

海军新军事变革丛书



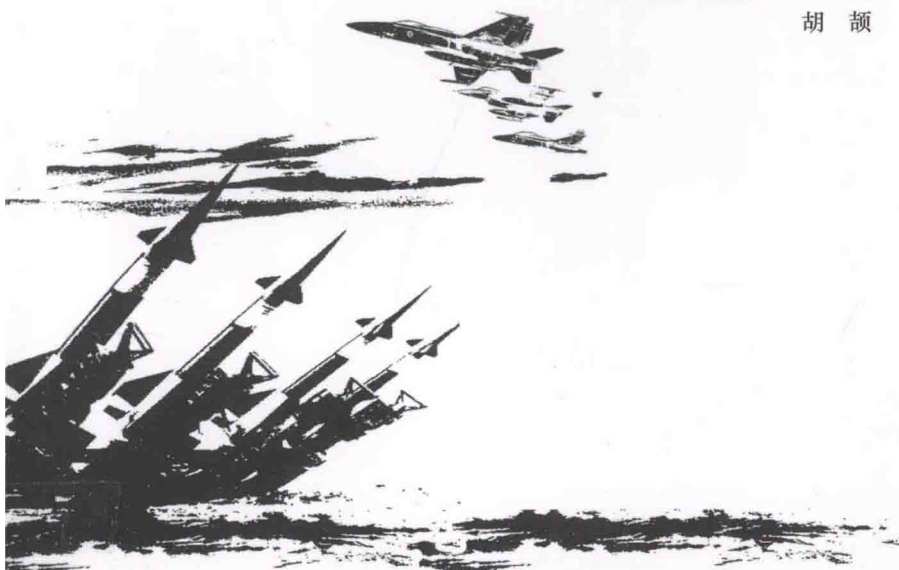
总策划：魏 刚 主 编：马伟明

电子防御系统概论

(第二版)

[意] Filippo Neri 著

张晓晖 饶炯辉 李 微 等译
胡 颀 主审



INTRODUCTION TO
ELECTRONIC DEFENSE
SYSTEMS,
Second Edition



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

海军新军事变革丛书

总策划：魏 刚 主 编：马伟明



电子防御系统概论

(第二版)

〔意〕Filippo Neri 著

张晓晖 饶炯辉 李 微 等译
胡 颀 主审



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

Original English language edition©2006 by SciTech Publishing, Inc., Raleigh, NC, USA.
The Chinese Translation edition Copyright©2013 by Beijing Media Electronic Information Co., Ltd.. All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission in writing from the Proprietor. 本书英文版由美国 SciTech 公司出版。SciTech 公司已将简体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 01-2013-4719

图书在版编目(CIP)数据

电子防御系统概论: 第 2 版 / (意) 内里(Neri, F.) 著; 张晓晖等译. —北京: 电子工业出版社, 2014.1

(海军新军事变革丛书)

书名原文: Introduction to electronic defense systems

ISBN 978-7-121-21612-1

I. ①电... II. ①内... ②张... III. ①电子防御—防御系统 IV. ①E813

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 237133 号

责任编辑: 张 毅 特约编辑: 王 倩

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 720×1000 1/16 印张: 36.75 字数: 529 千字

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 115.00 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 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。
服务热线: (010) 88258888。

海军新军事变革丛书

丛书总策划 魏 刚

编委会主任 马伟明

编委会副主任 敖 然 高敬东 李 安 李敬辉
赵晓哲 曹跃云

常务副主任 贲可荣

编委会委员 (以姓氏笔画为序)

王公宝 王永斌 王德石 卢晓平
朱 锡 邢焕革 邱志明 宋裕农
何 琳 吴晓峰 张永祥 张明敏
张晓辉 张晓锋 郁 军 侯向阳
高 俊 夏惠诚 鲁 明 察 豪
蔡志明 黎 放

