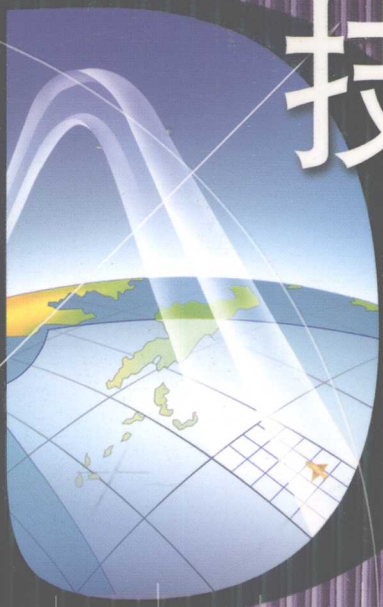
雷达技术丛书

http://www.phei.com.cn

“十一五”国家重点图书出版规划项目

超视距雷达技术



周文瑜 焦培南 等编著

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

“十一五”国家重点图书出版规划项目
雷达技术丛书

超视距雷达技术

周文瑜　焦培南　等编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是“雷达技术丛书”中有关超视距雷达工程技术的一本专著。本书从超视距雷达的各种特性(环境特性、传播特性、目标特性、干扰特性及信号检测特性等)分析入手,阐述了超视距雷达的主要性能、应用范围及设计特点,并按电波传播途径的不同分别叙述了天波超视距雷达、地波超视距雷达与微波雷达大气波导超视距探测工程设计的难点及解决的途径。针对三类雷达的需求,提供了工程设计所需要的大量资料,形成了新的写作体系。

本书既可以作为从事雷达技术研究、设计和应用的科技工作者、管理人员和雷达技术领域专业人员的参考书,也可以作为高等院校电子信息工程专业以及信息、电波传播与通信工程学科的教师、学生的教学参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

超视距雷达技术/周文瑜,焦培南等编著. —北京:电子工业出版社,2008.8
(雷达技术丛书)
ISBN 978-7-121-07231-4

Ⅰ.超… Ⅱ.①周… ②焦… Ⅲ.超视距雷达 Ⅳ.TN958.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 121372 号

策划编辑:刘宪兰
责任编辑:刘宪兰　　特约编辑:毛联霞
印　　刷:北京机工印刷厂
装　　订:三河市鹏成印业有限公司
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:720×1 000　1/16　印张:36.5　字数:654 千字
印　　次:2008 年 8 月第 1 次印刷
印　　数:4 000 册　　定价:76.00 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 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。

出 版 说 明

“雷达技术丛书”是由中国工程院王小谟院士和张光义院士倡导并担任主编、中国电子科技集团公司负责组织、电子工业出版社负责出版的一套大型设计性系列丛书。这套“雷达技术丛书”（以下简称“丛书”）共16册，是我国雷达界多个单位的知名专家学者集体智慧的结晶，是他们长期实践经验的总结，是一套理论与实践相结合的佳作。

这套“丛书”的内容十分丰富，概括地说包括了3个主要方面的内容：一是介绍了影响雷达性能的目标特性和环境特性，包括目标（含隐身目标）的频率特性、散射特性、极化特性和起伏特性，地杂波、海杂波和气象杂波特性，噪声与干扰特性，大气与电离层传播特性等；二是介绍了雷达各分系统的设计，包括面天线与阵列天线、微波网络与微波传输线、固态与电子管发射机、频率源与模数接收机、信号处理与数据处理的基本原理、技术指标、设计方法和性能测试，还介绍了雷达系统与分系统的结构设计与制造工艺，包括微组装与柔性制造工艺，可靠性、可维性、环境适应性设计以及传动、架拆与运输规范的设计等；三是介绍了典型雷达系统的设计，包括各种二坐标与三坐标防空雷达、有源与无源相控阵雷达、机载预警与火控雷达、多普勒与相控阵制导雷达、脉冲与连续波精密跟踪测量雷达、合成孔径与逆合成孔径成像雷达、天波与地波超视距雷达等的基本原理、技术体制、战技性能、设计方法和联试与试飞等。

