

现代电子信息技术丛书

雷达与探测

(第2版)

——信息化战争的火眼金睛

主编 王小谟 张光义 副主编 王德纯 金林



国防工业出版社

National Defense Industry Press

现代电子信息技术丛书

雷达与探测 (第2版)

——信息化战争的火眼金睛

主 编 王小谟 张光义
副主编 王德纯 金 林



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书在整体框架及具体内容上均对第1版进行了大幅度修改和增新。主要内容有:雷达概论;监视雷达;跟踪雷达;机载雷达;超视距雷达;合成孔径雷达;弹道导弹防御雷达;民用雷达;无源雷达;雷达结构、工艺和微电子技术;雷达发射、接收与信号处理技术;雷达新技术及其发展。

读者对象:具有中专以上文化程度,从事雷达、军事电子系统工程的科研人员及管理干部;大专院校相关专业的师生。

图书在版编目(CIP)数据

雷达与探测 / 王小漠, 张光义主编. —2 版. —北京: 国防工业出版社, 2008. 5

(现代电子信息技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 118 - 05531 - 3

I. 雷... II. ①王... ②张... III. 雷达 - 基本知识
IV. TN95

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 007812 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)

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 31½ 字数 786 千字
2008 年 5 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 158.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474

发行业务:(010)68472764

《现代电子信息技术丛书》

编 审 委 员 会

名 誉 主 任	陈炳德					
主 任	李安东					
常务副主任	童志鹏	张 弛	王志刚			
副 主 任	刘成海	王小谟	熊群力	王 峰	许建峰	
	程洪彬					
委 员	蔡 镭	彭华良	王 政	毕克允	夏乃伟	
	张光义	刘 兴	雷 厉	张冬辰	黄月江	
	李 跃	胡爱民	范茂军	瞿兆荣	张学孝	
	李立功	梅遂生	廖复疆	程辉明	骆光明	
	汪继强	许西安	陈 洁			

总 编 委

总 编	童志鹏	
副 总 编	王晓光	
委 员	张雅丽	线珊珊

《雷达与探测》(第2版)

主 编 王小谟 张光义

副主编 王德纯 金 林

编著人员 (按姓氏笔画排序)

于文震	王友林	王长武	王德纯	方 芳	平丽浩
包训华	冯 挹	冯杏梅	邢文革	朱建军	朱瑞平
华海根	刘 岱	刘月华	刘光炎	刘延东	安凌凌
严 伟	李 忱	李 明	李士国	李文明	李宗武
李建新	杨广平	杨维生	吴礼群	邱敬之	张 伟
张 京	张 柳	张光义	陈 旭	陈 玲	陈亚良
陈国海	陈绪元	林幼权	罗 群	周万幸	周文瑜
周冠杰	金 林	郑 新	贲 德	胡长明	胡明春
禹胜林	秦灏卿	顾春平	倪国新	倪嘉骊	徐德好
郭延发	黄日晶	黄为倬	黄普庆	董士嘉	董树人
蒋晓虎	穆 冬				

审稿专家 (按姓氏笔画排序)

