



国防电子信息技术丛书

Microwave System Design Tools and EW Applications
Second Edition

微波系统设计与工具 与电子战应用（第二版）

[英] Peter W. East 著

刘洪亮 张 伟 等译

王朴军 审校



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

国防电子信息技术丛书

微波系统设计工具与电子战应用 (第二版)

Microwave System Design Tools
and EW Applications
Second Edition

[英] Peter W. East 著

刘洪亮 张 伟 刘国彬 熊成钢 译

王朴军 审校

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书为电子战应用的权威著作。本书作者使用丰富的实用工具以指导和帮助读者加快电子战系统和微波系统的设计、评估和规范。本书涵盖了广泛领域的重要课题,包括射频分析、微波组件评估、信号检测、电子战测量系统和电子战传播等,详细解释了微波系统和电子战系统。本书附带光盘包含了许多针对书中各专题编写的 Applet 程序,这些 Applet 程序使用 Sun Microsystems Java 1.1 编程语言编写,是可以进行人机交互的图形界面软件工具,应用书中概述的设计理论生成了各种精确的目标模型。

本书可供各军兵种电子战、信息战部队指战员以及雷达工程、电子工程、系统工程、信号处理等相关专业的技术研究人员和工程管理人员使用,并可作为这些专业的研究生教材和参考书籍。

© 2008 ARTECH HOUSE, INC.

685 Canton Street, Norwood, MA 02062

本书中文翻译版专有出版权由 Artech House Inc. 授予电子工业出版社,未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2013-4135

图书在版编目(CIP)数据

微波系统设计工具与电子战应用:第2版/(英)伊斯特(East,P.W.)著;刘洪亮等译.

北京:电子工业出版社,2014.4

(国防电子信息技术丛书)

书名原文: Microwave System Design Tools and EW Applications, Second Edition

ISBN 978-7-121-22420-1

I. ①微… II. ①伊… ②刘… III. ①微波技术-应用-电子对抗-高等学校-教材 IV. ①TN97

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 015302 号

责任编辑:马 岚 文字编辑:陈 磊

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:787×1092 1/16 印张:12 字数:307 千字

印 次:2014 年 4 月第 1 次印刷

定 价:49.00 元(含 CD 光盘 1 张)



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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

免责声明

本书中的技术描述、方法步骤和计算机程序均经过了极其谨慎的检查，它们对于作者而言，在很多应用领域中都是非常实用的。但是，对此不提供任何保证。Artech House 公司、作者及编辑人员对《微波系统设计工具与电子战应用(第二版)》一书中的公式、程序和方法步骤或相关软件的正确性，以及对它们符合某特定商品标准或满足阁下对某特定应用的需求，不提供任何明示的或是默示的保证。如果某一问题的错误解决可能引起人员受伤或财产损失，那么不应依靠它们解决该问题。如若不然，后果自负。编辑人员、作者和出版商在此声明，对使用书中的程序、方法步骤或相关软件而造成的直接的、偶发的或间接的损害，不承担任何责任。

作者简介

本书作者 Peter W. East 从事微波接收机和电子战系统设计方面的咨询业务。他曾是 Racal 雷达防御系统有限公司的一名技术指导，在军事电子战系统设计与试运行方面拥有超过 40 年的经验。他自身在宽带微波截获与分析接收机设计和应用方面的工作已经获得了国际声誉。East 在 1962 年从英国伦敦大学帝国理工学院获理学士学位，他在 Mullard 研究室参与了第一批数字瞬时测频接收机的开发。East 是英国皇家工程院院士，也是英国工程技术学会的特许工程师，并因其对英国国防工业的贡献而荣获帝国勋章，因其在 ESM 接收机设计方面的突出工作而于 2003 年进入老乌鸦协会电子战科技名人堂。

译 者 序

随着科学技术的进步和对电子战的重视与投入与日俱增,电子战技术正在飞速发展,新的装备和系统不断涌现,整体性能水平得到显著提升。

电子战微波接收机是及时获取敌人电子战斗序列的主要传感器,是电子情报保障体系中的重要组成部分,其性能优劣直接影响所获取电子情报的质量。因此,如何正确地设计和研制能适应现代高密度电子信号环境的先进电子战系统,是电子战装备设计研发人员极为关注的课题。然而,要想设计出满足要求的出色电子战微波系统,需要考虑涉及到的各种因素及其之间的相互依赖关系,这是一个复杂而耗时费力的过程。为了帮助微波系统专业设计人员节省时间和精力,Peter W. East 为同行们提供了一整套实用的关于微波分系统和元件设计的辅助工具和资料,即《微波系统设计工具与电子战应用(第二版)》。

