策略、电子对抗效能评估等关键技术。

1.1 网络化战争概述

美国海军提出的“网络中心战”是指运用当下先进的网络技术对部队进行宏观的掌控和指挥,其原理是利用计算机网络,将侦察探测、武器打击和指挥控制三个网络相互联接,从而实现了战场态势感知、信息共享,缩短了指挥控制决策时间,提高了各军兵种协同作战能力,可对敌开展快速、精确、持续的打击。网络中心战相对于传统的平台中心战来说,是一种全新的作战理念。而传统的平台中心战主要依赖于自身平台的探测器和武器进行作战,平台本身存在局限性,信息共享程度有限,不利于实时信息共享和综合决策打击。

美国海军的网络中心战是在新的条件和作战任务下根据当前的战争态势的走向提出的。美国海军认为,在未来战争中,海军应脱离现有模式,依靠海军陆战队和陆军部队的火力支撑,可以使作战半径达到数千米乃至距离更远的范围。与此同时,在作战空域内夺取制空权,对敌进行打击、拦截和防御,并在地面部署相应的导弹防御系统,形成各兵种、全空间和多层次的联合作战体系网络。该网络采用先进的信息技术,联合支援部队和战斗平台,实现海、陆、空之间各个作战平台信息的实时数据交互,提高指挥控制能力,提升作战决策效率,使决策者更全面直观地掌控战场态势。这种体系对抗是传统的平台中心战所不具有的。

网络化战争的网络结构可由侦察探测、武器打击和指挥控制三个网络相互联接而组成。侦察探测网络将不同军兵种的侦察探测系统用网络加以联接,实现信息的实时共享和战场的态势感知;武器打击网络作为整个战争系统网络的输出终端,由各军兵种武器组成,对敌方实施打击;指挥控制网络由各级指挥控制系统组成,作为战争网络的“核心”,对各级上报的信息进行综合决策,并下达指挥控制命令。从整个作战网络来说,侦察探测网络负责侦察、探测和预警;武器打击网络负责实施打击;指挥控制网络负责综合决策、指挥和控制。

对于战争网络,在同一个子网中的作战节点具有相似的战争形态或相近的作战效能。比如战争网络中的某一子网可能表示传感器网络,或是集团军、师、旅等作战单位,也有可能表示执行战场特定任务的若干组织。子网中的节点表示具体的作战单元,属于同一子网的作战单元具有相同的性质,例如,执行突防任务时由突防飞机作为作战单元的网络。属于不同子网的作战单元彼此间可能也会发生交联,比如预警、探测雷达组网

会将探测结果输出给由制导雷达组成的网络。

网络化战争具有实施范围广、作用时间长、参与人员多和打击目标全的特性。具体表现为以下几点:首先,网络广泛应用于军用和民用的各个领域,使用人员复杂,信息资源丰富,难以形成有效的手段对网络加以限制和掌控。无论在世界任何地点,只要有网络接入,任何人员都可以利用多种方式对网络进行攻击和破坏,包括使用公共电话网络、无线移动网络、有线通信网络等接入手段。其次,实施网络攻击的时间可以是公开的,也可以是秘密的;可以是间歇性的,也可以是全天候的;可以在规定时间攻击,也可以随机发动攻击。作用时间灵活性高、易于控制、便于操作。再次,网络攻击的参与人员可以来自不同领域、不同层次和不同群体。可以是军事作战人员,也可以是网络爱好者,有些国家甚至专门设置了培养网络攻击人员的机构,培养所谓的“黑客”。最后,网络攻击的目标不仅是军事网络本身,甚至覆盖交通网络、经贸网络和通信网络等。这些非军事网络直接影响着社会的稳定,同时,对于国家的政治、经济、军事起着举足轻重的作用。