这套“丛书”的定义准确，原理清晰，语言简练，图文并茂，公式齐全，数据丰富，集设计性、实用性、新颖性于一体，是雷达科技工作者的设计指南，是雷达部队培训的良好教材，是高校电子工程专业及相关专业师生不可多得的教材和参考书。

“雷达技术丛书”编辑委员会编辑部

2004年12月29日

序

雷达在第二次世界大战中得到迅速发展，为适应战争需要，交战各方研制出从米波到微波的各种雷达装备。战后美国麻省理工学院辐射实验室集合各方面的专家，总结二战期间的经验，于 1950 年前后出版了雷达丛书共 28 本，大幅度推动了雷达技术的发展。我刚参加工作时，就从这套书中得益不少。随着雷达技术的进步，28 本书的内容已趋陈旧。20 世纪后期，美国 Skolnik 编写了雷达手册，其版本和内容不断更新，在雷达界有着较大的影响，但它仍不及麻省理工学院辐射实验室众多专家撰写的 28 本书的内容详尽。

我国的雷达事业，经过几代人 40 余年的努力，从无到有，从小到大，从弱到强，许多领域的技术已经进入了国际先进行列。总结这些成果，为我国今后的雷达事业发展做点贡献是我长期以来的一个心愿，在出版社的鼓励下，我和张光义院士倡导并担任主编，由中国电子科技集团公司负责组织编写了这套“雷达技术丛书”（以下简称“丛书”）。它是我国众多专家、学者长期从事雷达科研的经验总结，具有较好的系统性、新颖性和实用性。

雷达技术发展之快，使得传统的雷达观念、体系结构不断更新，在 20 世纪 50 年代的接收、发射、天线、显示典型的分机基础上，又发展到现在的雷达数据处理和信号处理分系统。本“丛书”就是按此体系进行了分册。随着微电子技术的发展，数字化还在不断前移，天线收/发已经并继续不断引入了数字处理内容，信号和数据处理的界限越来越模糊，雷达体系正从流程型向网络型转变，由于目前其技术都尚未成熟，本“丛书”只在现有的体系中把这些新的内容进行了分别叙述。

“丛书”内容共分 3 个部分 16 分册：第一部分主要介绍雷达的目标特性和环境，第二部分介绍了雷达各组成部分的原理和设计，第三部分按典型应用雷达系统的分类对各雷达系统作了深入浅出的介绍。“丛书”各册著者不同，写作风格各异，但其内容的科学性和完整性是不容置疑的，通过对各分册结构和内容的审定，使各分册之间既具有较好的衔接性，又保持了各分册的独立性，读者可按需

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

要读取其中一册或数册。希望此次出版的“丛书”能对从事雷达设计、制造的工程技术人员，雷达部队的干部、战士以及高校电子工程专业及相关专业的师生有所帮助。

“丛书”是从事雷达技术领域各项工作专家们集体智慧的结晶，是他们长期工作成果的总结与展示，专家们既要完成繁重的科研任务，又要在百忙中抽出时间保质保量地完成书稿，工作十分辛苦，在此，我代表“丛书”编委会向各分册作者和审稿专家表示深深的敬意！

“丛书”的出版，得到了中国电子科技集团公司、电子科学研究院、南京电子技术研究所、华东电子工程研究所等各参与单位领导的大力支持，得到了电子工业出版社领导和参与编辑们的积极推动，得到了“丛书”编辑部各同志的热情帮助，借此机会，一并表示衷心的感谢！

中国工程院院士
中国电子科技集团公司科技委副主任 王小谟

前　言

超视距雷达在远距离对低空、海面目标探测的优势对国防建设、国民经济和科学研究起着重要作用，高频超视距雷达的研制成功是第二次世界大战以来雷达的研制最有意义的成果之一。超视距雷达系统有能力发现大气层中来自敌方的任何威胁，微波雷达的超视距探测扩大了其探测范围及应用功能，舰载地波雷达和微波雷达大气波导超视距探测的研制成功，为扩大海上作战半径及远离海岸警戒提供了重要的技术保障。