Peter W. East 曾是 Racal 雷达防御系统有限公司的一名技术指导和设计专家,在军事电子战系统设计与试运行方面拥有超过 40 年的经验。他自身在宽带微波截获与分析接收机设计和应用方面的工作已经蜚声世界。本书是 Peter W. East 在微波系统设计领域的一本力作。书中大量的 Java Applet 程序不但能够加快学习人员的理解和学习过程,还可以帮助专业设计人员简化微波系统的设计过程。读者可以从本书中获得对微波系统和元件设计的各种特性和相互依赖关系的充分理解,并能够得到关于电子战系统如何在作战中有效发挥作用的丰富知识。本书 Applet 程序的丰富功能和使用直观性想必一定会令您的学习和设计工作变得轻松愉快!

全书共分为 9 章和 3 个附录,其中第 1 章、第 7 章、第 8 章和第 9 章由刘洪亮翻译,第 3 章、第 5 章和第 6 章及前言由张伟翻译,第 4 章及附录由刘国彬翻译,第 2 章由熊成钢翻译。刘洪亮和张伟完成了全书的统稿工作,王朴军对全书进行了审校。刘朋阅读了全书,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢!

本书虽然篇幅较短,但是涉及的知识面很广,加之译者水平有限,对于原著内容的理解难免有所偏差,翻译不当之处,恳请各位读者批评指正。

前 言

第二版的软件电子书与第一版在初衷上是一脉相承的,都意在辅助微波系统设计者的设计工作,为电子战装备各种微波系统及元件的准确设计和规范开辟一条新的途径。第二版包括一本传统的纸质图书和一张含有交互式电子书程序的随书光盘,两者互为补充。整套书盘是一份关于微波系统设计的实用参考资料,随书光盘可以在个人计算机上运行。光盘内包含许多针对书中各专题编写的 Applet^① 程序,它们均是相互独立的。这些 Applet 程序是使用 Sun Microsystems Java 1.1 编程语言编写的,使用起来非常直观,是可以进行人机交互的图形界面软件工具,它们应用书中概述的设计理论生成各种精确的目标模型。这种展示图书内容信息的方法主要是为了简化微波系统的设计和加快用户的理解和学习过程。近年来,越来越多的科技类学院或大学开始利用 Java Applet 程序来探讨其所设课程中各种令人费解的概念,如今具有人机交互功能电子书的优势也已得到普遍认同。

书中精选的专题和相关的 Applet 程序涵盖许多专业技术知识,而这些专业技术知识很可能是微波雷达和电子战系统设计领域所需要的。随书光盘工具箱之所以使用 Applet 程序,是因为它们可以使用户无须深入了解底层的数学理论就可以搞清楚设计方案的适用范围。这些 Applet 程序可以轻松胜任实时处理多变量的工作,并对大多数在现代电子战系统中使用的微波分系统和元件建立了模型。这些可视的交互式程序模块不但有利于理解微波元件设计的各种特性和相互依赖关系,而且阐明了电子战系统是如何在作战中有效发挥作用的,同时还可生成适于纳入系统技术规范的设计数据。

书中提供了在 Applet 程序模型中使用的关键分析方程的相关推导。这些 Applet 程序都在启动时设置一组合理的初始默认参数值,用户可以在很大的范围内改变这些参数以探测边界极限和求解假设分析性问题。虽然在一些情况下这些 Applet 程序使用适当的数学近似来加速处理,但是它们使用的模型都已最大限度地接近其相应物理实体的实际运行。其中的一些 Applet 程序十分详尽,几乎可以当成一个真实的系统去测试。大多数 Applet 程序都提供了一个便捷工具,该工具不但可以保存设计数据到内嵌的数据控制台,而且能够提取这些数据到微软 Windows 操作系统的剪贴板,以备其他应用程序使用,或直接可将这些数据纳入到用户设计技术规范中去。

本书在第一版的基础上重新调整了章节结构,并在内容上扩充至 9 章。第二版对所有原来已有的 Applet 程序都进行了改进,另外新增加 9 个 Applet 程序。书中所涉及专题的范围足以帮助用户设计出一套现代电子战系统。其中一些专题由于其复杂性,之前从未以便于学习理解的形式公开发表过。总体来说,本书采取了与实践相结合的方式,涵盖了用于电子战系统的主要微波分系统和元件,并研究了其许多新的有关特性和性能方面的问题。