网络化战争以全球网络为基础,以网络中的每一个节点为作战个体,以网络间的信息交互作为指挥控制命令的传输,其必然凸显出复杂的结构特性和演化规律。“梅特卡夫定律”指出:网络的威力与网络中节点数量的平方成正比,而系统的复杂性与节点数量的立方成正比。网络中的节点数目的增加,将增加网络系统操作和管理的复杂性,对网络系统的规划、控制和管理提出了更高的要求。

1.2 典型的网络化作战模式

1.2.1 赛博空间战

近年来,美军提出了“赛博空间战”的概念。赛博空间(Cyberspace)是哲学和计算机领域中的一个抽象概念,指在计算机以及计算机网络里的虚拟现实。赛博空间一词是控制论(cybernetics)和空间(space)两个词的组合,是由居住在加拿大的科幻小说作家威廉·吉布森在1982年发表于*Omni*杂志的短篇小说《融化的铬合金》(*Burning Chrome*)中首次创造出来,并在后来的小说《神经漫游者》中被普及,并逐渐登上了军事舞台。

根据美军参联会2006年出台的《赛博空间国家军事战略》,赛博空间指的是“通过网络化系统及相关的物理基础设施,利用电子和电磁频谱存储、修改并交换数据的领域”。通俗地说,赛博空间与陆、海、空、天领域一样,是由电磁频谱、电子系统以及网络化基础设施组成的一个作战领域。它所包括的不仅仅是计算机网络,还有使用各种电磁能量(红外波、雷达波、微波、伽马射线等)的所有物理系统。美国空军参谋长迈克尔·莫斯利曾开玩笑说,赛博空间囊括了从“直流电到可见光波”的一切东西。由于赛博空间作战的无界性、高技术性和不对称性等特点,五角大楼已将是否能够主宰赛博空间上升到关系国家安全的战略地位。

《美国空军赛博司令部战略构想》中对赛博空间的规划描述与认识理解,可以归纳为如下几点:

(1)赛博空间与陆、海、空、天并列为五大作战空间。它是一个通过组网的系统和相关物理基础设施,利用电子和电磁频谱来存储、修改或交换数据的空间。

(2) 美军早已经在赛博空间内作战了,赛博司令部的任务就是实现在整个电磁频谱上的持续作战能力。

(3) 赛博空间是电子对抗、指挥、控制、通信、监视与侦察的媒介。它包括电磁频谱及其独特的物理特性,以及那些为在电磁频谱内作战而制造的人造电子系统所产生的特性。赛博空间力量的主要组成部分包括:电磁频谱科学、电子技术与系统和一体化的网络基础设施,如图 1.2 所示。

赛博
空间
领域

电磁频谱科学
电子技术与系统
一体化的网络基础设施

图 1.2 赛博空间的主要组成部分

(4) 控制赛博领域可以确保在己方正常使用电磁频谱的同时,选择性地拒止敌方使用电磁频谱的能力。

(5) 赛博空间既有进攻性作战,也有防御性作战。

“赛博空间”可以统领网络化的电磁域空间,“赛博空间战”也包含了在上述网络空间中的作战行动,即战场通信网络对抗、雷达网对抗、战场计算机网络对抗和指挥控制网对抗等。所以,计算机网络空间仅仅是赛博空间的组成部分之一,赛博空间战比计算机网络战具有更丰富的内涵。

综上所述,赛博空间战是一种广义上的信息战,既包含了传统的电子对抗,也包含了现代的计算机网络战,同时还具有广阔的外延。可以理解为以网络为基础,对战场综合信息实施的一种控制。战场上军事斗争的双方实际上是在进行对这种信息控制权利的保持与争夺。

1.2.2 网络中心战

网络中心战(NCO)是美国提出的一种新型作战理念和作战样式,由美国海军作战部长杰伊·约翰逊上将 1997 年提出,后来被国防部提升为信息时代的战争形态。2002 年 8 月,美国政府在国防报告中指出,网络中心战能力是未来联合作战的核心,将形成网络中心战能力作为军队转型的重点。网络中心战的核心是通过传感器、决策系统和火力打击系统联成网络来获得共享态势感知、更快的指挥速度和作战节奏、更高的战斗力、更大的杀伤力,可以提高生存率,从而大大提高作战效果。