选题指导 鞠新春 唐宗礼 胡 颀 裴晓黎
胡 波 邹时禧 顾 健 徐 勇

出版策划 卢 强 吴 源 张 毅

电子防御系统概论（第二版）

主审 胡 颀
主译 张晓晖 饶炯辉 李 微
审稿 邹时禧 苗秀梅
翻译 胡清平 孙春生 韩宏伟 李韧之
刘重阳 刘玉军

《海军新军事变革丛书》第二批总序

当今世界，国际战略格局正在发生深刻变化。传统安全和非传统安全威胁因素相互交织，霸权主义、强权政治有新的表现，恐怖主义、极端主义、民族分裂主义此起彼伏，和平与发展的车轮在坎坷的道路上艰难前行。

发端于 20 世纪 70 年代的世界新军事变革，从酝酿、产生到发展，经历了近四十年由量变到质变的过程。海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争，以及伊拉克战争这几场高技术条件下局部战争确定了世界新军事变革的发展轨迹和基本走向，展现了未来信息化战争的主体框架。这场新军事变革就是一场由信息技术推动，以创新发展信息化的武器装备体系、军队编制体制和军事理论为主要内容的世界性军事变革。

世界军事变革大势促使军队改革步伐加快。世界范围的军事变革正在加速推进，这是人类军事史上具有划时代意义的深刻变革。美国凭借其超强的经济和科技实力，加快部队结构重组和理论创新，大力研发信息化武器装备，积极构建数字化战场与数字化部队。目前正大力深化军事转型建设，通过发展航空航天作战力量等四十多项措施，进一步提高军队信息化程度和一体化联盟作战能力。俄军也以压缩规模、优化结构、组建航天军、争夺制天权等为重点，全面推行军事改革，着力恢复其强国强军地位。英、法、德等欧洲国家和日、印等亚洲大国，则分别推出军队现代化纲领，努力发展最先进的军事科技，谋求建立独立自主的信息化防务力量。

世界新军事变革的发展趋势：在人才素质方面，加速由简单操作型向复合知识型转化；在军事技术方面，加速由军事工程革命向军事信息革命转化；在武器装备方面，加速由机械化装备向信息化装备过渡；在战争形态方面，

加速由机械化战争向信息化战争转变;在作战理论方面,正在酝酿着全方位突破;在军事组织体制方面,正朝着小型化、一体化、多能化的方向发展。此外诸如战争本质、军事文化、军事法规等方面都在悄然发生变化。

胡锦涛主席指出:“我们要加强对世界新军事变革的研究,把握趋势、揭示规律,采取措施、积极应对,不断加强国防和军队现代化建设,为全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化提供可靠的安全保障。”今天的人民海军正承担着完成机械化和信息化建设的双重历史任务,时不我待,形势逼人,必须顺应潮流,乘势而上,积极推进中国特色军事变革,努力实现国防和军队现代化建设跨越式发展。

信息时代的人民海军,责无旁贷地肩负着国家利益拓展、保卫领土完整的历史重任,我们只有以大胆创新和求真务实的精神全面推进军事技术、武器装备、作战理论、体制编制、人才培养等方面的变革,才能赶上时代的步伐,逐步缩小与西方强国之间的差距,最终完成信息化军队建设的重大任务,打赢未来的信息化战争。

根据海军现代化建设的实际需求,2004年9月以来,海军装备部与海军工程大学以高度的政治责任感和思想敏锐性,组织部分学术造诣深、研究水平高的专家学者,翻译出版了“海军新军事变革丛书”。丛书着重介绍和阐释世界新军事变革的“新”和“变”。力求讲清世界新军事变革进入质变阶段后的新变化、新情况,讲清信息化战争与机械化战争、信息化军队建设与机械化军队建设在各个领域的区别和发展。其中2004年至今陆续出版的第一批系列丛书集中介绍了信息技术及其应用,出版以来深受广大读者好评。为更好地满足读者的需求,丛书编委会出版了第二批系列丛书。与第一批系列丛书相比,更加关注武器装备、军事思想、战争形态、军队建设编制等全局性问题,更加关注大型水面舰艇、新型潜艇、作战飞机、远射程导弹等新一代武器装备,是第一批系列丛书的发展深化。