① Applet, 意即小应用程序,通常指采用 Java 语言编写并需要借助浏览器或其他特定容器运行的可人机交互的图形用户界面应用程序,此时也可称为 Java Applet。本书中的 Applet 是指在安装了 Java 运行环境的 Windows 操作系统下,借助 IE 内核运行的 Java 小应用程序,以后译文直接表述为 Applet 程序。

随书光盘内电子书程序的用户界面简洁明了,便于用户选择想要运行的 Applet 程序。该电子书程序可以在所有安装了浏览器的微软 Windows 操作系统中运行(另需安装 Java 运行环境)。尽管最初的目的是向微波和电子战设计工程师们提供一整套供工作和学习使用的资料,但是该电子书程序也可以用做项目经理和销售经理的评估演示工具,甚至可以做研究生和电子战装备操作人员进行训练拓展的辅助工具。

FuKwun Hwang 在网站(<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/>)上介绍彩虹如何形成的科普教学软件激发了我的灵感,我发现他的彩虹 Applet 程序使整个学习过程变得生动有趣,于是本书采用了这种 Java 解决方案。早先的各 Applet 程序是基于 SimplePlot.java(<http://javaboutique.internet.com/SimplePlot/>)编写的,SimplePlot.java 是一个结构合理、使用数学方程进行绘图的 Applet 程序,由 Elizabeth Odekirk 编写并被如此命名。如果没有前期他人如此杰出的基础工作,该软件电子书项目也许就不会启动。自从与 Java Applet 程序第一次邂逅,我对它的热衷就从未减退。我希望其他人也能染上这份痴迷,将该套书与光盘的思想收为己用。为了能鼓励系统设计者尝试使用 Java Applet 程序进行建模的方法,第 1 章简明扼要地介绍了 Applet 程序,并在附录 B 中提供了如何编写和生成一个简单图形界面 Applet 程序的说明。任何完善 Applet 程序或有关新专题的想法和建议均可通过本书作者的网址(<http://www.ylpwe.co.uk.>)提交,在此表示感谢。

如果没有他人前期的基础工作和来自生活在 Philips 和 Racal 的同事们和朋友们多年来的支持,如果没有与在英美两国电子战国防工业界的熟人和朋友们一起分享的思想和技术,如果没有同参谋人员和朋友们在全球联合军事行动中服役获得的各种机会和作战经验,本书是不可能完成的。

Applet 程序汇总

1. Java Applet 程序

这个简单的演示程序用 50 行 Java 代码写成, 具备人机交互的图形界面, 能够显示一个基本的数学函数波形。

2. dBm : dBW/m² 量纲转换 Applet 程序

进行接收机系统灵敏度定义所采用的两种量纲 dBm 和 dBW/m² 之间的相互转换。

3. 级联噪声系数 Applet 程序

计算多达四级级联的放大元件或衰减元件的总噪声系数和噪声温度。

4. 微波传输线 Applet 程序

演示传输线的特性和原理, 包括有效功率、电压驻波比、线路电压、线路阻抗及匹配。

5. 级联失配分析 Applet 程序

准确计算中间加入可变衰减器的两个级联传输线元件的电压驻波比。

6. 传输线滤波器 Applet 程序

设计五阶的传输线和短截线低通微波滤波器。巴特沃思响应和切比雪夫响应: 演示对线路阻抗、负载匹配和插入损耗的容限。

7. 定向耦合器 Applet 程序

演示在一系列端口匹配情况下, 具有不同中带耦合值的无耗和有耗定向耦合器的工作。

8. 微带耦合器 Applet 程序

该 Applet 程序包含了最新发布的设计规则, 以准确设计频率范围为 1 ~ 20 GHz 的微带宽边耦合线定向耦合器。

9. SPURII 混频器 Applet 程序

演示单端混频器、单平衡混频器和双平衡混频器这三种类型混频器中产生的高至七阶的交调分量, 它们是本振电平和信号驱动电平的函数。

10. 反射式天线方向图 Applet 程序

关于抛物面反射天线的设计和容限(演示主要设计参数如何影响抛物面反射天线的增益和波束宽度)。评估馈源照射(feed illumination)、焦距-直径比与散焦对方向图和增益的影响。