美军以全球信息栅格(GIG)作为新一代国防信息基础设施,具体到海军,其构想是以海军指挥与信息基础设施作为其网络中心战的实施构架。指挥与信息基础设施具有两层:支持性资源基础和利用支持性资源基础的应用。支持性资源基础的主要功能是提供通信链路和使之形成网络的通信及组网业务,保证信息的安全,协调资源使用和带宽分配,并提供端对端业务质量的系统资源管理;利用支持性资源基础的应用包括信息收集管理、信息的利用与合成、信息请求与分发管理、信息的显示与决策支持和执行管理等功能。所以,搞好基础设计是信息系统适应作战需求的前提,最关键的就是系统基础层的设计。美军网络中心战的信息系统规划强调在保持无缝连接的同时,必须保证基础层对整个系统的适应性和业务应用的灵活性,并根据需求优选或融合现有体系结构,作为未来信息系统的构建框架,并依托该基础设施构建高效的一体化网络系统。

为了保证网络中心战的顺畅实施,必须在一体化的网络系统中构建适当的层次结构,以支持各层次的作战。美国海军可互操作的三级作战联合网络结构包括:用于作战

与战略层面的联合计划网(JPN),战术层次的支持作战指挥自动化的联合数据网(JDN)和具有协同作战能力的联合合成跟踪网(JCTN)。

1.2.3 空海一体战

空海一体战是美军为应对中国正在建设的西太平洋地区反介入/区域拒止能力建设而提出的一种新型战略级作战理念。空海一体战的提出与美陆、空军针对中、苏军联合开发的“空地一体战”颇有渊源。在“空地一体战”的指导下,美军在两次海湾战争中海、空军紧密联合,获得了较好的作战效果。因此,为了保持美军在西太平洋地区的军事优势,空海一体战概念应运而生。

作为战役级别的战争指导原则,空海一体战概念拟定了西太平洋军事战役规划,其中包括任务分配、实施方案和执行部队等。空海一体战的成功实施取决于多种因素,包括盟国与伙伴国的实质性参与,以及国防部对其发展项目进行大幅调整的能力。

空海一体战的相关内容包括:研发和部署突防能力更强的防区外远程情报、监视与侦察以及精确打击武器与平台;提升水下作战能力,包括部署潜艇、水下无人系统和水雷;由于天基指挥与控制、通信以及情报、监视与侦察系统的生存能力不强,建立强大的机载指挥、控制与通信中继网络,作为天基系统的备用系统;提高未来数据链、数据架构、指挥与控制、情报、监视与侦察基础设施的标准化水平和互操作性;注重发展跨军种电子对抗系统,加大对该领域的投入;提升网络攻防能力。

空海一体战的作战基础是美国海、空军在西太平洋地区密切协同,发挥各自作用,联手完成关键任务。两军种将在以下领域实施相互协同和支援:

(1)空军实施反太空作战。对天基海洋监视系统实施“致盲”行动,必要时海军平台可以协助空军完成反太空作战行动,支援空军海天控制任务。

(2)海军“宙斯盾”舰与其他导弹防御系统配合,保护空军的前沿基地和盟国日本。

(3)海军可使用水下和舰基情报、监视与侦察系统以及打击系统,对一体化防空系统实施攻击,为空军提供支援,并为空军的打击行动创造条件。

(4)空军通过远程突袭行动摧毁陆基远程海上监视系统和远程弹道导弹(包括反舰和对地攻击弹道导弹)发射系统,从而保证海军的机动自由,降低美国和盟国基地与设施遭受打击的可能性。