高频超视距雷达从 20 世纪 60 年代的概念研究开始，历经 30 余年沧桑，新体制雷达于 90 年代正式服役。高频天波超视距雷达利用电离层后向返回散射传播机理，高频地波超视距雷达利用表面波在海面绕射传播机理，微波大气波导超视距雷达利用海面蒸发波导超折射传播机理，实现地平线以下目标检测的体制。它们的电波传播介质、传播机理、目标特性、电磁环境、设计原理、工作方式和性能评估等完全不同于常规视距雷达，且各自拥有不同的特性。它们在远程、大区域内检测超视距目标的性能是其他雷达不可比的，世界军事大国都十分重视。但各类超视距雷达研制技术难度较大，至今仍在不断地试验、改进与开发之中。

本书从超视距雷达的各种特性（环境特性、传播特性、目标特性、干扰特性及信号检测特性等）分析入手，阐述了超视距雷达的主要性能、应用范围及设计特点，按电波传播途径的不同分别叙述了天波超视距雷达、地波超视距雷达和微波雷达大气波导超视距探测的工程设计难点及解决的途径。针对三类雷达的需求，提供了工程设计所需要的大量资料，形成了新的写作体系。在国家高技术研究发展计划和各方用户的支持下，南京电子技术研究所、中国电波传播研究所、哈尔滨工业大学、南京船泊雷达研究所和武汉大学等单位，经过几十年来的艰苦努力，在超视距雷达方面开展了大量研究工作，分别取得了许多重要的成果。本书内容反映了上述单位的最新研究成果，编写过程中，也得到了上述单位领导和研究者的大力支持和帮助。

本书是“雷达技术丛书”中有关超视距雷达工程技术的一本专著。本书的内容紧紧围绕着超视距雷达的关键技术和系统设计原理，在技术先进性和工程实用性相结合的写作思路指导下编著了本书。全书共分 13 章，第 1 章为超视距雷达概论，介绍了三类雷达传播环境、系统性能和应用、设计特点及发展史；第 2～6 章介绍了高频天波雷达与高频地波雷达的共性基础知识和探测技术，如高频雷达目标特性（第 2 章），高频雷达无源干扰（第 3 章），高频雷达有源干扰（第 4 章），高频雷达抗干扰技术（第 5 章），高频雷达信息处理技术（第 6 章）；第 7～10 章介绍了天波超视距雷达的设计技术，分别为电离层与天波雷达的传播机理（第 7 章），天波超视距雷达方程及其应用（第 8 章），电波环境自适应诊断与管理技术（第 9 章），天波超视距雷达的系统设计（第 10 章）；第 11～12 章，介绍了地波超视距雷达的设计技术，如地波雷达传播理论（第 11 章），高频地波超视距雷达的系统设计（第 12 章）；第 13 章介绍了微波雷达的超视距探测技术。

本书由周文瑜和焦培南等编著，其中第 1、4、5、6、8、10 章由周文瑜撰写，第 2、3、7、9 章由焦培南撰写，第 11、12 章由邓维波、权太范、于长军、许荣庆和张宁撰写，第 13 章由王建、吴少鹏、刘春艳和桂峰撰写。其中第 1、4、8 章部分内容由焦培南参与改写，第 2 章部分内容由李清亮参与改写；第 5、6 章部分内容由邢孟道、杨志群和王永诚等参与改写；第 13 章部分内容由刘成国参与改写。

全书由周文瑜和焦培南统稿和终审，并得到了杨荣熙、王永诚、陈绪元、凡俊梅、李铁成和孙广俊等专家有益的建议和帮助。部分书稿经资深雷达专家张光义院士、黄为倬研究员审定。在本书的编写过程中得到了王小谟院士和邱荣钦高级工程师的指导和关心，唐晓东、李国成、王炳如、高艳玲等同志承担了本书的大量编辑工作，张权等同志为本书的打印、制图做了大量工作，电子工业出版社的首席策划刘宪兰等做了大量工作，在此表示诚挚的感谢。

本书的理论分析力求深入浅出，工程设计力求实用，结合国情；各种数据、图表及计算公式可供从事该类雷达研究和设计的人员参考或直接引用。本书既可以作为从事雷达技术研究、设计和应用的科技工作者、雷达领域专业人员和雷达部队官兵的参考书，也可以作为高等学校电子信息工程专业及信息、电波传播与通信工程等专业高年级本科生和研究生的参考用书。