丛书编委会和参加翻译的同志投入了很大精力，付出了辛勤劳动，取得了很好的成果。相信第二批系列丛书的出版为深入学习领会军委国防和军队建设思想、了解和研究世界新军事变革提供有益的辅助材料和参考读物，在加速推进中国特色军事变革的伟大实践中发挥应有的作用。

中央军委委员
海军司令员 

2009年7月15日

译者序

电子战是敌对双方在电磁频谱范围内，围绕着争夺电磁波的控制权和使用权（即“制电磁权”）而展开的军事斗争。随着人类控制和使用电磁波的技术水平不断提高，现代战场上的电子战也愈演愈烈，电磁波的有效利用、反制、反反制已经成为决定现代战争胜负的关键。美军前参谋长联席会议主席穆勒将军认为“如果说决定第一次世界大战胜负的关键因素是大炮，第二次世界大战是飞机之间的较量，那么现代战争的胜者必定是掌控了电磁波的一方。”

电子战的内涵一直随着电子技术的发展而不断地更新、丰富、发展和完善。

20 世纪 30 年代以前，电磁波在军事领域的应用只有无线电通信，那时候的电子战活动主要是对敌方的无线电电台进行简单的测向和定位，并利用己方电台发射无线电信号而对敌方电台实施欺骗、扰乱或干扰，即所谓的无线电对抗。

第二次世界大战初期，美军将简单质优、便于机动的 SCR-268 雷达批量用于对空炮火控制、近距离搜索与警戒及探照灯控制等，获得了不错的作战效果。此后，美军又陆续将新研发的 SCR-270/271 警戒雷达、SCR-584 炮瞄雷达、SCR-270 战斗机机载截击雷达等电子装备投入战场，充分展示了雷达在军事上的重要性，雷达对抗也因此逐渐取代“无线电对抗”而成为这一时期电子战的主体，所以第二次世界大战后期，越来越多军事家们开始使用“电子对抗”这一术语。

越战时期，红外、光电和激光等技术被应用于军事装备，光电对抗开始在战场上崭露头角，以利用、扰乱乃至压制、破坏电子装备为目的的电磁斗争被拓展到电磁波谱的光频段，“电子战”一词应运而生。1969 年，美军参

谋长联席会议通过正式文件给出了电子战的定义——使用电磁能量测定、利用、削弱或通过破坏、摧毁、阻止敌方使用电磁频谱,同时保障己方使用电磁频谱的军事行动。它包含三种作战行动:

(1) 电子干扰 (Electronic Counter Measures, ECM): 阻止或削弱敌方对电磁频谱的有效使用所采取的行动;

(2) 电子反干扰 (Electronic Counter-Counter Measures, ECCM): 在敌方使用电子战的情况下确保己方有效使用电磁频谱所采取的行动;

(3) 电子支援 (Electronic Support Measures, ESM): 在作战指挥官的直接指挥下,搜索、截获、识别和定位辐射电磁能量的辐射源以便立即辨认威胁所采取的行动。

在美军这一版定义中,电子战的内涵不包含电子情报 (ELINT),电子战的进攻行动也仅限于软杀伤。1990 年,美军对该定义进行了修正,但没有改变三种作战行动的名称,只是增加了一些新的内容。

1991 年的海湾战争和 1999 年的科索沃战争是爆发于 20 世纪末的两场“电子大风暴”,充分展示了现代战争以电子战为先导并贯穿战争始终的军事思想。在海湾战争前几个月,美国以空间侦察卫星、空中侦察飞机和地面侦察站相配合,全方位、多途径、昼夜不停地截获伊拉克的雷达、通信设施的电磁信号,分析查明其各种参数。开战前几小时,美军用 EF-111A、EC-130H、EA-6B 等电子干扰飞机和地面电子战装备同时释放强烈的电磁干扰,使伊拉克的所有雷达屏幕上一片雪花,操作人员完全成为了“盲人”——这就是代号为“白雪”的电子战行动。在 F-117A 隐形飞机、F-4G 反辐射导弹、攻击飞机对伊拉克境内重要目标进行空袭和实施猛烈轰炸的同时,美军还在不间断地侦测战场上的电磁信号,一发现新的电子装备,就立即对其进行干扰和摧毁,牢牢控制着海湾战场上的“制电磁权”。