王 震	王小谟	王德纯	华海根	束咸荣	张光义
罗 群	周万幸	金 林	贲 德	倪嘉骊	徐 进
黄为倬	董树人				

Preface

序

《现代电子信息技术丛书》(以下简称《丛书》)自1999年首次出版,至今已8年了。《丛书》综合地反映了20世纪90年代电子信息技术的发展,受到广大科技工作者、大专院校师生和部队官兵的欢迎。进入新世纪以来,鉴于国内外电子信息的飞速发展,世界与局部形势发生了许多新的变化,电子信息技术循着摩尔定律预计的发展速度得到了持续的增长与进步。我国电子信息技术不论在基础层次还是在系统层次也取得了许多世界先进的成果,例如突破了纳米级的金属氧化物场效应器件(MOSFET)的设计与制造技术,研制成功了数十万亿次运算速度的巨型计算机,实现了计算栅格的研制与试验,成功地开发出世界级的第三代数字蜂窝移动通信系统,研制出空中预警与控制机系统和区域级一体化综合电子信息系统等。国际上,美国等发达国家在电子信息技术发展上处于领先地位,成功地研制出45nm的微处理器并进行批量生产,正向20nm及以下迈进。美国启动了从工业时代到信息时代的军事转型,提出从平台中心战(PCW)向网络中心战(NCW)的转型,并以全球信息栅格(GIG)为基础。GIG是美国所构想的、正在研发的国防信息基础设施,预计在2015年可形成初始作战能力。它以面向服务的结构(SOA)为体系构架,向联网的实体提供成套的、安全的信息服务与电信服务,以加强信息共享、决策优势与异构协同。GIG包括多模态数据的传递媒介,如陆上电路、空间单元和无线电台等,其所组成的互联网络可动态地、透明地将信息从发源处路由至目的地。以GIG为依托,美国军队加速向网络中心化演进,如陆军的未来战斗系统(FCS),海军的兵力网(Forcenet),空军的指挥控制星座(C² constellation)等。这里涉及十分巨大(Herculean)的技术挑战,必须通过从基础到系统的多层次创新和突破,才能在未来有限的时间内实现超越前15年Web网发明以来的发展。凡此种种,都是我们在编著《丛书》第1版时只能预测而无法探知的。然而今日,这些高新技术的面貌已逐渐清晰并迅速渗入人们的生活和竞争。这使《丛书》的作者们意识到进行再一次创作的必要性;同时,热心的读者们也期盼我们能及时对第1版进行

修改以便与时俱进。

基于以上原因,在各级领导机关的大力支持下,《丛书》各分册的原作者与新分册的新作者们在从事繁重业务工作的同时,废寝忘食、辛勤耕耘,对《丛书》各分册进行了精心修订、编撰,为第2版的问世做出了卓越的贡献。我谨代表《丛书》编审委员会向他们致以衷心的感谢与感谢。

第2版承袭了第1版的编写宗旨、编写特色及服务对象。在维持原结构不变的基础上,对内容进行了大幅度更新,并明显加大了军事科技的比重,增、删了7个分册,总册数由17分册变为18分册,总字数由800万字增加到1400万字。新版《丛书》仍以先进的综合电子信息系统为龙头,分层次、全方位地介绍各项先进信息技术,具体包括以下分册:

系统性技术分册

- 综合电子信息系统(第2版)
- 综合电子战(第2版)
- 侦察与监视
- 军事通信(第2版)
- 雷达与探测(第2版)
- 数据链
- 导航与定位(第2版)
- 计算机技术(第2版)
- 计算机软件技术(第2版)
- 信息安全与保密(第2版)

基础性技术分册

- 微电子技术(第2版)
- 光电子技术(第2版)
- 真空电子技术(第2版)
- 传感器技术
- 微声电子器件
- 化学与物理电源(第2版)
- 现代电子测试技术(第2版)
- 先进电子制造技术(第2版)

这两个系统分别从横向、纵向对众多先进的信息技术形成了有机的集成。

《丛书》的编写出版得到总装备部、中国电子科技集团公司及其有关研究所的领导的大力支持,得到国防工业出版社领导及编辑们的积极推动与努力,谨对他们表示由衷的感谢。



2007年8月26日

Preface

第1版序

信息技术是一个复杂的多层次多专业的技术体系,粗略地可以分为系统和基础两个层次。属于系统层的一般按功能分,如信息获取、通信、处理、控制、对抗(简称为5C技术,即Collection, Communication, Computing, Control, Countermeasure五个词的第一个字母)等;基础层技术一般按专业分,如微电子、光电子、微波真空电子等。