(5)海军舰载战斗机逐步击退有人和无人空中情报、监视与侦察平台以及战斗机,从而为空军加油机与其他支援性战斗机的前沿作战行动创造条件。

(6)空军通过隐身轰炸机实施攻势布雷行动,为海军提供反潜支援,同时,通过持续的非隐身轰炸机打击行动,为实施远距封锁行动的海军舰船提供支援。

1.2.4 雷达组网

雷达组网是信息化条件下,将多部不同体制、不同频段、不同工作模式、不同极化方式的雷达或无源侦察装备适当部署,通过通信数据链相互联接构成网络,由中心站统一调配而形成的一个有机整体。雷达组网借助信息融合技术将网络内各装备侦收的有用信息经综合处理后形成最终的雷达情报,其组网模式按照作战需求灵活调整网内各雷达的工作状态,发挥各自优势,从而形成具有电磁优势和信息优势的预警探测防空网,使其

作战能力得到极大提高,特别是在复杂电磁环境背景下,雷达组网的作战优势更是得到充分体现。

雷达组网是一种有效的空情预警系统,它通过不同体制、不同频段雷达的交错配置,增加战场空间信号的密度和类型,拓展了工作频段,使敌方电子侦察设备难以完成信号的分选、识别和干扰。并且,雷达组网采用了有源探测为主、无源探测为辅的综合探测手段,增大了探测距离,提升了探测隐蔽性和系统抗干扰性。此外,由于静态部署与动态部署相结合、前沿部署与纵深部署相结合等战术手段的应用,不仅提高了组网系统的预警能力,而且由于兵力部署的动态变化,增强了系统的抗打击性。

在系统抗干扰性方面,雷达组网采用了多种技术措施对抗有源压制干扰和有源欺骗干扰,主要从雷达体制、工作频段、信号复杂程度、功率合成和信息融合等方面获取抗干扰效益。主要表现在:

雷达组网后对抗有源压制干扰的能力增强了。多种雷达体制的混合应用以及新体制雷达的加入,提升了系统的抗干扰能力;多种不同带宽雷达的综合使用,增加了压制干扰的难度;网内雷达的交错配置和工作时间的不同步,增加了角度探测的难度;雷达网通过功率合成技术,增大了空间能量密度,提升了探测能力;多传感器信息融合技术的应用,使得雷达组网内部分平台受到干扰时,仍能通过其余平台的探测数据合成目标的精确信息。

雷达组网后对抗有源欺骗干扰的能力也得到了增强。由于雷达组网具有信号密度大、雷达信号形式多样、系统隐蔽性好等特点,使得我方侦察设备无法准确探测网内工作雷达的特征参数,进而无法调制出针对性强的干扰信号进行有效的欺骗干扰。

由于雷达组网后在对抗有源和无源干扰方面所具有的优势,通过单一平台逐个突破的方案显然行不通,必须从雷达组网目标探测、信号处理、信息融合、相互通信这四个方面入手,寻找薄弱环节,并采取综合对抗措施。雷达组网信息融合与资源分配的基本保证是雷达之间、雷达与融合中心之间的通信,因此,应当根据雷达组网的通信方式,采取相应的通信对抗措施。雷达组网的探测空域高低搭配、远近配合,形成了一个完整的探测体系,因此,应当采用超前干扰与远距支援干扰、随队支援干扰相结合的干扰措施,形成多层次、宽正面的干扰空域。雷达组网体制多样,信号处理方式各有侧重,因此,可采用压制干扰、欺骗干扰、分布式干扰和分布式诱饵相结合的综合干扰方式,拓宽干扰频段、扩展系统的干扰能力。针对雷达组网空间信号密度大、信号形式多样的特点,将所有的电子对抗支援资源按照一定的规则进行整合,拓展对信息的分选和目标识别能力。