海湾战争后,美国参谋长联席会议作战部召集武装部队各联合司令部和专业司令部的电子战专家于 1992 年 3 月举行了电子战专题讨论会,并在其新出版的《联合电子战条令》中重新定义了电子战,将电子战分为电子攻击

(Electronic Attack, EA)、电子防护 (Electronic Protect, EP) 与电子战支援 (Electronic Warfare Support, ES) 等三部分:

(1) 电子攻击是电子战的进攻部分, 泛指那些使用电磁能或定向能攻击敌方人员、设施或装备的军事行动, 其作战目的是削弱、压制或摧毁其战斗能力;

(2) 电子防护是电子战的防御部分, 泛指那些在敌方运用电子战削弱、压制或摧毁己方战斗能力或己方实施电子战时为保护己方人员、设施和装备不受任何影响而采取的主动或被动措施;

(3) 电子战支援是电子战的侦察部分, 泛指由指挥官分派或在其直接控制下, 为搜索、截获、识别和定位有意或无意电磁辐射源, 以立即辨认威胁为目的而实施的各种行动。

重新定义电子战具有下列突出特点:

(1) 充分强调了电子战的进攻性, 不仅把反辐射武器, 而且把包括高功率射频武器在内的电磁攻击武器也列入了电子攻击的范畴, 电子战不再仅仅只是一种支援力量而逐渐成为战场的主角, 电子战装备也不再是此前所认定的保障性装备而成为一种主战武器, 电子战完全能够独立地遂行预定的战役或战术性作战任务。

(2) 电子攻击的目的不再仅仅是降低敌方电子装备的性能, 也可以达到削弱、抵消或摧毁敌方战斗力的目的; 电子攻击的目标不仅包括敌方的军事设施或装备, 也包括操纵这些设施或装备的人员; 电子战不再只能“软杀伤”, 也具备“硬杀伤”能力。

(3) 电子防御不仅包括防护敌方电子战活动影响己方装备和人员所采取的行动, 也包括防护己方电子战活动影响己方装备和人员的所采取的行动; 不仅包括采取抗干扰、抗摧毁和保密安全等措施来保护己方电子战装备和人员的技术, 还包括采取电子干扰、电子欺骗、电子伪装和隐身技术等手段来保护己方电子战装备和人员的行动。

根据电子战的新定义, 电子战具有电子侦察、电子攻击和电子防御三大

主要功能,其中,电子侦察被划分为信号情报(包括电子情报与通信情报)、威胁告警和测向定位等三类;电子攻击被划分为电子干扰、电子欺骗、电子摧毁等三类;电子防御则被划分为反电子侦察、反电子干扰、反电子摧毁、反隐身等四类。

需要说明的是,国内长期以来对“ECM 应该被翻译为电子干扰还是电子对抗”、“电子对抗是否可以和电子战划等号”等问题存在争论。一种观点认为 ECM 应该翻译为电子对抗,他们将电子战的内涵划分为电子对抗和电子反对抗等“二元”,按照矛盾论的哲学思想给出了电子战的新定义:

敌我双方利用电磁能和定向能破坏敌方武器装备对于电磁频谱、电磁信息的利用或摧毁、杀伤敌方武器装备和人员;同时保证己方武器装备作战效能的正常发挥和人员装备安全所采取的军事行动。

前者被视为电子进攻,后者被视为电子防御,包含了电子侦察与反侦察、电子干扰与反干扰、电子隐身与反隐身、电子摧毁与反摧毁等军事行动。

译者无意参与这一争论,只是由于这一争论的存在,译者在此解释一下本书将 ECM 译为“电子干扰”的原因。原文作者将 ECM 划分搭载式无源和有源干扰装备、投放式无源和有源干扰装备等四类,与业内常说的有源干扰、无源干扰的内涵基本相同,只是原文作者把降低自身信号特征(飞机外形设计、降低红外辐射等)也归类于为搭载式无源干扰,而降低自身信号特征的目的就是降低敌方武器系统的探测概率,也可以将其视为一种对于敌方武器系统传感器探测能力的干扰行动——因此译者将 ECM 翻译为电子干扰。