11. 阵列天线方向图 Applet 程序

绘制阵列天线方位方向图和俯仰方向图，提供馈源锐化、阵元尺寸、位置和数目等设置选项。

12. 天线极化耦合 Applet 程序

演示一对任意极化方式天线的功率耦合损失和极化特性。

13. 天线近场功率 Applet 程序

绘制大孔径天线近场中由测试天线接收的功率密度和功率。接收天线可偏离被测天线视轴放置。

14. 放大器动态范围 Applet 程序

演示放大器压缩斜率和信号电平对高至七阶的交调分量产生的影响。

15. 信号 + 噪声矢量限幅仿真 Applet 程序

使用频率分量表现限幅过程的矢量仿真程序。

16. 限幅放大器工作 Applet 程序

演示限幅放大器对位于限幅区和通过限幅区的信号、噪声和信噪比的影响。

17. 压缩放大器设计 Applet 程序

探究使用限幅求和或多级检测等方法来设计对数或指数压缩放大器。

18. 视频噪声率统计特性 Applet 程序

计算不同视频频带频率响应特性和不同频响阶数下的正斜率过零率和正噪声峰值出现率。

19. 信号检测概率 Applet 程序

图解说明信号 + 高斯噪声的基本概率分布和门限触发概率。

20. 脉冲门限设定 Applet 程序

该程序像示波器那样对不同类型接收机中一个脉冲上的脉冲触发概率和门限滞后下降概率进行表示。

21. 接收机门限触发概率 Applet 程序

显示在各种不同类型和不同设计的接收机中门限附近的脉冲触发概率。

22. 视频 - “或”门限 Applet 程序

在门限设置前，主要信号存在于一路或两路信道时，演示用于合并多接收机信道的视频 - “或”逻辑电路的触发性能与信号 - 噪声性能。

23. 矢量门限设定 Applet 程序

比较不同矢量接收机门限设定算法。其性能作为门限和信噪比的函数予以显示。

24. 多采样非相参积累 Applet 程序

显示对不同的视频频带频响特性在一个视频脉冲上使用多个采样来优化非相参积累对信噪比的改善。

25. 鉴频器 SNRO 和噪声谱 Applet 程序

演示工作频带上的输出信噪比(SNRO), 其中, 增益和噪声系数变化可以调整。

26. 定向耦合乘法器 Applet 程序

对使用检波二极管作为射频乘法器的 90° 3 dB 耦合器建模。

27. 射频放大器和 DLVA 级联 Applet 程序

演示级联的检波/对数-视频放大器(DLVA) + 射频放大器的性能。

28. 脉冲滤波失真 Applet 程序

演示 RF 滤波带宽、脉冲宽度和频率偏移对输出脉冲波形的影响。

29. 压缩接收机性能 Applet 程序

演示压缩接收机的性能以及脉冲宽度、上升时间、相对时延、射频偏移和 DDL 参数对压缩增益的影响。

30. 数字 FFT 接收机性能 Applet 程序

对数字 FFT(Fast Fourier Transform, 快速傅里叶变换)接收机的工作进行仿真; 演示窗口函数、脉冲宽度、上升时间、相对时延、频率偏移、位数、ADC 线性度和时钟抖动的影
响; 对信号重叠和复信号建模。

