



信息战名著翻译丛书

总策划：戴清民
主 编：吴汉平

电子战基本原理

Fundamentals of Electronic Warfare

[俄] Sergei A. Vakin

[俄] Lev N. Shustov 著

[美] Robert H. Dunwell

吴汉平 等译

邵国培 王汝群 等审



AH
Artech House



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

总策划: 戴清民

信息战名著翻译丛书

主 编: 吴汉平

书名题字: 戴清民

Fundamentals of Electronic Warfare

电子战基本原理

[俄] Sergei A. Vakin

[俄] Lev N. Shustov 著

[美] Robert H. Dunwell

吴汉平 等译

邵国培 王汝群 等审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING



Copyright©2001 Artech House, Inc., 685 Canton Street
Norwood, MA 02062. All rights reserved. No part of this book
may be reproduced or utilized in any form or by any means,
electronic or mechanical, including photocopying, recording, or
by any information storage and retrieval system, without permis-
sion in writing from the publisher.

本书英文版由Artech House公司出版, Artech House公司已将中文版独家版权
授予中国电子工业出版社及北京美迪亚电子信息有限公司。未经许可, 不得以
任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2004-0916

图书在版编目 (CIP) 数据

电子战基本原理/ (俄) 瓦金 (Vakin, S. A.) 等著; 吴汉平等译. —北京:
电子工业出版社, 2004.5
(信息战名著翻译丛书)
书名原文: Fundamentals of Electronic Warfare
ISBN 7-5053-9778-8

I. 电… II. ①瓦… ②吴… III. 电子战 IV. E869

中国版本图书馆CIP数据核字 (2004) 第022346号

责任编辑: 春丽 陈双

印刷: 北京天竺颖华印刷厂

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

北京市海淀区翠微东里甲2号 邮编: 100036

经销: 各地新华书店

开本: 850×1168 1/32 印张: 14.25 字数: 320 千字

印次: 2004年5月第1次印刷

定价: 32.00元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换, 若书
店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: 010-68279077。质量投诉请发邮件
至zltts@phei.com.cn。盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

信息战名著翻译丛书

总 策 划: 戴清民

主 编: 吴汉平

出版策划: 卢 强 吴 源

电子战基本原理

主 审 邵国培

副主审 王汝群 朱耀明 杨景曙

主 译 吴汉平

翻 译 施自胜 丁亚非 张巨泉 姜秋喜

胡以华 尹成友 陈小军 张剑云

程水英 吴汉平

丛书总序

相伴两次世界大战和上百次局部战争的腥风血雨，电子战自登上战争舞台至今，已走过一个世纪的历程。20世纪初，电磁波的发明及无线电通信的使用，战争中出现了无线电通信对抗；飞机的使用和雷达的发明，雷达对抗应运而生；越南战争将电磁频谱运用扩展到光电频段，诞生了光电对抗；反辐射导弹的问世，开辟了电子战硬杀伤的新领域。战场的信息化，使电磁斗争由信息获取、传递及控制向包括信息处理、利用等整个信息流程延伸，电子战便发展成为“能在大得多的范围采取进攻行动并影响整个战争的军事科学”，成为“一个更大概念——信息战的基本组成部分”。从海湾战争、科索沃战争到最近发生的伊拉克战争，以电子战和网络战为主要形式的信息战愈演愈烈，对战争胜负发挥了极其重要的作用。

与异彩纷呈的信息战历史相伴随的，是信息战理论的生生不息，繁荣昌盛。信息战理论是信息战实践活动经验的总结，是人类智慧结晶的重要部分。它源于战争实践，又用来指导战争，反映了人们对信息战的基本认识和驾驭信息战的一般能力，而信息战著作则是信息战军事思想和理论的主要载体。中外为数众多的信息战著作构筑了人类一座新的智慧宝库。

