

DIANZI DUIKANG YU
PINGGU

电子对抗与 评估

编著 ◆ 冯德军 刘 进 赵 锋
艾小锋 肖顺平

国防科技大学出版社
National University of Defense Technology Press

电子对抗与评估

Electronic Warfare and Its Evaluation

冯德军 刘进 赵锋 艾小锋 肖顺平 编著

国防科技大学出版社

· 长沙 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电子对抗与评估/冯德军等编著. —长沙: 国防科技大学出版社, 2018. 4
ISBN 978 - 7 - 5673 - 0506 - 9

I. ①电… II. ①冯… III. ①电子对抗—教材 IV. ①TN97

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 236188 号

国防科技大学出版社出版发行

电话: (0731)84572640 邮政编码: 410073

责任编辑: 邹思思 责任校对: 周 蓉

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本: 710 × 1000 1/16 印张: 18.5 字数: 342 千

2018 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数: 1 - 500 册

ISBN 978 - 7 - 5673 - 0506 - 9

定价: 36.00 元

前 言

制电磁权是指在一定的时空范围内争夺对电磁频谱的控制权，它和制空、制海权一样，是现代信息化战争的核心高地，是决定战争胜负的关键因素。制电磁权的主动权是靠电子对抗来实现的，电子对抗是一种以专用电子设备、仪器和武器系统降低或破坏敌方电子设备的工作效能，同时保护己方电子设备的正常发挥的技术手段。在信息化战争条件下，电子对抗技术的作用更加凸显，发展更为迅速，呈现出全空域、全频段、高强度的特点，已成为军事信息领域的前沿技术和军事强国争夺的热点领域。

随着电子对抗技术的发展，电子对抗装备和指挥方式也在不断更新，了解电子对抗的基本原理，掌握信息化条件下电子对抗装备的特点和作战指挥方式，已成为新型军事人才必须掌握的专业技能。为了适应未来战争的需求，新型军事指挥人员、装备使用和保障人员必须学习电子对抗的相关专业知识。

本书较系统地阐述了电子对抗的技术和指挥，全书共分八个章节和一个附录。第一章为概述，介绍了电子对抗的地位作用、主要内容、分类方式以及复杂电磁环境与电子对抗的关系；第二章为雷达对抗，主要介绍雷达对抗的基本知识和典型装备；第三章为通信对抗，主要介绍通信对抗的基本知识和典型装备；第四章为光电对抗，主要介绍光电对抗的基本知识和典型装备；第五章为电子对抗的战术与指挥，主要介绍电子对抗战术与指挥的主要原则和指挥内

容、方式实施；第六章为典型战场中的电子对抗，包括陆战、海战、空战中的电子对抗，并介绍了海湾战争和叙利亚战争中的电子对抗作战行动；第七章为电子对抗评估，介绍了电子对抗评估的方法和准则，并对雷达、通信、光电对抗的评估体系作了较详细的说明；第八章以雷达对抗为例，介绍了一个电子对抗评估的典型案例。附录为实验，通过雷达对抗案例教学，使学员掌握电子对抗评估流程和实现步骤。

本书由冯德军、刘进、赵锋、艾小锋、肖顺平共同编著。第一、五、六章由冯德军、肖顺平负责编写；第二、三章由刘进负责编写；第四、七章由赵锋负责编写；第八章和附录由艾小锋负责编写。本书撰写过程中得到了西安电子科技大学付小宁教授的大力支持，硕士研究生张然和刘蕾为本书的资料整理和编辑也做了大量工作，在此表示感谢。

本书可作为本科生相关专业教材使用，由于内容丰富，在实际教学中，教师可根据教学大纲进行内容选择。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请专家和读者指正。

编者

2017年10月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 电子对抗——现代战争的制高点	(1)
第二节 电子对抗的主要内容	(3)
一、电子对抗侦察	(3)
二、电子进攻	(4)
三、电子防御	(5)
四、隐身与反隐身	(6)
第三节 电子对抗的分类	(7)
第四节 电子对抗与复杂战场环境	(9)
第五节 信息时代的电子对抗	(12)
思考题	(15)
第二章 雷达对抗	(16)
第一节 雷达侦察系统	(17)
一、雷达侦察概述	(17)
二、雷达侦察频率测量	(18)
三、雷达侦察方向测量	(26)
四、侦察机对信号其他参数测量	(32)
五、雷达侦察信号处理	(33)
第二节 雷达干扰系统	(46)
一、雷达干扰概述	(46)