31. 接收机灵敏度比较 Applet 程序

演示常见的八种类型微波接收机的灵敏度和信噪比性能。

32. 圆形矩阵测向阵列 Applet 程序

图解说明由给 N 元圆形测向阵列馈送信号的 N 端口巴特勒矩阵所产生的各相位模的设计容限。

33. 解模糊设计 Applet 程序

对用于瞬时测频(IFM)的四鉴别器相位编码系统和多基线干涉仪测向系统进行解模糊设计。

34. IFM 和干涉仪设计 Applet 程序

演示设计容限对双鉴别器 IFM 系统或双基线干涉仪系统的影响。

35. 比幅测向 Applet 程序

用于比幅测向系统设计和三种常见算法的评估。对包括用户输入的方向图在内的各种实际天线方向图进行测向误差分析。

36. 傅里叶变换误差分析 Applet 程序

分析在使用可修改长度的傅里叶变换时测向误差数据的类型结构。程序也可以输入用户测量数据。该 Applet 程序是一种通用的傅里叶分析和相关分析工具。

37. 比幅测向解干涉测量模糊 Applet 程序

显示使用比幅测向系统解干涉仪测向系统最短基线模糊的模糊容限。

38. ESM 探测距离 Applet 程序

显示远场接收到的从发射机由海面路径传播过来的功率电平。

39. 雷达探测距离 Applet 程序

显示远场接收到的从雷达目标由海面路径反射过来的功率电平。

40. 海面闪烁效应 Applet 程序

对在发射机和接收机之间出现海面波浪斜度的影响进行建模, 该现象引起海面对接收信号反射部分的变化。

41. 双站反射 Applet 程序

显示在双站情况下的恒定时延曲线和恒定 RCS 目标反射信号的功率曲线。

42. ESM 杂波模型 Applet 程序

显示当雷达和 ESM 接收机都处于地杂波环境或沿海区域时从复杂调制脉冲雷达接收到的功率-时间响应。

43. 杂波的空域去相关 Applet 程序

显示受到本地杂波影响时接收到的来自复杂调制脉冲雷达的幅度和到达方向关于时间的响应曲线。

44. 无源定位 Applet 程序

比较具有随机误差的测向定位系统和 TDOA 定位系统的定位精度。

45. ESM 灵敏度优势 Applet 程序

显示位于已知雷达截面积(RCS)平台的 ESM 系统的灵敏度和距离优势概率。

46. 干扰机防护区 Applet 程序

显示工作在自卫状态或面防御模式的干扰机的防护区。

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 电子战系统设计	1
1.2 交互式设计	1
1.3 数学建模	2
1.4 Java Applet 程序	2
1.4.1 简单的 Applet 演示程序	3
1.5 微波接收机和电子战系统	3
1.6 本书的内容结构	4
参考文献	5
第 2 章 射频分析辅助	6
2.1 引言	6
2.2 噪声系数	6
2.2.1 基本元件的信号与噪声性能	7
2.2.2 级联噪声系数 Applet 程序	10
2.2.3 信噪比的恶化	10
2.3 微波传输线原理	11
2.3.1 微波传输线分析	11
2.3.2 微波传输线 Applet 程序	13
2.4 失配情况下级联传输线的电压驻波比	14
2.4.1 线性组合	14
2.4.2 复组合	15
2.4.3 级联失配分析 Applet 程序	16
参考文献	17
第 3 章 射频电路元件	18
3.1 引言	18
3.2 传输线滤波器	18
3.2.1 低通滤波器设计	18
3.2.2 标准线和短截线低通滤波器的设计	19
3.2.3 传输线滤波器 Applet 程序	21
3.3 定向耦合器	22
3.3.1 耦合传输线	23
3.3.2 定向耦合器 Applet 程序	24

3.3.3	微带耦合器的设计	24
3.3.4	微带耦合器 Applet 程序	25
3.4	混频器的交调分量	26
3.4.1	单端混频器	26
3.4.2	单平衡混频器	27
3.4.3	双平衡混频器	28
3.4.4	SPURII 混频器 Applet 程序	29
	参考文献	29
第 4 章	天线	31
4.1	引言	31
4.2	抛物面天线设计	31
4.2.1	分析	31
4.2.2	反射式天线方向图 Applet 程序	33
4.3	天线阵列	34
4.3.1	引言	34
4.3.2	阵列分析	34
4.3.3	阵列天线方向图 Applet 程序	35
4.4	天线极化耦合	36
4.4.1	极化椭圆	36
4.4.2	庞加莱球(Poincaré Sphere)	37
4.4.3	耦合功率	37
4.4.4	天线极化耦合 Applet 程序	37
4.5	天线近场功率	38
4.5.1	几何关系	38
4.5.2	场的计算	39
4.5.3	天线近场功率 Applet 程序	39
	参考文献	40
第 5 章	放大器	42
5.1	引言	42
5.2	放大器的动态范围	42
5.2.1	放大器的传输特性	43
5.2.2	三阶交调分量	43
5.2.3	级联射频放大单元	43
5.2.4	放大器动态范围 Applet 程序	45
5.2.5	小结	47
5.3	限幅放大器的工作原理	47
5.3.1	引言	47