信息技术革命的火炬是由微电子技术革命点燃的,它促进了计算机技术、通信技术及其他电子信息技术的更新换代,迄今,尚未有尽期。信息技术革命推动产业革命,使人类社会经历了农业、工业社会后进入了信息社会。

大规模集成电路的集成度是微电子技术革命的重要标志,它遵循摩尔(Moore)定律,每18个月翻一番,预计可延伸到2010年。届时,每个芯片可包含100亿(10^{10})个元件,面积可达到 10cm^2 ,作为动态存储器的存储量可达64Gb(吉比特),接近理论极限 10^{11} 个元件和256Gb存储量。微处理器芯片的运算速度每5年提高一个数量级,到本世纪末,每个芯片运算速度可达10~100亿次每秒,有人认为,实现2000亿次的单片微处理器在技术上是可能的。与此相适应,每芯片比特存储量与每MIPS(兆指令每秒)运算量的成本将呈指数式下降,现在一个100兆指令/s专用数字信号处理芯片只售5美元。如果飞机的价格也像微电子那样呈指数式下降的话,70年代初买1块比萨饼的费用在90年代就可以买1架波音747客机。3年内1部电话机将只用1块芯片,5年内1台PC机的全部功能可在1个芯片上实现,6年内1部ATM交换机的核心功能也可用1个单片完成。由于微处理器芯片价格持续不断地下降,构成了它广泛应用的基础。现在,在一般家庭、汽车和办公室中,就有100多个微处理器在工作,不仅是PC机,而且在电话机、移动电话机、电视机、洗衣机、烘干机、立体声音响、家庭影院中也有。1辆高档汽车中包含20多种可编程微处理器,1架波音777客机含有100多万行的计算机程序代码。

通信技术的进步还得力于光子技术的进步。光通信速率(比

特每秒)每两年翻一番,现在实验室中已可做到 10^{12} b/s,即可将全世界可能传输的全部通信量于同一时刻内在 1 根光纤中传送,或相当于 1s 内传输 1000 份 30 卷的百科全书。通信速率的提高和通信容量的增大,使光通信成本也不断降低,与 80 年代相比,降低了两个数量级。

因特网是全球信息基础设施的雏形,其发展速度惊人。现在每 0.4s 增加一个用户,每 4min 增加一个网络。1996 年联网数大于 10 万,联网主机数大于 1000 万,用户数大于 7000 万(预计到本世纪末,将大于 2 亿),PC 机总量将达 5 亿,联网主机达 3000 万,信息量每 5 年翻一番。越来越多的公司、团体、机关、个人通过信息网络相互联接,其应用范围从单纯的电子函件通信扩大到远程合作(包括教育、诊断、办公、会议、协作等)、按需点播、多媒体文娱、电子商务、银行、支付等,人类社会生存与发展的另一维空间,即信息空间或称为赛博空间(Cyberspace)正在形成。如果说工业社会是建筑在汽车与高速公路上的话,信息社会则是建筑在信息与信息高速公路上的。政府、军队、经济、金融、电力、交通、电信等关键部门都要依赖于信息基础设施的正常运行。信息技术和信息产业的水平已成为综合国力的重要标志,也是国际竞争力的焦点与热点。

信息技术的飞跃发展及其渗透到各行各业的广泛应用,不仅推动了产业革命,而且也深刻地改变了人们的工作、学习和生活的方式。信息技术不仅扩展了人的视觉、听觉等感知能力,而且还渗透到思维领域,减轻或部分地替代人的脑力劳动,提高思维的效率和质量,实现人的思维能力的延伸,增强人的认知能力。信息作为事物的属性与相互关系的状态的表达是客观存在的,但不是显在的,很多是潜在的,有的是深埋的,有待挖掘与提炼。信息技术大大地丰富了信息采集的内容,提高了信息处理的能力,为人们认识客观事物及其规律的认识提供了创新的工具,也为人们正确认识与有效改造主观世界和客观世界提供了源泉,将使社会的物质文明与精神文明建设得到极大的发展。