尽管我们力求献给读者一本关于超视距雷达设计的好书，但由于超视距雷达技术发展很快，设计技术较为复杂，研制技术难度较大，加上作者水平有限，书中难免存在不足和错误，殷切希望广大读者进行批评指正。

周文瑜　焦培南

2007 年 12 月

目　录

第 1 章　超视距雷达概论 …… (1)

1.1　概述 …… (2)

1.2　超视距雷达的电波传播方式 …… (3)

1.2.1　地(海)面绕射波传播 …… (4)

1.2.2　天波返回散射波传播 …… (4)

1.2.3　大气波导波传播 …… (5)

1.3　超视距雷达系统的性能与应用 …… (5)

1.3.1　天波雷达的性能与应用 …… (6)

1.3.2　地波雷达的性能与应用 …… (10)

1.3.3　微波大气波导超视距雷达的性能和应用 …… (12)

1.4　超视距雷达的设计特点 …… (13)

1.4.1　技术特性 …… (13)

1.4.2　设计特点 …… (19)

1.4.3　关键技术 …… (23)

1.5　超视距雷达发展史 …… (28)

1.5.1　天波雷达发展史 …… (28)

1.5.2　地波雷达的发展史 …… (33)

1.5.3　微波雷达的大气波导超视距探测进展概况 …… (36)

参考文献 …… (38)

第 2 章　高频雷达目标特性 …… (39)

2.1　概述 …… (40)

2.2　目标散射能量特性 …… (41)

2.2.1　目标的 RCS 的定义 …… (42)

2.2.2　RCS 特性与波长关系 …… (43)

2.3　目标 RCS 的预估方法 …… (45)

2.3.1　矩量法 …… (45)

2.3.2　时域方法 …… (47)

2.3.3　经验近似计算方法 …… (49)

2.4 目标特性测量 …… (53)
2.4.1 室内缩比静态测试 …… (53)
2.4.2 外场动态测试 …… (53)
2.5 空中目标特性数据 …… (54)
2.5.1 各类飞机目标的特性数据 …… (55)
2.5.2 各类导弹目标特性数据 …… (65)
2.6 海上目标特性数据 …… (77)
2.6.1 各类舰艇的几何尺寸数据 …… (77)
2.6.2 各类舰艇目标的 RCS 数据 …… (78)
2.7 核爆炸高频目标的特性 …… (80)
2.7.1 附加电离层区 …… (80)
2.7.2 核爆炸对天波雷达探测通道的扰动 …… (82)
2.8 小结 …… (83)
参考文献 …… (83)
第 3 章 高频雷达无源干扰 …… (85)
3.1 概述 …… (86)
3.2 地表面的无线电散射 …… (87)
3.2.1 地面粗糙度 …… (88)
3.2.2 地面后向散射系数 …… (91)
3.2.3 后向返回散射能量算法 …… (92)
3.2.4 地面回波多普勒频谱 …… (93)
3.3 流星电离余迹的反射 …… (95)
3.3.1 流星噪声与假目标 …… (95)
3.3.2 流星电离余迹回波特点 …… (95)
3.4 高频海洋动力学与海洋回波谱 …… (98)
3.4.1 概述 …… (98)
3.4.2 海面的布拉格散射 …… (99)
3.4.3 Barrick 海浪散射理论 …… (101)
3.4.4 高频地波雷达海洋回波谱 …… (105)
3.5 地波雷达的电离层杂波干扰 …… (108)
3.5.1 概述 …… (108)
3.5.2 电离层杂波干扰 …… (108)
3.5.3 对电离层杂波干扰的抑制 …… (110)
3.6 高频天波雷达的海浪回波谱 …… (111)