江泽民主席深刻指出：“任何一支军队，如果关起门来搞建设，拒绝学习国外先进的东西，是不可能实现现代化的。我军进行现代化建设，必须面向世界，跟上世界军事变革和发展的潮流，积极借鉴各国军队特别是发达国家军队现代化建设的有益经验，有选择地引进先进的技术装备和管理方法。”打开学习的窗户，迎进可

借鉴的经验，是我们加快信息战力量建设步伐，实现跨越发展的重要途径。我们高兴地看到，许多从事军事科研和教学工作的专家、学者，对引进外军先进的信息战理论给予了特别的关注，他们用自己辛勤的劳动推出了一本本外军信息战理论专著，为期盼进入信息战理论殿堂探胜寻宝的人们提供了一条路径。电子工业出版社从2003年2月起陆续出版的《信息战名著翻译丛书》就是这方面的一个突出成果。这套丛书汇集了外军信息战理论的经典著作，内容涵盖了通信对抗、雷达对抗、光电对抗、卫星对抗和网络对抗等专业领域。参与《信息战名著翻译丛书》翻译的同志多是我在担任解放军电子工程学院院长期间朝夕相处的战友，由于工作的关系，我与他们在学术上常有交流与切磋。我相信，这套丛书的陆续出版，对于大家了解外军信息战的作战思想和技术发展，对于我军的院校教学、装备科研及部队训练，都将会有所裨益。

当人类迈着铿锵的步伐走进21世纪，蓦然回首，工业革命已成为历史，迎面吹来的是信息革命的强劲飓风。用信息技术改造军队，靠信息优势赢得战争，成为当今军队发展的趋势。纵观世界近期几场局部战争，无不打上了信息革命的烙印。当我们面对信息领域的对弈而思索时，深切感受到对理论的需求。“善战者，先胜而后求战”。新的军事变革，新的战争形态，新的作战形式，新的军事实践，呼唤着新的军事理论。我们应当积极吸收外军的有益经验，开阔视野，兼收并蓄，为丰富和发展我军信息战理论，壮大我军信息战力量的建设服务。我期待着有更多的同类成果面世。

戴清民

2003年5月1日

作者简介

Sergei Aleksandrovich Vakin

1920年8月20日出生于卡卢加地区的乌里扬诺夫卡行政区的一个叫阿法纳索瓦的村庄。1945年毕业于朱可夫空军工程学院;1955年被任命为该校雷达系科学研究实验室主任;1951年完成了关于机载雷达的学位论文;1958年创建了电子战系并任首任系主任;1970年通过其博士论文答辩,自1973年起就一直担任教授。1974年在总参军事学院军队高级干部管理班进修结业。

其科学实践活动主要包括发展电子系统干扰的理论基础,研究战时车载电子战系统的应用方法,以及对敌防空系统进行突防的作战效能评估。他率先研究了在机载电子战系统中确定干扰信号最佳和最合理参数的方法。他是前苏联电子战理论的奠基人。由于他在这些领域的杰出工作,以及在创建和测试机载干扰系统新模型中做出的主要贡献,1983年他被授予“俄罗斯联邦荣誉科学家及工程师”的光荣称号。他开创了“生成信息稳定的遮盖性干扰信号(masking jamming signals)理论”的先河。

在研究电子战期间,他创建了电子系统信息稳定科学学校,并成为终身校长。他还独立培养了50名工程学人才,其中有5名后来成为博士。他发表了两本专著、90多篇学术论文并拥有18项发明,而且独立完成了30多项科研。他积极参与社会和科研工作,是4个博士论文委员会的委员。政府也多次对他予以奖励——3次荣获勋章,15次获奖牌。1998年被授予“朱可夫空军工程学院荣誉教授”的称号。

他的科学著作主要涉及超高频无线电物理领域,以及与电子战

系统工程相关的理论课题。在“苏联科学院研究报告”(1952年,《物理》杂志)和《无线电工程》学报(1958~1998)中刊登过他的权威性文章,他与 L. N. Shustov 合作共同出版了《电子对抗和无线电技术侦察的基本原理》(M. 苏联无线电出版社)一书。