信息、能源与物质是人类社会赖以生存与发展的三大支柱。在信息社会中,信息是最重要的支柱和最重要的产业,它影响着其他两个支柱的健康发展,包括生产、传输、分配、运行、减少损耗、改善管理、提高效率、降低成本等等;同时,它还能不断地培育与发展新物质和新能源的发明与生产,不断地改善生态环境,从而使人类社会进入可持续发展的健康轨道。

信息革命在带动产业革命的同时也带动军事革命,使得军事技术、武器装备、作战思想、作战方式、战争形态、军事原则、军事条令与部队编成等都将发生深刻的变化。如果农业社会是冷兵器时代,工业社会是热兵器时代,那么信息社会则是信息兵器时代。信息、信息系统与信息化平台、武器与弹药成为战场上的主战兵器。信息优势成为传统的陆地、海洋、空中、空间优势以外的新的争夺领域,并深刻地制约着传统领域的战斗胜负,从而构成信息化战争的新形态。在这种战争中,战争胜负决定于敌对双方掌握信息与信息技术的广度与深度。信息不仅是兵力倍增器,它本身就是武器和目标,是双方必争的制高点。1991 年初的海湾战争,被称为硅片战胜钢铁的战争,即源于这样的认识。它开启了赛博空间战、网络战、信息战等簇新的作战方式。

以信息优势为核心的军事革命是建筑在先进的指挥、控制、通信、计算机、情报、监视、侦察及其一体化的信息战能力的基础上的,这个众系之系(系统的系统)我国称为综合电子信息系统,与美军后来提出的 C^4 ISR/IW 相当,它由以下 6 部分组成。

1. 鲁棒的多探测器信息栅格网络。为作战部队提供作战空间感知优势。
2. 先进的指挥控制与作战管理栅格网络。为部队提供作战的先期规划、胜敌一筹的作战部署,执行作战指挥控制与一体化兵力管理能力。
3. 从探测器到射击器的栅格网络。为部队提供精确制导武器的动态目标管理、分配与

引导,协同作战,一体化防空,快速战损评估和再打击能力。

4. 联合的通信、导航与定位栅格网络。提供可靠、安全、大容量与高精度的信息,以支持部队的机动行动,确保全面优势。

5. 信息进攻能力。采取侵入、操纵与扰乱等手段,阻碍敌人作战空间感知、认知与有效用兵能力。

6. 信息防护能力。保证我方信息系统的安全,防护敌方对我信息网络的利用、干扰和破坏。

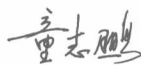
这个系统的系统涉及众多先进的信息技术的横向与纵向的有机集成,它包括雷达和光电的有源与无源探测技术、有线和无线及固定和移动通信技术、计算机硬件和软件技术、精确导航定位技术、航天航空测控技术、信息安全保密技术、电子战技术等横向专业技术的集成;也涉及微电子技术、光子与光电子技术、真空电子技术、压电与传感器技术等先进元器件技术,电子材料技术、电源技术、测试技术、先进制造技术等纵向基础技术的集成。当代军事革命要求在创新的军事思想指引下,发展有层次多专业的纵横集成的信息技术;同时,又要求在先进的信息技术驱动下,培育与发展新的军事思想,并在此基础上推动作战原则、军事条令与部队编成的变革,形成军事革命与信息革命的有机结合。

我们正处于世纪之交,党的第十五次代表大会的胜利召开,启动了有中国特色的社会主义事业在邓小平理论的指引下全面进入21世纪。我国的国防与军队现代化建设的跨世纪历史进程已经开始。为了适应军事革命环境下的高新技术军事斗争的需要,我军必须拥有信息优势,必须拥有以先进的综合电子信息系统为基础结构的性能优良的武器装备,必须提高部队素质,把人才培养推上新的台阶。