目前,雷达组网技术已经广泛使用。

1. 美国的联合监视系统

联合监视系统是为保卫美国和加拿大领空的航空警戒监视系统而建造的雷达组网系统。联合监视系统共有 9 个作战控制中心,85 个监视雷达站,其中 47 个雷达站在美国本土,可在美国本土及其周围形成一个宽度达 320 km 的雷达覆盖区。每个监视雷达站通常有 3 部雷达:一部远程警戒监视雷达;一部远程航迹监视雷达;一部测高雷达。该系统昼夜监视防区的空情,探测、跟踪和识别来袭的敌机和巡航导弹,并指挥、引导防空武器实施拦截。

2. 美国“爱国者”导弹武器系统

美国“爱国者”导弹武器系统的每个作战单位通常包括 6 个火力单元,每个火力单元

都有一部相控阵雷达,各火力单元之间通过中心站进行数据的传输与交换,实现“爱国者”导弹系统的组网,整个作战单元的所有雷达形成一个群组网系统。其典型的组网方式为均衡布站,均衡布站的特点是网内各雷达均匀分布,以面防御为主,无重点防御方向。每个火力单元的雷达可以独立探测目标,也可在该作战单元中心的统一协调下工作。

3. 俄罗斯“橡皮套鞋”反弹道导弹系统

俄罗斯在莫斯科周围部署了“橡皮套鞋”反弹道导弹系统,它采用单基地雷达组网形式。该系统由7部“鸡笼”远程警戒雷达、6部“狗窝”远程目标精确跟踪/识别雷达和13部导弹阵地雷达组成。其中7部“鸡笼”雷达分别与2部或3部“狗窝”雷达联网,6部“狗窝”雷达又各与4部导弹阵地雷达联网。“鸡笼”雷达作用距离比较远,最大作用距离可达5 930 km,而“狗窝”雷达最大作用距离约2 800 km。所以,“鸡笼”雷达可远程预警,对空中目标进行远距离搜索探测,并将目标信息(包括距离、方位和高度信息)送给“狗窝”雷达;而“狗窝”雷达平时保持静默,在雷达组网系统送来的目标信息的参考下,只有当目标进入导弹射击范围时才开始工作,对目标进行精确跟踪和识别;导弹阵地雷达只是在发射导弹时才开机工作。

4. 法国 CETAC 防空指挥中心

法国的 CETAC 防空指挥中心主要用于对近程防空系统和超近程防空系统的战术控制。CETAC 防空指挥中心具有警戒、战术控制和指挥等功能,它将“虎”-G 远程警戒雷达与霍克、罗兰特和“响尾蛇”导弹连的制导雷达以及高炮连的火控雷达联网,实现空情预警、目标探测与跟踪、航迹校准、威胁评估、统一指挥和火力分配等功能。该系统还可接收当地雷达、STRIDA 网络、观测器和航空基地控制塔以及其他防空武器系统提供的信息,同时,还具有抗电磁干扰的能力。CETAC 有车载型、空运型和地下掩体型,一般由3名工作人员操作使用。CETAC 在设计中也使用了很多先进的电子设备和软件,包括高清彩色显示器、触摸灵敏性屏幕、结构计算机、高级软件语言和跳频收发机等。

5. 台军强网系统

台军强网系统具有进行中、远程探测的能力,是台军最先进的 C³I 系统。它由地面雷达站、空中预警机、自动化指挥控制系统等组成,并利用先进的计算机系统把雷达阵地、飞行基地、防空中心等作战要素相联接,构成一体化的防空体系。强网防空系统负责位于台湾本岛、金门、马祖和东引等岛屿的16个雷达站和近100部不同程式的雷达。这些雷达大多部署在高山,有些高山海拔在数千米以上,也有部署在开阔地形上的,它们构成了以台湾岛西中部为主要方向的雷达预警情报网络。这些雷达站配备的普遍是美军和北约现役的脉冲多普勒体制的三坐标雷达和低空补盲雷达,主要有 FPS-117 远程防空警戒雷达、HADR 新型三坐标多模相控阵雷达、GE-592 固态远程机一相扫描对空搜索雷达、TPS-43 机动式相扫描对空搜索雷达和 TPQ-36A 三坐标低空监视雷达。这些雷达采用了频率捷变、旁瓣消隐、多重频率等先进雷达技术,而且相互联接组网,在强网系统的指挥控制下统一工作。该雷达组网系统作用距离远,抗干扰、抗反辐射武器能力强。