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

3.6.1 电离层对海洋回波的影响 …… (111)
3.6.2 天波海态雷达 …… (114)
3.6.3 高频天波雷达的海态观测结果 …… (116)
3.7 回波谱多模性的消除与补偿 …… (121)
3.7.1 概述 …… (121)
3.7.2 信号的电离层失真补偿 …… (122)
3.7.3 高分辨谱估计技术应用 …… (124)
参考文献 …… (128)
第4章 高频雷达有源干扰 …… (131)
4.1 概述 …… (132)
4.1.1 高频雷达有源干扰分类 …… (132)
4.1.2 噪声参数 …… (134)
4.2 雷达接收分系统外部噪声特性 …… (136)
4.2.1 外部噪声时间特性 …… (136)
4.2.2 外部噪声频谱特性 …… (138)
4.3 自然界无线电噪声 …… (140)
4.3.1 大气无线电噪声 …… (140)
4.3.2 宇宙无线电噪声 …… (155)
4.4 人为无线电噪声 …… (157)
4.4.1 人为无线电噪声源 …… (158)
4.4.2 人为无线电噪声数据 …… (159)
4.5 高频无线电干扰 …… (161)
4.5.1 非蓄意电台干扰 …… (161)
4.5.2 蓄意人为干扰的方式及分类 …… (163)
4.5.3 实施干扰效果的评估 …… (165)
参考文献 …… (166)
第5章 高频雷达抗干扰技术 …… (167)
5.1 概述 …… (168)
5.2 自适应频率选择 …… (170)
5.2.1 选频的必要性与选频准则 …… (170)
5.2.2 实现频率自适应的方法 …… (173)
5.3 自适应空域滤波 …… (175)
5.3.1 自适应波束形成 …… (175)
5.3.2 空域滤波方案研究 …… (177)

5.3.3 空域滤波性能评估 …… (182)
5.3.4 利用自适应波束形成抑制环境噪声的实验研究 …… (186)
5.4 时域与频域滤波技术 …… (187)
5.4.1 瞬态干扰抑制基本思路 …… (187)
5.4.2 瞬态干扰滤除方法 …… (188)
5.4.3 瞬态干扰处理实例 …… (192)
5.4.4 主瓣窄带干扰的抑制 …… (193)
5.5 抗蓄意有源干扰 …… (194)
5.5.1 抗有源干扰措施 …… (195)
5.5.2 抗干扰效果评估实例 …… (197)
5.6 抗无源干扰 …… (199)
5.6.1 多普勒频域检测技术 …… (199)
5.6.2 杂波中的可见度 …… (201)
5.7 高频雷达设备的两项抗干扰性能指标 …… (202)
5.7.1 接收机线性动态范围 …… (204)
5.7.2 雷达信号源相位噪声 …… (206)
5.8 雷达信号的波形设计 …… (207)
5.8.1 脉冲波体制 …… (208)
5.8.2 连续波体制 …… (209)
5.8.3 脉冲与连续波两种体制性能的评估 …… (216)
参考文献 …… (218)
第6章 高频雷达信息处理技术 …… (221)
6.1 概述 …… (222)
6.2 目标检测原理 …… (224)
6.2.1 对飞机目标的检测 …… (224)
6.2.2 对舰船目标的检测 …… (226)
6.2.3 同时对飞机和舰船目标检测 …… (231)
6.2.4 同一检测单元内多目标的识别与检测 …… (233)
6.3 高频雷达信号处理 …… (235)
6.3.1 信号处理功能综述 …… (235)
6.3.2 电离层传播对信号污染的校正 …… (239)
6.3.3 信号处理机的工程实现 …… (243)
6.3.4 信号处理机改善因子估算 …… (244)
6.4 高频雷达信号检测 …… (246)