Lev Nikolaevich Shustov

1933年3月13日出生于前苏联的图拉市。1965年毕业于位于拉脱维西加盟共和国的里加市的苏联空军高等航空工程学校,主修空军电子系统应用课程。此后,他在空军工程部队的很多管理岗位上任过职。从1960年起,他一直在朱可夫空军工程学院的电子战系从教。1982年他的“关于时空干扰及其应用”的博士论文通过答辩。1984年以来他一直担任该学院电子战系的教授。后来担任该系副主任,此后任主任,十分称职地管理着该系的教职人员。

作为电子战领域的权威科学家,他编写了有关该领域的几本基本原理类教材和著作。他的两本专著被译成多国文字,并在军事工程学方面一直处于领先水平。共发表了115篇论文,拥有15项发明专利。

作为前苏联时空干扰理论(the theory of space and time jamming)的创立者,他发展并深化了构建电子战体系的理论。创办了该领域的科学学校,至今仍然是该领域不可替代的首席科学家。他培训并指导过11名工程院院士的候选人。

在其整个职业生涯中,他从事过广泛的科研工作,如在电子战系统中若干大有希望的领域及其应用技术的各个领域,组织过许多科研项目的实验室工作,包括涵盖因各种需要而进行的电子系统功能性摧毁研究。

前苏联政府、国防部、空军司令以及研究院院系领导曾在不同场合对其进行了表彰。由于他在科技发展中的杰出贡献,他被授予“红星”勋章,并荣获11枚奖章。

目前,他是电子战系的教授。为了教育年轻一代,他参加了广泛的社会活动,还是两个专业委员会的委员。

Robert H. Dunwell

1972年毕业于洛杉矶市的加州大学。1974年至1993年,他在IBM公司驻欧洲和俄联邦的分公司工作,从事系统工程和图像处理系统工作。1994年至今,他一直在莫斯科的俄联邦DBT有限责任公司担任总裁一职。

原 著 序

在当前和可预见的未来,在武装力量的诸兵种中,电子系统作为并将继续作为部队和武器(军事装备)控制系统的基础。在防空部队中,雷达可收集空中态势的信息,还可确保对空目标的武器引导。

空军高精度武器(HPW)设施,包括合成天线雷达(SAR)和精确卫星无线电导航系统,可探测几百公里外的外形尺寸很小的陆基目标,并能以数量级为几米的均方根误差(MSE)测定目标的坐标,从而允许在大纵深上向敌军的作战编队发起大规模攻击[1]。

在武装力量的其他兵种中,通过采用适当电子系统来提高武器效能的类似范例,我们还可以举出一些。

虽然电子系统可以确保武器在战役和战术级上的高效能,但它也是控制系统中最为脆弱的因素之一,因为电子系统释放的辐射使它易于被检测出,还易于遭到技术方法(如电子战系统)的对抗。

军事工程领域中的这种斗争、措施和反措施的辩证发展,导致了电子战的诞生。虽然最初电子战只被当做是一种战役和战术级的支援措施,但后来逐渐发展成为支撑作战行动的重要因素。

目前,给电子战下的定义为:冲突双方为了探测和电子攻击敌方部队和武器控制系统,包括高精度武器以及保护

己方电子系统和其他目标免于被技术侦察(电子情报行动, ELINT)、人为干扰和自然干扰,而采取的一系列措施和行动。免于被自然干扰含有确保电磁兼容性(EMC)。

电子进攻可通过以下方法实现:

- 人为干扰(有源干扰、无源干扰、假目标);
- 减少雷达和热源的可检测性;
- 改变环境(电磁波的传播环境)的电特性。

和其他类型的技术情报相互作用[2]的 ELINT,必须解决两个问题:1)探测和分析敌方电子系统的辐射,以对敌电子系统进行干扰;2)在电子战的动态过程中,为了改善我方电子系统的电子防御能力,对敌方的干扰辐射进行探测和分析。