1.2.5 舒特系统

“舒特(Suter)”系统又称“舒特计划”(Project Suter),是美空军研制的一种机载网电一体攻击系统,其命名来自美国“红旗”演习创立者理查德·穆迪·舒特上校。它的目标

是入侵对方通信网络、雷达网络和计算机系统。它通过雷达天线、微波中继站、网络处理点,综合运用电子对抗与网络战手段,采取无线注入的方式渗入到对方的防空雷达网或指挥信息系统,以系统管理员身份接管对方网络,实时监视对方雷达的探测结果,欺骗、瘫痪、控制对方雷达网、指挥信息系统。

“舒特”系统是早期电子对抗网络的一种雏形,其利用电磁频谱和网络的综合攻击能力,以无线网络的薄弱环节为突破口,入侵对方防空雷达网络和通信系统,应用复杂算法实施网络攻击,具有较强的情报、监视和侦察综合能力以及空间信息利用能力。“舒特”系统通过多架装有网络中心协同目标瞄准定位的有(无)人机进行数据融合,实现数秒内对目标辐射源高精度定位和识别,并在数分钟内通过多平台通用数据链路,把定位和识别信息传送到卫星空间站、地面引导站,进行分析、判断后,将处理结果提供给实施网络攻击的武器平台,使用加装“长矛”吊舱专用辐射源阵列和“豹穴”的“舒特”电子对抗飞机,发射大功率信号渗透进入对方防空网络或指挥信息系统,然后根据具体攻击战术,植入不同软件算法,实时监视对方雷达或指挥信息系统。其具体攻击步骤为:

1. 对目标实施电子侦察

使用 RC—135 电子侦察飞机,在目标防空区外进行信号获取和信息侦察,掌握对方防空系统或指挥信息系统的无线电联络内容、信号特征,遇到不能实时破译的密码,立即通过全球信息系统送到美国国家安全局,对侦收到的各类信号参数和信息进行分析、识别、处理,然后将有关信息传递到地面指控中心。

2. 根据作战目的选择攻击方式

“舒特”系统可选择的攻击方式有三种:①通过数据链路将目标信息传递给 EA—6B、ES—18G 等电子对抗飞机,对预定目标实施电子干扰;②通过数据链路将目标信息传递给 F—16CJ 或其他战斗机,对预定目标实施反辐射攻击或精确火力打击;③通过数据链路将目标信息传递给 EC—130H 专用电子对抗飞机,对预定目标实施网络攻击。

3. 发起“舒特”网络攻击

当地面指控中心决定以 EC—130H 专用电子对抗飞机对预定目标实施网络攻击时,RC—130U/V/W 电子侦察飞机通过网络中心目标瞄准系统,对敌方辐射源进行高精度定位,EC—130H 专用电子对抗飞机向敌方雷达或通信系统的天线发射电子脉冲信号。与传统的电子干扰和电磁脉冲攻击不同的是,这些电子脉冲流不是使用过载的噪音或能量流淹没敌人的电磁信号,而是向敌人脆弱的处理节点植入定制信号,包括专业算法和恶意程序,巧妙渗入敌方防空雷达网络,窥探敌方雷达屏幕信息,实施干扰和欺骗,冒充对方网络管理员身份接管系统,操纵雷达天线转向,使其无法发现来袭目标。