江泽民总书记非常重视人才的培养,他多次指示,要用高新技术知识武装全军头脑。在未来的信息化战场上,知识将成为战斗力的主导因素,敌对双方的较量将更突出地表现为高素质人才的较量。本丛书的编写出版就是为贯彻这个伟大号召提供系统基础知识。全书以先进的综合电子信息系统为龙头,多层次、全方位地介绍相关的各项先进信息技术,既包括系统技术,也包括基础技术,共17个方面,荟萃成17个分册。丛书的编写以普及先进信息技术知识为目标,以中专以上文化程度,从事军、民用电子信息技术有关业务的技术人员和管理干部为主要对象,努力做到深入浅出,雅俗共赏,图文并茂,引人入胜,文字简练,语言流畅,学术严谨,论述准确,使其具有可读性、可用性、先进性、系统性与权威性。参加丛书各分册撰写的作者都是长期从事现代信息技术研究与发展的专家,他们在繁重的业务工作的同时,废寝忘食,长期放弃节假日的休息,辛勤耕耘,鞠躬尽瘁,为本丛书做出了卓越的贡献。他们以自己的模范行动,“努力成为先进思想的传播者、科学技术的开拓者、‘四有’公民的培育者和优秀精神产品的生产者”。我谨代表总编委向他们致以衷心的敬意!

本丛书的编写出版得到原国防科工委与原电子工业部领导的大力支持,得到国防工业出版社领导及责任编辑们的积极推动与努力,借此之机,向他们表示由衷的感谢!

中国工程院院士
原电子工业部科技委常务副主任



Preface

前言

雷达探测技术是一项综合性的电子技术,集中反映了当代高新电子技术的综合成果,从雷达技术的发展可以窥视到当代电子技术的水平。本书从可读性和普及性的角度出发,概括地介绍了监视雷达、跟踪雷达、机载雷达、超视距雷达、民用雷达以及雷达新技术的发展,对于管理人员、研究人员及技术人员了解和掌握现代雷达技术,了解雷达技术的发展方向有很好的参考作用,相信它的出版对我国的国防现代化建设事业具有积极的推动作用,对我国的现代电子信息产业的发展也将起到积极促进作用。

《雷达与探测》作为《现代电子信息技术丛书》的一个分册,自2000年出版至今已过去了7年。在这7年发生的多次局部战争、特别是伊拉克战争,充分显示了雷达在以信息化为特点的高科技战争中的重要作用;同时,雷达相关技术如计算机技术、半导体集成电路技术取得了很大进步,促进了雷达技术的发展和雷达性能的提高,特别是机载与空间载合成孔径雷达的进展更令人瞩目。合成孔径雷达不仅可对地面成像,测量三维地形,还可用于检测地面上静止与运动的人造目标,使其在军事与民用上获得了广泛应用。

为适应这种军事、技术快速变化的形势,《现代电子信息技术丛书》总编委决定对《雷达与探测》进行重新修改和补充。

经修改、增补后全书共12章,其中,第1章~第5章、第8章及第12章是第1版中已有的,这次对其内容进行了重新修改和补充;第6章、第7章、第9章~第11章是新增写的。按《丛书》编委会及本书两位主编的意见,本书的整个修改增补工作均由中国电子科技集团公司第十四研究所有关科技人员完成。

本书在编写过程中得到中国电子科技集团公司第十四研究所领导的大力支持,在此表示衷心的感谢!

本书主编为王小谟、张光义,副主编为王德纯、金林。

参加本书第1版编写的单位与专家名单请见第1版前言,主编为王小谟、张光义,副主编为贺瑞龙、王德纯。参加本书第2版编写的主要专家有:第1章,黄为倬、张光义、陈玲;第2章,周万幸、董树