二、压制性干扰	(50)
三、欺骗性干扰	(52)
第三节 典型雷达对抗装备	(56)
一、机载雷达对抗装备	(57)
二、舰载雷达对抗装备	(62)
第四节 本章小结	(65)
思考题	(66)

第三章 通信对抗

第一节 通信对抗概述	(67)
一、通信对抗基本概念	(67)
二、通信对抗的作战对象分析	(68)
三、通信对抗技术体系	(72)
第二节 通信侦察	(73)
一、通信侦察概述	(73)
二、搜索式超外差接收机	(76)
三、信道化接收机	(78)
四、数字接收机	(80)
五、压缩接收机	(82)
六、声光接收机	(82)
第三节 通信测向与定位	(83)
一、通信测向概述	(83)
二、通信测向	(85)
三、通信定位	(88)
第四节 通信干扰	(92)
一、通信干扰概述	(92)
二、噪声干扰	(95)
三、键控干扰	(97)
四、脉冲干扰	(98)

五、转发式干扰	(98)
第五节 典型通信对抗装备	(99)
一、机载通信干扰系统	(100)
二、地面通信干扰系统	(102)
第六节 本章小结	(103)
思考题	(104)

第四章 光电对抗

(105)

第一节 光电对抗概述	(106)
一、光电对抗的基本概念	(106)
二、光电对抗的基本特征	(106)
三、光电对抗的发展趋势	(107)
第二节 光电对抗无源干扰技术	(109)
一、遮障	(109)
二、伪装	(113)
三、隐身	(118)
四、光电假目标	(125)
五、其他无源光电对抗措施	(126)
第三节 光电对抗有源干扰技术	(128)
一、红外干扰弹	(128)
二、红外有源干扰机	(133)
三、强激光干扰技术	(135)
四、激光欺骗干扰技术	(140)
五、紫外干扰源	(146)
第四节 典型光电对抗装备与应用	(148)
一、机载光电对抗系统	(148)
二、舰载光电对抗系统	(154)
三、地基激光防空武器系统	(158)
四、天基光电对抗系统	(160)

五、单兵光电对抗装备	(163)
第五节 本章小结	(166)
思考题	(167)

第五章 电子对抗战术与指挥

第一节 电子对抗战术运用原则	(168)
一、电子侦察先行	(169)
二、合理部署与集中使用	(170)
三、统一指挥与密切协同	(170)
四、重点打击与攻防并重	(171)
五、综合运用与电磁兼容	(172)
六、灵活机动与隐蔽突然	(173)
第二节 电子对抗指挥原则	(174)
一、知己知彼, 审时度势	(175)
二、细致周密, 准备充分	(176)
三、掌握关键, 顾全大局	(176)
四、迅速、坚定、不间断	(176)
五、集中统一, 整合力量	(177)
六、积极主动, 灵活运用	(177)
第三节 电子对抗指挥内容	(178)
一、了解任务, 判断情况	(178)
二、现场勘察	(179)
三、下定决心, 制订计划, 下达命令	(179)
四、组织对抗协同	(181)
五、进行战斗编组	(181)
六、组织保障和督促检查	(182)
第四节 电子对抗指挥实施	(182)
一、及时准确掌握战场情况	(183)
二、督导协调电子对抗行动	(184)

三、保持稳定不间断的电子对抗指挥	(185)
第五节 电子对抗的指挥方式	(186)
一、电子对抗指挥方式分类	(186)
二、电子对抗指挥方式的选择依据	(189)
第六节 本章小结	(192)
思考题	(192)

第六章 典型战场中的电子对抗 (193)

第一节 陆战中的电子对抗	(193)
一、陆战中电子对抗的任务	(193)
二、陆战中电子对抗力量和技术装备	(194)
三、陆战中电子对抗方法	(197)
第二节 海战中的电子对抗	(198)
一、海战中电子对抗力量和技术装备	(198)
二、海战中电子对抗方法	(201)
第三节 空战中的电子对抗	(203)
一、空战中电子对抗力量和技术装备	(204)
二、空战中电子对抗方法	(206)
第四节 海湾战争电子对抗行动分析	(209)
一、电子战装备简析	(209)
二、电子对抗战术分析	(212)
第五节 叙利亚战争电子对抗行动分析	(214)
一、电子对抗装备简析	(215)
二、电子对抗战术分析	(217)
第六节 本章小结	(218)
思考题	(219)