国内有观点认为:现代战争环境下,对空军作战而言,具有信号与信息特征的目标的威胁等级高于其他目标,应优先予以攻击、压制。对敌防空系统的压制是空军进攻作战中的首要任务和永恒需求,“舒特计划”的目的脱离不了这一根本目标。“舒特计划”的攻击重点应是具有电磁辐射特征的时敏目标,包括雷达、通信等“信息节点”。通过对雷达、通信等“信息节点”的攻击,瓦解敌方“现代综合防空系统”(IADS)的整体作战能力,实现“对敌防空系统压制”和其他既定作战目标。因此,“舒特计划”不仅仅要具有多平台协同作战能力,而且要建立多平台之间的信号级协同作战能力,突破航空平台尺寸小、空间隔离度不够等限制,实现电子攻击(AEA)的“全时侦察,全时干扰”,以及实时干扰效

果评估,从而实现对现代先进综合防空系统(IADS)的雷达和雷达网进行精确化干扰,并奠定对信息网络进行无线网络攻击的基础。但由于对无线网络的攻击虽然存在技术可行性,但在战术使用上有很大的局限性和不确定性,使得无线网络攻击无法替代传感器攻击,网电一体将是传统电子对抗和无线网络攻击的共同归宿,其本质是信息为主导的对防空体系实施综合压制。

1.3 电子对抗组网

电子对抗组网是将作战体系内的电子对抗平台和单元以有线或无线链路联接成网络形式,共享信息,统一决策,联合对敌的一种体系结构。这是一种新型电子对抗协同技术,并非单纯地指几个平台间的简单协同技术、某种干扰样式或针对组网雷达的某种组网干扰样式,而是基于电子对抗技术的平台级电子对抗设备间的优化协同组网技术。它可以是整个作战体系内的所有电子对抗系统组网,也可以是针对某个作战任务而形成的几个平台或单元间的组网。根据作战任务不同,信息共享和融合可以是参数级的,也可以是信号级的。

1.3.1 电子对抗组网的工作原理

电子对抗组网的基本工作原理是:分散在不同空域的电子对抗平台上的电子对抗系统,通过有线或无线链路有效联网,电子对抗侦察设备在指挥决策中心的引导与指挥下,对指定区域内辐射的电磁信号进行侦察,形成关于目标的状态与属性信息,指挥决策中心可接收获取各侦察设备检测的目标信息,并进行数据关联处理与信息融合,形成关于目标的完整信息与描述,形成指定区域内统一的态势感知。根据具体的作战任务,指挥决策中心有选择性、针对性地将目标信息下发至相关电子对抗融合控制中心,并根据实时战场态势对网内电子对抗平台进行统一的干扰资源管理与任务分配,并将决策信息发送至各电子对抗平台,实现对目标的识别跟踪、干扰压制与火力引导。在采取干扰措施后,将根据一定规则对干扰效果进行实时评估,指挥决策中心根据评估结果对是否需要重新分配干扰资源,以及是否需要调整干扰策略进行决策,如果需调整,将综合目标属性信息和战场态势,重新制定干扰策略,并将决策结果发送至电子对抗平台。

电子对抗组网的实质是通过一定的技术手段,使各电子对抗作战平台有机地联系在一起,实现多电子对抗平台协同作战,提升电子对抗能力。电子对抗组网的立足点是把所有的电子对抗平台组成一个有机的大系统,综合利用和管理具备的有源、无源对抗资源,整合电子对抗信息资源,所有参战平台“共享”电子对抗情报,通过融合相关电子对抗情报形成战场总体的威胁与电子对抗态势评估,依据战场态势半自动或自动地进行电子对抗决策,实现电子对抗资源的最大利用和最优分配,最大程度提高电子对抗装备的作战效能,提升协同电子对抗能力。

1.3.2 电子对抗组网的构成

电子对抗组网系统主要包括三大部分:一是起指挥引导与控制作用,完成目标信息的融合、情报信息分发与目标分配的指挥决策中心;二是完成侦察、告警、目标识别与定