诞生于 20 世纪末的“信息战”涵盖了电子战、心理战、网络战等军事行动,其实质是将电子战与更多的作战要素结合起来,通过利用或破坏敌方的信息、信息系统和信息化武器,同时保护己方的信息、信息系统和信息化武器,夺取并保持整个作战空间范围内的信息优势,进而达到以“信息流”来控制“能量流”和“物质流”,夺取并保持战争主动权的目的。

原文作者在论述信息战时,将其划分为 CI (Counter Information) 与 CCI (Counter-counter information),所以译者根据“二元论”的观点将其分别翻

译为信息对抗与信息反对抗。

本书是意大利著名电子战专家 Filippo Neri 博士所著《Introduction to Electronic Defense system》的最新修订版，主要介绍电子战装备与技术的基本原理、实施方法、最新发展、设计与测评准则等。他在本书中提出了电子防御（Electronic Defense, ED）的概念，该概念与美军所定义的电子战内涵中的电子防护（Electronic Protect, EP）概念并不相同，它涵盖了信号情报、电子支援、电子干扰、电子反干扰、信息战（心理干预、网络安全、密码保护）等军事行动，不仅包含了电子战中的防御行动，也包含了电子干扰、网络攻击这样的进攻行动，但这些军事行动具有一个共同点——不会造成人员的伤害，因而是一种“人道”的、“防御性”的作战形式。

本书的主要内容是围绕着电子战理论与实战所必须解决的三个问题来展开的：

- （1）电子信号的侦测与接收，包括辐射源的定距、测向、脉内参数分析；
- （2）对敌方辐射源及接收系统的干扰，使其作战系统无法正常工作；
- （3）在敌方实施电子干扰的情况下，保护己方电子设备正常工作。

对这三个问题的论述分别对应本书的第4、5、6章。

只有首先了解服务于武器系统的电子设备的工作原理，找出其弱点所在，才能有效地干扰敌方电子设备，削弱敌方武器系统战斗力。本着“知己知彼”的基本原则，本书在第1章概述了陆、海、空三军的作战使命及其所使用的主要武器系统和电子设备，介绍了“电子防御”的含义和技术框架，第2章用较大篇幅论述了电子防御的作战对象——雷达和光电传感器的基本原理，第3章分析了武器系统如何利用这些传感器达到作战目的，以及各类传感器的薄弱点。

为了使从事装备管理和采购工作的军事人员更加明确现代战场对于武器系统的实际需要，从而督促工业部门研发出能满足作战需求且在复杂电磁环境下具有较高性价比的新电子装备，本书第7章介绍了电子战领域的最新进展，展示了电子对抗和反对抗技术目前所取得的巨大成就，以及未来随着

新型综合电子系统(如多功能射频系统和定向能武器系统等)的出现而将获得的成果;第8章论述了设计与测试电子战装备时应该遵循的准则和方法,并讨论了评估电子防御系统作战效能的评估和模拟方法。

本书是电子战领域的经典著作,其第一版已被欧美许多军事院校选为论述电子与信息战的基本理论和工程技术的基础教材,并受到了广泛的好评。其最大的优点就是内容丰富、全面、翔实,并且集科学性、实用性、趣味性和可读性于一体。其最大限度地减少了数学公式和理论推导,用十分浅显的表述论述了:各种电子战系统的主要功能、雷达中易受攻击的部件是什么、武器系统的局限性在哪里、如何提高电子防御系统的有效性等作战人员十分关心的问题,因此可看做一本普及电子战知识的科技图书,可用于我军广大指战员和从事武器、电子装备采购与管理的相关人员的自学参考书,使其在进行电子战活动时可以深刻理解相关装备的工作原理和作战流程,并快速评估其作战效能。本书也较为全面地论述了电子战中所使用的隐身、诱饵、电子支援、电子干扰与反干扰等技术和各种电子战装备的工作原理,所以也可以用做我军院校大学本科相关学科的教科书,由于本书的参考文献非常丰富,还可为那些需要进行深入分析和研究电子防御技术的科研人员和研发新型武器装备的设计人员所用。在情报侦察、网络攻击、电子干扰等被 Filippo Neri 博士称做“不会制造弹孔”的电子战活动不时甚至时时发生的今天,翻译和出版本书意义重大。

由于译者水平有限,诸多不当之处敬请读者批评指正!