第七章 电子对抗评估	(220)
第一节 电子对抗评估概述	(220)
第二节 电子对抗评估方法	(221)
一、电子对抗装备效能评估基本方法	(221)
二、电子对抗装备效能评估基本模型	(222)
三、电子对抗装备效能评估具体实现方法	(226)
第三节 电子对抗评估基本准则	(230)
一、信息准则	(230)
二、功率准则	(231)
三、概率准则	(232)
四、效率准则	(233)
五、时间准则	(233)
第四节 雷达干扰/抗干扰评估指标体系	(234)
一、遮盖性干扰评估指标和方法	(234)
二、欺骗性干扰评估指标和方法	(241)
第五节 通信干扰/抗干扰评估指标体系	(244)
一、工程级对抗评估	(244)
二、战术级对抗评估	(247)
第六节 光电干扰/抗干扰评估指标体系	(250)
第七节 本章小结	(253)
思考题	(253)
第八章 典型电子对抗评估案例分析：雷达对抗评估	(255)
第一节 概 述	(255)
第二节 雷达对抗评估基本方法	(255)
一、搜索阶段评估指标	(258)
二、确认阶段评估指标	(260)
三、跟踪阶段评估指标	(261)

四、失跟与再截获阶段评估指标	(265)
五、多假目标评估指标	(266)
第三节 雷达对抗典型战情想定	(269)
第四节 雷达对抗结果评估与分析	(269)
一、无干扰、无隐身情况下的仿真试验与效果评估	(269)
二、无干扰、隐身情况下的仿真试验与效果评估	(270)
三、自卫噪声压制干扰情况下的仿真试验与效果评估	(271)
四、密集有源多假目标干扰情况下的仿真试验与效果评估 ..	(272)
第五节 本章小结	(273)
思考题	(274)
附 录	(275)
实验：雷达对抗试验及其评估	(275)
一、实验目的	(275)
二、实验背景	(275)
三、实验设备	(276)
四、实验原理	(276)
五、实验步骤	(278)
思考题	(279)
参考文献	(280)

第一章 概述

第一节 电子对抗——现代战争的制高点

电子对抗是敌我双方在电磁频谱领域的斗争，它随着军用无线电电子装备（通信、导航、雷达、敌我识别、计算机、制导武器等）在战场上逐渐使用，在相互对抗的斗争中发展起来。在我国 2001 年版的国家军用标准中，电子对抗是这样定义的：它是指使用电磁能、定向能、水声能等的技术手段，确定、扰乱、削弱、破坏、摧毁敌方电子信息系统、电子设备等，保护己方电子信息系统、电子设备的正常使用而采取的各种战术技术措施和行动。国外亦称电子战、电子斗争、无线电电子斗争等。

在不同的国家和地区，对电子对抗（电子战）的定义侧重点略有差别。例如，美国国防部的定义是：电子战是一种军事行动，它包括利用电磁能来确定、削弱或阻止敌方使用电磁频谱和保护己方使用电磁频谱的行动。北约的定义是：电子对抗是电子学军事运用的一个分支，它包括为阻止和减少敌方有效地利用电磁辐射确保自己有效的利用电磁辐射所采取的各种行动。俄罗斯的定义是：对敌方电子系统实施侦察、攻击，以及对己方军事设备、系统进行电子防护的综合措施。尽管措辞各有不同，但各国的定义实质是相同的：电子对抗双方通过在电磁领域的军事斗争来夺取电磁频谱的有效使用权。电子对抗作为现代战争不可缺少的作战力量，可以以多种不同的方式运用于战略、战役和战术行动中，在现代战争中发挥着决定性的作用。我们从几个典型的战例说起。

1986 年，美国针对利比亚先后策划了两场战争，即旨在“生理消灭”利比亚领导人卡扎菲的斩首行动——“草原烈火”以及“黄金峡谷”。对阵双方

2 || 电子对抗与评估

力量悬殊、强弱分明，完全不在一个层次。在这两场战争中，美国都是以电子战为先导的。美军的军用飞机在到达袭击目标之前，先用电子战飞机实施电子压制，使利比亚的雷达迷盲、通信中断、导弹难以瞄准目标，然后再向利比亚的各个要害目标采用精确制导武器发起猛烈的攻击。美军充分展示了电子对抗所带来的巨大军事效益，击沉、击伤利比亚多艘舰船，摧毁利比亚导弹基地雷达，炸掉卡扎菲的住所，而自己几乎没有损失。