人、华海根;第3章,王德纯、倪嘉骊;第4章,刘岱、林幼权、王友林、贲德、李宗武、倪国新、陈国海;第5章,陈绪元、周文瑜;第6章,林幼权、王友林、刘光炎、穆冬、李士国、刘岱;第7章,刘延东、邢文革;第8章,顾春平、李文明、李忱;第9章,董士嘉、杨广平、刘月华;第10章,罗群、黄普庆、平丽浩、朱建军、周冠杰、邱敬之、严伟、禹胜林、秦灏卿、胡长明、徐德好、陈亚良、蒋晓虎、杨维生、张柳、冯杏梅、方芳、王长武、冯挹、吴礼群、张伟、张京、陈旭、郭延发、黄日晶、包训华;第11章,郑新、于文震、李明、安凌凌;第12章,黄为倬、张光义、胡明春、王德纯、林幼权、刘岱、于文震、王友林、朱瑞平、李建新。

参加本书审稿的专家有(按姓氏笔画排序):王震、王小谟、王德纯、华海根、束咸荣、张光义、罗群、周万幸、金林、贲德、倪嘉骊、徐进、黄为倬、董树人。

参加本书编辑的有:陈玲、王炳如、李明。

中国电子科技集团公司第十四研究所技术基础部情报室的强素军、王园、谷静、张权、张文勇对书稿的打印、校对、制图、复制等做了大量的辅助工作,在此表示衷心的感谢!

由于水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

张光义

Preface

第1版前言

本书是《现代电子信息技术丛书》的一个分册,全面介绍各种军、民用雷达基础知识及最新发展概况。

雷达已问世 60 余年,直至今日,仍方兴未艾,蓬勃发展,充分显示了它在第二次世界大战及战后各次重大局部战争及国民经济中的重要作用。

雷达在现代战争中的作用主要表现在三个方面:首先,它是现代作战指挥系统(亦称指挥、控制、通信、情报侦察系统,即 C^3I 系统)中能够实时、主动、全天候获取信息的探测手段,是收集各种军事情报的传感器,是“千里眼”;其次,雷达已是各类作战平台(如飞机、舰船、战车、导弹等)武器系统的不可缺少的组成部分,是实现精确打击的必要手段,是发挥其作战效能的倍增器;第三,雷达是发展各类先进武器系统过程中的重要测试评估手段。

早期雷达的主要观察对象是飞机,雷达要测量的参数主要是飞机的距离、方位和仰角这三个坐标。为适应现代战争的需要,雷达要观测的目标,要获取的目标信息,与过去相比,已经有了很大的变化。首先,观察的对象大为增加。飞机种类的增加,各类飞机性能的提高,给雷达提出了许多新要求。例如,雷达应具有远距离探测能力、多批目标处理能力、高数据率、高精度测量、高分辨力能力和目标识别能力。低空飞行的巡航导弹成了雷达要观测的另一个重要目标,给雷达提出了一些新课题。卫星、洲际弹道导弹、战术弹道导弹的出现,要求建立空间监视雷达网,其中包括各种地面大型雷达。

除了观测各种飞行目标外,地面与海面慢速运动目标及一些特殊的重点目标也成了雷达应观察的对象。对地侦察、探测树丛中隐蔽的军事目标和地下工事的需要导致了合成孔径雷达的广泛应用。

在解决实时信息获取的任务中,当前雷达面临的突出问题是要能发现隐身飞机和其他小目标,要能观测低高度目标,并在反辐射导弹和激光制导炸弹等的硬打击下具有生存能力,在电子干扰环境下能正常工作。一部雷达要同时满足这些要求,往往是有矛盾的。雷达面临的这些难题既给雷达带来了严重挑战,又给雷达发展提供了很好的机遇。完成目标信息获取任务的雷达主要包括:

- (1) 地基与舰载的两坐标及三坐标搜索雷达和目标指示(引导)雷达;
- (2) 各种机载预警雷达;
- (3) 地基与机载战场侦察与校射雷达;
- (4) 炮位侦察与校射雷达;
- (5) 空间监视大型相控阵雷达;
- (6) 超视距雷达;
- (7) 星载预警雷达。