5.3.2	统计模型	48
5.3.3	频域模型	50
5.3.4	时域分析	52
5.3.5	限幅放大器工作 Applet 程序	53
5.3.6	结论	54
5.4	压缩放大器的设计	55
5.4.1	多级限幅放大器的结构	55
5.4.2	单段分析	56
5.4.3	对数放大器	56
5.4.4	指数放大器: 指数 $n < 1$	57
5.4.5	压缩放大器设计 Applet 程序	57
	参考文献	58
第 6 章	信号检测	60
6.1	引言	60
6.2	概率分析	60
6.2.1	虚警概率	60
6.2.2	虚警率	61
6.2.3	信号检测概率	63
6.3	脉冲的检测和测量	64
6.3.1	脉冲门限设定 Applet 程序	65
6.4	接收机门限触发概率 Applet 程序	66
6.5	多输入视频-“或”门限	67
6.5.1	纯噪声分析	67
6.5.2	单信道信号	68
6.5.3	两信道信号	68
6.5.4	视频-“或”门限 Applet 程序	69
6.6	矢量门限	70
6.6.1	笛卡儿组件门限	70
6.6.2	双笛卡儿组件门限	71
6.6.3	最大和门限	71
6.6.4	矢量门限设定 Applet 程序	72
6.7	多采样视频累积	73
6.7.1	多采样非相参累积 Applet 程序	74
6.7.2	采样和平均数据的等效频谱	75
	参考文献	76
第 7 章	微波接收机	77
7.1	引言	77

7.2	检波器的噪声性能	77
7.2.1	平方律检波器	77
7.2.2	正交检波器	78
7.2.3	鉴频器 SNRO 和噪声谱 Applet 程序	82
7.2.4	线性矢量检波器	83
7.2.5	射频乘法器的实现	85
7.3	射频放大检波-视频接收机	87
7.3.1	增益变化的影响	88
7.3.2	级联 DLVA	88
7.3.3	射频放大器和 DLVA 级联 Applet 程序	89
7.4	外差式接收机	90
7.4.1	脉冲滤波失真	91
7.4.2	失真分析	92
7.4.3	滤波器频响特性	92
7.4.4	脉冲滤波失真 Applet 程序	93
7.5	零差式接收机	93
7.6	干涉式接收机	94
7.7	瞬时测频 (IFM)	94
7.8	压缩接收机	95
7.8.1	短脉冲灵敏度	96
7.8.2	压缩接收机性能 Applet 程序	97
7.9	相参接收机	98
7.10	零中频 I/Q 接收机	99
7.11	数字 FFT 接收机	100
7.11.1	简单模式匹配 DFT 算法	101
7.11.2	Cooley-Tukey 多基算法	101
7.11.3	数字 FFT 接收机性能 Applet 程序	101
7.12	接收机灵敏度比较 Applet 程序	102
	参考文献	103
第 8 章	电子战测量系统	104
8.1	引言	104
8.2	IFM 接收机和干涉仪设计	105
8.2.1	多鉴别器系统	105
8.2.2	IFM 接收机的设计	105
8.2.3	干涉仪的设计	106
8.2.4	解模糊	110
8.2.5	系统测量精度	113
8.2.6	同时多干扰信号	114

8.2.7 IFM 和干涉仪设计 Applet 程序	115
8.3 比幅测向系统	116
8.3.1 引言	116
8.3.2 一般结构	116
8.3.3 误差分析	118
8.3.4 比幅测向 Applet 程序	119
8.3.5 改善测向性能	121
参考文献	125
第9章 作战性能	127
9.1 引言	127
9.2 微波信号传播	128
9.2.1 ESM 探测距离 Applet 程序	128
9.2.2 雷达探测距离 Applet 程序	129
9.2.3 讨论	130
9.3 仰俯上的多路径传播效应	130
9.3.1 海面闪烁效应	131
9.3.2 海面闪烁效应 Applet 程序	132
9.4 杂波反射	134
9.4.1 反射几何关系	135
9.4.2 双站反射 Applet 程序	136
9.4.3 使用无源 ESM 对反射中心定位	137
9.4.4 ESM 杂波模型 Applet 程序	139
9.4.5 杂波的空域去相关 Applet 程序	140
9.4.6 有关 ESM 处理的杂波推论	141
9.5 无源定位精度	142
9.5.1 方向角	142
9.5.2 到达时间差	143
9.5.3 无源定位 Applet 程序	143
9.6 ESM 的距离优势	145
9.6.1 计算零灵敏度优势	145
9.6.2 雷达特性	146
9.6.3 平台的雷达截面积	146
9.6.4 ESM 灵敏度优势 Applet 程序	147
9.6.5 结论	147
9.7 干扰机防护区	148
9.7.1 点防御	148
9.7.2 面防御	149
9.7.3 干扰机防护区 Applet 程序	150