1982年6月9日的贝卡谷地战争是电子战的经典战例。以色列首先出动“猛犬”式和“侦察兵”式无人驾驶飞机，侦察叙军的贝卡谷地。引诱叙利亚的雷达开机，获得雷达情报，并且通过空中照相摸清了叙利亚导弹基地的部署情况。诱骗战术得手以后，以色列开始了攻击。他们首先用电子干扰飞机对叙利亚防空部队的指挥系统实施了强烈的电子干扰，使叙军的通信联络中断，指挥失灵。接着，以色列用反辐射导弹摧毁了叙军的雷达，在预警机的引导和电子战飞机的掩护下，各类精确制导武器冲向预定目标，叙利亚苦心经营10年、耗资2亿美元建立起来的19个苏制“萨姆-6”防空导弹阵地、228枚导弹，在短短6分钟之内面目全非，付诸一炬。叙军不甘失败，第二天向谷地增派了7个导弹连和52架飞机，由于以军掌握了绝对的电子对抗优势，叙军所有的飞机和导弹只能像没头的苍蝇一阵乱窜，而以军则似猎杀火鸡一般地捕杀叙军的飞机，7个导弹连和52架飞机再次全军覆没，战争的结果令全世界瞠目结舌。

海湾战争是战争史上使用电子对抗装备最多、手段最完善、影响最深刻的一场局部战争。由于有强大的、一体化的电子进攻力量的掩护，多国部队在历时42天的海湾战争中共出动飞机109 868架次，仅损失飞机45架，损失率约为0.041%，这是前所未有的创纪录水平。而由于在电子对抗方面完全处于下风，伊拉克的雷达无法开机、飞机不能起飞、导弹不能发射，它的大量装备变成了一堆废铁，形同虚设。海湾战争向人们充分展示了电子对抗在战争中的突出作用，进一步确立了电子对抗在现代战争中的重要地位。

现代战争中，指挥控制及武器系统对电子设备高度依赖，破坏对方电子系统，就可降低对方的整体作战能力，减弱其武器系统威力；采取措施使己方电子设备正常工作，就能保证己方作战能力的正常发挥，从而对战斗力起到倍增作用。中东战争期间，埃及首次使用“萨姆-6”导弹攻击以色列飞机时，以军无电子对抗措施，平均5枚导弹击落其一架飞机，后来以军通过侦察和残骸分析，获取了“萨姆-6”制导雷达的频率和工作方式，有针对性地安装了干扰设备，结果，埃及平均50枚导弹才击落其一架飞机。据美军统计，带自卫

电子对抗设备的轰炸机，生存率可达70%~95%，反之则不超过25%；带电子对抗设备的作战飞机，出击时的生存率为97%，反之则不超过70%；水面舰艇不装电子对抗设备被导弹击中概率，约为加装电子对抗设备的20倍。国外军事专家认为，电子对抗是军事弱国对付军事强国的有效手段，“具有完善的电子对抗能力的国家，在其领土周围筑起一道强大、灵活、高效的电磁屏障，这是一道无论哪个国家都不能贸然入侵的肉眼看不见的万里长城”。

总之，电子对抗是一种特殊的作战手段，是陆、海、空、天后的第五维战场，它贯穿于各类进攻作战和防御作战的各个战斗环节，深刻影响着战争的进程和结局，是现代作战的关键能力之一。在未来的信息战争中，电子对抗也将是其重要支柱，是夺取信息优势的主要作战手段，未来战场的主动权将掌握在拥有电磁优势的一方。

第二节 电子对抗的主要内容

电子对抗的基本内容主要包括电子对抗侦察、电子进攻、电子防御、隐身与反隐身四个方面。

一、电子对抗侦察

电子对抗侦察指使用电子技术手段，对敌方电子信息系统和电子设备的电磁信号进行搜索、截获、测量、分析、识别，以获取其技术参数、功能、类型、位置、用途以及相关武器和平台的类别等情报信息所采取的各种战术技术措施和行动。电子对抗侦察是获取战略、战术电磁情报和战斗情报的重要手段，是实施电子进攻和电子防御的基础和前提，并为指挥员提供战场态势分析所需的情报支援。电子对抗侦察包含电子对抗情报侦察和电子对抗支援侦察两种类型。

电子对抗情报侦察是指使用电子对抗侦察设备进行长期监测和定期核查敌方辐射的电磁（或水声）信号，经分析和处理，确定辐射源的技术特征参数、性能，判别其类型、位置、配属的相关武器及变化规律等，为对敌斗争和电子对抗决策提供军事情报的电子对抗侦察。电子对抗情报侦察既可应用于战争时期，也可应用于平时时期。