实施 ELINT 的另外一个目的是收集信息来源,以用于今后开发和合成特定干扰环境中的电子系统的最佳结构和算法。用多种手段从 ELINT 和其他技术侦察系统所获得的信息为建立计算机数据库和知识库打下基础,而敌我双方的电子战系统和电子防御(抗干扰及抗截获 ELINT)的控制系统的组成部分之一便是计算机数据库和知识库。

攻防系统之间的动态斗争过程,辩证地促成了电子战的问世。在下面这个战例中,我们以二战期间英国轰炸机与纳粹德国防空力量的战斗来说明这种关系。

英德空战之前,只有使用单台设备进行干扰的战例,但从本质上讲,这既不是大规模的也不是有组织的,并没有导致作战行动在战术上发生质的变化。英国轰炸机首次大规模使用无源干扰是在 1943 年 6 月 24 日对汉堡发动的夜间

空袭,并在此后的空袭中继续有组织地使用这种手段。干扰目标是 Würzburg 炮瞄雷达站,该站所发射的信号波长约为 50cm。在此例中,无源干扰由人工投放波长为 25cm(即约等于雷达波长的一半)数量级的锡箔条(偶极子)组成。由于使用了无源干扰,英国轰炸机在几个月内的损失减少了大约一半。在首次运用干扰之前,英国人对干扰目标进行了长时间的侦察。在轰炸机的损失达到忍无可忍的情况下,这才横下决心使用干扰。

干扰如此高效,在很大程度上归功于所选的对付 Würzburg 雷达的波长。直到战争的后期,Würzburg 雷达才修改了有关电路以对抗无源干扰,但改变波长的可能性就没有了。1943 年 10 月,美国轰炸机采用有源干扰对 Würzburg 雷达实施地毯式的干扰,由于 Würzburg 雷达不可能变更载波频率,美机的轰炸效果非常好。

二战期间和战后的最初几年可被认为是电子战系统和技术发展的初始阶段。

按照辩证的规律,电子战系统和技术后来不断发展着。而且,斗争的一方是雷达,另一方是电子战系统。雷达和电子战系统两者在结构和算法上的重大变革大致可分为四个阶段:20 世纪 50 年代,为了对付用快速变频(快速改变载波频率)的非相干雷达以及采用脉冲对消技术构成的抗干扰装置,在干扰机中引入了电子变频,开发了投放金属箔条的专用设备。

在 20 世纪 60 年代以及 70 年代前 5 年,出现了能滤除无源干扰的脉冲相干雷达,并可克服地表反射的电磁波,探

测低空飞行的飞机。通过将幅度提高约一个数量级以增加特别的潜能和迅速改变载波频率,可抵御有源干扰侵入雷达。电子战系统也发生了相应的演变。

在 20 世纪 70 年代的后 5 年和 80 年代之初,出现了可用两种模式工作的雷达:以窄带信号工作的脉冲相干模式和以宽带信号工作的大基底脉冲相干模式。增大基底能够相应地增加雷达潜能。使用两种模式可使敌方难以有效地组织有源和无源干扰。在窄带模式中,宽带干扰的效能被削弱,而宽带模式又能将窄带干扰的效能减小。电子战系统和技术也做了相应的改变。

电子战第四个阶段,除了高精度武器系统的出现为特征之外,还体现在使用了适应干扰环境的相控阵雷达,供信号处理用的多路切换器以及通过转换形成类噪声信号(NLS)来降低雷达辐射的可检测性。

电子战系统和技术性能在提高,因此,大量使用这些系统变得很普遍。海湾战争后,电子战不仅被看成作战行动和战斗的支援措施,而且还被视为支撑作战行动和战斗的手段。

在本专著的第一部分,我们按照系统的方法,向读者介绍了电子战的基本原理。接着分析了电子战作战行动的各种类型,提出了视为电子战目标的电子系统的数学模型,包括最佳探测器和雷达跟踪器的数学模型、无线电通信系统和导航系统的最佳接收数学模型,以及识别方案模型。