雷达作为先进武器系统的评估手段,近年来日益受到重视。各种分布式武器系统的出现,要求有多目标观测能力的测量雷达。高精度的武器系统要求测量雷达具有相应高的测量精度。例如,精密打击武器、精确制导导弹在研制过程中及在其性能评估阶段,必须要有精密测量雷达对其飞行轨迹、落点精度、脱靶量等进行测量和鉴定。具有空防能力的地地导弹要求测量雷达具有相应的多目标、多参数测量能力。在战术战略导弹的发展过程中,测量雷达除进行弹道参数测量外,还必须具有目标特征参数的测量能力和多目标测量能力,以便识别真假目标和检验它们的突防能力。这类雷达还用于卫星和导弹发射时的安全控制和轨道测量。对这类雷达的主要要求,除了高精度测量外,作用距离要求也是很高的,从数百公里到几千公里。有的测控雷达还要求具有多目标跟踪测量性能,这时还应采用相控阵技术,即多目标精密跟踪相控阵测量雷达。

上述各类雷达及有关雷达技术在本书中均有介绍,从中不难看出,雷达技术与国防建设有多么密切的联系。这些雷达技术当然也可应用于发展国民经济,实现军民结合。

雷达探测技术是一项综合性的电子技术,集中反映了当代高新电子技术的综合成果,从雷达技术的发展可以窥视到当代电子技术的水平。本书从可读性和普及性的角度出发,概括地介绍了监视雷达、跟踪雷达、机载雷达、超视距雷达、民用雷达以及雷达新技术的发展。该书对于管理人员、研究人员及技术人员了解和掌握现代雷达技术,了解雷达技术的发展方向有很好的参考作用,相信它的出版对我国的国防现代化建设事业具有积极的推动作用,对我国的现代电子信息产业的发展也将起到积极促进作用。

本书主编为王小谟、张光义,副主编为贺瑞龙、王德纯。

本书在编写过程中得到了原电子工业部第十四研究所、第三十八研究所、第十研究所、第二十七研究所,国防科学技术大学等单位的大力支持。第十四研究所参加撰写的专家有(以姓氏笔划为序):于文震、才永杰、马振宇、王军、王震、王德纯、方明毓、白云祥、刘延东、冯荣林、吕康平、朱力、李明、李天泉、李宗武、杨汉民、吴少虎、张光义、张定才、张祯瑞、陆裕科、陈树铮、周文瑜、赵玉洁、倪仁照、倪晋麟、徐进、黄为倬、靖季洛、戴成松、戴其龙。第三十八研究所参加撰写的专家有:王景嗣、匡永胜、吴剑旗、吴曼青、张卫华、张长耀、陈信平、胡可欣、贺瑞龙、高仲辉、郭冠斌、彭获由,参加审校的专家有:匡永胜、阮信畅、孙继云、陆军、陈信平、贺瑞龙、彭获由。第十研究所参加撰写的专家有:马朝华、时宏伟、黄成芳。第二十七研究所参加撰写的专家有:倪树新、徐永元、叶平光(审校)、孙盛禹(审校)。国防科学技术大学参加撰写的专家有:周一宇。