电子对抗支援侦察是指在作战准备和作战过程中，使用电子对抗侦察设备

搜索、截获敌方电磁（或水声）辐射信号，实时确定特征参数、方向或位置，判明辐射源的性能、威胁程度等，为实施电子进攻、电子防御和战场机动、规避等战术运用提供实时情报的电子对抗侦察。电子对抗支援侦察主要用于获取战场电子情报和态势，为立即采取行动的战术目的服务，包括威胁告警和测向定位等手段。威胁告警包含雷达告警和光电告警，用于实时收集、测量、处理对作战平台有直接威胁的雷达制导武器和光电制导武器辐射的信号，并向战斗人员发出威胁警报，以便采取对抗措施。测向定位用于确定军事威胁辐射源的位置，用于支援电子干扰的角度引导和反辐射攻击引导。

实施电子对抗侦察常用的侦察平台和设备有电子侦察卫星、电子侦察机、电子侦察船、地面电子侦察站、投掷式电子侦察设备、电子告警设备等。

电子对抗侦察的特点是：侦察距离远、范围广、获取信息多；情报及时、准确；组织实施隐蔽、保密；可昼夜实施，受气象影响小；无论平时和战时都可不间断进行。其不足是当敌方电子设备不工作或实施静默时，无法获取情报。

二、电子进攻

电子进攻是指使用电磁能、定向能、声能等技术手段，扰乱、削弱、破坏、摧毁敌方电子信息系统、电子设备及相关武器系统或人员作战效能的各种战术技术措施和行动。电子进攻是为影响敌方的主动攻击行动，主要包括电子干扰、反辐射摧毁、定向能攻击、计算机病毒干扰等手段，用于阻止敌方有效利用电磁频谱，使敌方不能有效获取、传输和利用电磁信息，影响、延缓或破坏其指挥决策过程和精确制导武器的运用。

电子干扰是电子进攻的主要方式，是指利用辐射、散射、吸收电磁波（或声能）能量，来削弱或阻碍敌方电子设备使用效能的战术技术措施。电子干扰和电子欺骗是常用的、行之有效的电子对抗措施，通过有意识地发射、转发或反射特定性能的电磁波，扰乱、欺骗和压制敌方军事电子信息系统和武器控制系统，使其不能正常工作。电子干扰是一种软杀伤手段，它主要通过电磁波的作用来扰乱或破坏敌电子设备的正常效能发挥，并不是摧毁敌方的电子系统。当然，敌方在受到干扰时，可以采取各种反干扰措施。因此，电子干扰的效果不但取决于所采用的各种干扰手段的技术特性和战术使用方法，而且还取决于敌方电子系统所采用的反干扰措施。所以，电子干扰与反电子干扰的斗争不仅激烈且永无止境。

图 1.1 是美军先进的电子攻击机 EA-18G，它具备压制和欺骗等软杀伤



图 1.1 美军 EA-18G “咆哮者”电子攻击机

手段。但现代电子进攻并不局限于此，还包括高能激光、高功率微波、粒子束等定向能攻击，以及利用反辐射武器对敌方设备的硬摧毁。反辐射摧毁是指运用反辐射武器摧毁敌方电磁辐射源的作战行动。对敌方的电磁辐射源实施火力摧毁是最彻底的电子进攻手段，称为电子对抗硬杀伤。所摧毁的目标主要包括敌方的雷达、无线电发信台、光电辐射源、有源干扰平台等。反辐射武器是指利用敌方电磁辐射信号作为制导信息，跟踪和摧毁该辐射源的一种武器。目前所使用的反辐射武器主要有反辐射导弹、反辐射攻击机、反辐射无人机、精确定位攻击系统等。在作战中，除使用反辐射武器摧毁敌方电磁辐射源目标外，还常用航空、地面和舰载常规火力摧毁敌方电子设备和设施，在未来战争中，还将使用定向能武器摧毁敌方的电子目标。

三、电子防御

电子防御是指使用电子或其他技术手段，在敌方或己方实施电子对抗侦察及电子进攻时，保护己方电子信息系统、电子设备及相关武器系统或人员的作战效能的各种战术技术措施和行动。电子防御所针对的对象主要是敌方的电子对抗侦察手段和电子干扰、反辐射导弹、隐身、定向能武器等电子进攻手段，以及我方各类大功率辐射设备产生的干扰。其手段主要包括电磁辐射控制、电磁加固、电子对抗频率兼容、反隐身以及电子装备的反侦察、反干扰、反欺