运用集中服务理论(the mass service theory)和自动控制系统的理论,我们还介绍了控制防空部队和武器的自动

化系统的数学模型,该系统是电子战的打击目标。

运用信息论的方法和统计无线电技术,建立了干扰信号的模型。使用博弈论和统计学解释了干扰及干扰系统和技术的理论要点。

运用信息、能量、作战行动和战术以及军事及经济方面的参数,定义了干扰信号、电子战系统和技术的有效性指标。开发并介绍了有源雷达干扰走廊的计算方法,以及根据能量准则确定的各种抗干扰级别(即信息稳定度);开发并介绍了根据同样的能量准则而确立的用于各种无源干扰以及有源-无源干扰的雷达干扰走廊的计算方法;此外,还对使用假目标、雷达诱饵和热诱骗的干扰方法进行了分析。

其次,就降低飞行器的可探测性和改变环境电磁特征的问题也做了评述。

笔者计划出版该专题的第二卷,拟名《电子战技术和电子情报》(EW Techniques and Electronic Intelligence)。在该卷中,我们打算对下列问题进行分析:

- 对无线电通信系统和无线电导航系统的干扰;
- 用于防空部队控制中的干扰雷达的技术和效能;
- 用于武器控制系统中的干扰雷达的技术和效能;
- 掩蔽单架飞机时的干扰技术和效能;
- 在无线电电子战中的 ELINT 方法。

参 考 文 献

- [1] Simonyan, R. G., *O nastupatel'nykh operatsiyakh v armii SSHA (About Offensive Operations in the US Army)*. Moscow: *Voennaya mysl'* (Military Thought), Vol. 1, 1989, pp. 69–77.
- [2] Brusnitsin, N. A., *Global'naya tekhnicheskaya razvedka SSHA (US Global Technical Intelligence)*. Moscow: *Voennaya mysl'* (Military Thought), Vol. 10, 1990, pp. 57–65.

目 录

第 1 章 电子战作战行动的目标	1
1.1 电子战作战行动的目标概述	1
1.2 作为电子战目标的电子系统的数学模型	5
1.2.1 基本原理	5
1.2.2 在搜索模式下工作的雷达接收机的最佳数学模型	6
1.2.3 电子跟踪装置接收机的最佳数学模型	10
1.2.4 无线电通信及导航系统中的最佳接收数学模型	17
1.2.5 电子系统中最佳识别技术的数学模型	20
1.3 控制防空部队自动化系统(电子战目标)的数学模型	23
1.3.1 基本原理	23
1.3.2 带有拒绝服务功能及中心控制的集中服务系统的模型	24
1.3.3 分散控制的多信道集中服务系统的结构变体	34
1.4 控制防空武器的自动化系统(电子战目标)的数学模型	39

1.4.1	基本原理	39
1.4.2	控制防空导弹的制导法则和效能 指标	42
1.4.3	导弹寻的电路中的运动元件的模型	46
1.4.4	机载雷达及雷达寻的头的测角装置的 数学模型	49
1.4.5	测角装置中的动态误差	54
1.4.6	测角装置中的随机误差	58
1.4.7	雷达寻的头中闭环电路的线性化数学模型 (在角度噪声的影响下)	60
	参考文献	70
第2章	电子干扰信号和系统及技术的数学模型	72
2.1	电子干扰的基本要素概述	72
2.2	干扰信号的数学模型	73
2.2.1	基本原理	73
2.2.2	毁伤式干扰信号	79
2.2.3	遮蔽式干扰和欺骗式干扰信号的数学 模型	83
2.2.4	未调制的时频遮蔽式干扰信号	84
2.2.5	时间空间遮蔽式干扰信号(角噪声)	92
2.2.6	频率时间调制的遮蔽式干扰信号	100
2.2.7	调相信号的谱密度	104
2.3	干扰系统和干扰技术的数学模型	107
2.3.1	电子干扰技术的数学模型	111
	参考文献	130
第3章	电子战的效能评估标准	132
3.1	评估标准的基本特征	132
3.2	电子进攻作战中干扰信号和系统及技术的信息	