参加本书终审的专家有(按姓氏笔划为序):王小谟、王德纯、白云祥、阮馨远、邱荣钦、张光义、黄为倬。

参加本书编辑的有(按姓氏笔划为序):丁燮华、朱宝明、李天泉、赵玉洁、彭获由。

第十四研究所情报室的部分同志对书稿的打印、校对、描图、复制提供了大量的帮助,在此表示感谢。

由于我们水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

张光义

Contents

目 录

第 1 章 雷达概论	1
❑ 1.1 雷达发展史	1
1.1.1 早期雷达	1
1.1.2 第二次世界大战中的雷达	3
1.1.3 第二次世界大战后雷达的发展	6
❑ 1.2 雷达的工作原理	17
1.2.1 工作原理	17
1.2.2 频段的划分	19
1.2.3 系统的分类	20
❑ 1.3 雷达的主要战术技术指标	21
1.3.1 战术指标	21
1.3.2 技术指标	22
1.3.3 雷达方程	23
1.3.4 目标的雷达截面积	23
❑ 1.4 雷达的生存与对抗技术	24
1.4.1 电子干扰与雷达抗干扰	24
1.4.2 雷达抗反辐射导弹	26
1.4.3 雷达反低空入侵	27
1.4.4 飞机隐身与雷达反隐身	28
第 2 章 监视雷达	31
❑ 2.1 两坐标监视雷达	31
2.1.1 用途和特点	31
2.1.2 战术性能	32
2.1.3 技术性能	33
❑ 2.2 三坐标监视雷达	33
2.2.1 用途和性能要求	33

2.2.2	探测性能	34
2.2.3	目标高度数据	35
2.2.4	三坐标雷达体制	36
2.2.5	展望	43
2.3	低空补盲雷达	44
2.3.1	雷达的低空探测	44
2.3.2	在防空系统中的作用	45
2.3.3	参数	47
2.4	目标指示与制导雷达	47
2.4.1	地空导弹目标射击指挥雷达	47
2.4.2	高炮射击指挥雷达	48
2.4.3	导弹制导雷达	49
2.5	敌我识别器与二次雷达	51
2.5.1	敌我识别在现代战争中的重要性	51
2.5.2	二次雷达	52
2.5.3	敌我识别技术的发展	53
2.6	气球载雷达	54
2.6.1	发展概况、特点和主要性能参数	54
2.6.2	系统组成	57
2.6.3	作用	59
2.7	双/多基地雷达与雷达组网技术	60
2.7.1	双/多基地雷达	60
2.7.2	雷达组网	64
2.8	动目标显示与脉冲压缩技术	66
2.8.1	动目标显示和检测	66
2.8.2	脉冲压缩	69
第3章	跟踪雷达	73
3.1	概述	73
3.1.1	原理	73
3.1.2	应用	74
3.2	角度跟踪测量	75
3.2.1	顺序波瓣技术	76
3.2.2	圆锥扫描技术	76
3.2.3	单脉冲(同时波瓣)技术	76
3.2.4	单脉冲雷达关键技术	78
3.3	单脉冲精密跟踪雷达	81
3.3.1	概述	81

3.3.2	组成	84
3.3.3	主要战术技术指标	89
3.4	相控阵跟踪测量雷达	89
3.4.1	功能与特点	89
3.4.2	系统组成与原理	92
3.4.3	多目标跟踪测量性能	95
3.4.4	工作模式	96
3.5	炮位侦察与校射雷达	97
3.5.1	工作原理和组成	97
3.5.2	典型的炮位侦察与校射雷达	101
3.6	连续波跟踪测量雷达	101
3.6.1	协同目标连续波测量技术	102
3.6.2	非协同目标连续波测量技术	104
3.6.3	正弦调频、伪码调相连续波雷达	108
3.6.4	线性调频连续波雷达	109
3.6.5	准连续波雷达	111
第4章	机载雷达	113
4.1	概述	113
4.2	脉冲多普勒雷达	114
4.2.1	原理	114
4.2.2	关键技术	119
4.3	机载预警雷达	120
4.3.1	功能	120
4.3.2	发展	121
4.3.3	简介	123
4.3.4	发展趋势	124
4.3.5	新一代机载预警雷达的关键技术	126
4.4	机载火控雷达	129
4.4.1	基本功能	130
4.4.2	辅助功能	134
4.4.3	设备组成	136
4.4.4	技术要求和新技术发展	139
4.4.5	成像与目标识别技术	140
4.4.6	机载相控阵火控雷达的发展	141
4.4.7	未来技术动向	147
4.5	机载战场侦察雷达	151
4.5.1	主要战术要求	152
4.5.2	种类及基本组成	152