张晓晖

2012年10月

前言

我是意大利政府负责军事技术及军用装备研发的官员，在和西欧军备集团技术研究 II 组的专家合作期间，我们常常进行技术层面的讨论。显然，与具有技术背景的专家交流比和外行讨论更容易达成共识，因此，我非常支持以提升负责军备事务的国际同行们的军事技术修养为目的的工作。

从隐形技术到诱饵，从电子支援到先进的干扰技术，我非常赞赏本书作者 Filippo Neri 采用平实易懂的语言来阐述这些电子防御领域的最新进展。他用十分浅显的文字阐明了“低截获概率威胁”、“被动定位”、“先进数字接收机的优势”、“拖曳式诱饵干扰器”、“基于交叉眼干扰的新型自防护”和“高功率微波武器”等技术与装备的工作原理。

本书展示了武器系统电子对抗技术目前所取得的巨大成就，以及未来随着新型综合电子系统的出现（如多功能射频系统和定向能武器系统等）而将获得的成果。这些成果不仅可以为军事作战提供有效帮助，而且也可以作为遏制各种武装冲突的技术手段。此外，本书还讲述了武器系统电子对抗工作原理及其在现代和未来军事行动中的使用方法。

为了吸纳电子对抗装备和技术的最新进展，本书已经进行了修订和更新。我相信这本书的第二版将会像已经被许多欧美军事院校选为电子战基础教材的第一版那样受到欢迎。作为一名意大利官员，我必须承认我为此感到十分骄傲。

我希望通过阅读此书所获得的知识能够帮助从事军事装备管理工作的人员更加明确其需求并促使国防工业部门开发出性能好、成本低和效益高的新装备。

现在,电子战已经被证实是一种真正意义上的威慑和军力倍增器。我希望全球的军事人员都能意识到这种新技术的发展所能带来的好处,而且还希望这种新技术可以促使统治者在进行政治斗争时,放弃基于硬杀伤武器的残酷战争,而采取这种具有更低破坏性和更高作战效能的、基于高技术电子对抗模式的零伤亡解决方案。

Pietro Finocchin

意大利空军少将

2001 年 8 月

作 者 序

作为一名电子防御系统装备的设计者，我常常感到没有一本参考书详尽阐明了下述这些设计人员十分关心的问题：各种电子战系统的主要功能、雷达中易受攻击的部件是什么、武器系统的局限性在哪里、如何提高电子防御系统的有效性等。

根据一名雷达和武器系统设计者的经验，我知道一本描述武器系统及其电子防御系统原理的书籍对于那些希望或需要从事该领域工作的人员是非常有益的。

本书正是写给那些打算从事电子防御系统设计的人和正在或将要使用这些系统的人以及负责采购这些系统的人。

本书最大程度地简化了数学公式和相关理论，任何受过中等教育并对军用电子防御系统感兴趣的人都可以阅读和理解本书。对那些需要进行深入分析的读者，则可以阅读本书丰富的参考文献。

本书分为8章。第1章概述了电子防御系统的用途、工作机理及其子系统组成，简要介绍了电子防御系统的作战对象。

第2章分析了各种武器系统所采用的电子传感器以凸显其优点和对于电子防御系统具有更为重要意义的缺点，这有助于电子防御系统的设计者们有效利用武器系统传感器的不足之处。

第3章讨论了配备第2章所述电子传感器的火炮及导弹等武器系统，其目的也是为了使读者理解电子防御系统如何降低武器系统的作战效能。

第4章描述和分析了用于被动侦察的电子系统，即众所周知的电子支援，其波长涵盖了无线电波和红外光波。

第5章主要阐述电子防御的关键技术——电子干扰，即通过产生电磁信