6.4.1 信号检测 …… (246)
6.4.2 参数估值 …… (251)
6.5 高频雷达的航迹处理 …… (253)
6.5.1 航迹处理功能综述 …… (253)
6.5.2 跟踪处理 …… (256)
6.5.3 航迹处理性能的评估 …… (257)
6.6 高频雷达目标分类与识别 …… (258)
6.6.1 空中与海面目标 …… (258)
6.6.2 根据目标特性分类 …… (259)
6.6.3 目标的识别技术 …… (262)
6.7 功能软件的组成与构成原理 …… (267)
6.7.1 功能软件的任务及组成 …… (267)
6.7.2 信号处理专用软件的算法原理 …… (269)
参考文献 …… (273)
第 7 章 电离层和天波雷达的传播机理 …… (275)
7.1 概述 …… (276)
7.2 电离层参数与形态特征 …… (278)
7.2.1 E 层参数估算 …… (278)
7.2.2 F 层参数估算 …… (280)
7.2.3 电离层的临界频率形态 …… (281)
7.2.4 电离层电子浓度剖面形态 …… (284)
7.2.5 电离层总电子含量形态 …… (289)
7.2.6 电离层的不规则变化形态 …… (290)
7.3 电离层传播机理 …… (292)
7.3.1 电离层折射与反射 …… (292)
7.3.2 电离层返回散射传播 …… (294)
7.4 电离层返回散射传播信道特性 …… (308)
7.4.1 电离层信道的数学描述 …… (308)
7.4.2 电离层返回散射信道的散射函数 …… (310)
7.4.3 实测电离层返回散射信道的散射函数 …… (311)
7.4.4 实测电离层返回散射信道的参数 …… (313)
7.5 天波雷达路径传播衰减 …… (313)
7.5.1 高频天波雷达的路径 …… (314)
7.5.2 高频天波雷达路径传播的衰减 …… (314)

7.6 电离层环境对天波雷达的影响 …… (319)
7.6.1 天波雷达的工作环境模型 …… (319)
7.6.2 电波环境对天波雷达的影响及对策 …… (320)
7.7 天波雷达信道的可用度 …… (322)
7.7.1 信道可用度的概念 …… (322)
7.7.2 限制信道可用度的因素 …… (322)
7.7.3 天波雷达信道的可用度 …… (324)
7.8 多径模糊和模式模糊 …… (326)
7.8.1 概念 …… (326)
7.8.2 模糊产生机理与"解模糊"方案 …… (327)
参考文献 …… (330)
第 8 章 天波超视距雷达方程及其应用 …… (331)
8.1 概述 …… (332)
8.2 天波雷达方程与各因子特性 …… (333)
8.2.1 天波雷达的斜距方程 …… (333)
8.2.2 雷达方程参数的选择与取值范围 …… (337)
8.3 天波雷达系统时间可用度 …… (338)
8.3.1 系统时间可用度概念 …… (339)
8.3.2 系统时间可用度估算方法 …… (339)
8.3.3 系统时间可用度评估 …… (341)
8.4 天波雷达当前检测区的计算 …… (343)
8.4.1 天波雷达信息搜索区轮廓 …… (343)
8.4.2 探测空中目标时对当前检测区的预测 …… (344)
8.4.3 探测海面目标时对检测子区性能的计算 …… (346)
8.5 天波雷达测量精度评估 …… (348)
8.5.1 与雷达系统相关的测量误差因素 …… (350)
8.5.2 多模式传播的错误识别导入测量误差 …… (351)
8.5.3 电离层结构参数估计误差对测量误差的影响 …… (352)
8.5.4 用参考源改善测量精度 …… (355)
参考文献 …… (356)
第 9 章 电波环境自适应诊断与管理技术 …… (357)
9.1 电波环境监测和雷达管理 …… (358)
9.1.1 概述 …… (358)
9.1.2 技术要求 …… (359)

9.1.3 系统的探测设备 …… (360)
9.1.4 诊断及管理数据的处理 …… (361)
9.2 返回散射探测设备 …… (362)
9.2.1 探测原理 …… (362)
9.2.2 技术特性 …… (362)
9.2.3 设备框图和组成 …… (363)
9.2.4 返回散射电离图 …… (366)
9.2.5 天波返回散射回波多普勒频谱图 …… (370)
9.3 垂直探测设备 …… (372)
9.3.1 探测原理 …… (373)
9.3.2 设备框图和组成 …… (374)
9.3.3 垂直探测电离图及其特征参数 …… (378)
9.4 斜向探测设备 …… (381)
9.4.1 概述 …… (381)
9.4.2 斜向探测设备框图和组成 …… (383)
9.4.3 斜向探测电离图及其特征参数 …… (385)
9.5 返回散射电离图与垂直、斜向探测电离图的关系 …… (388)
9.5.1 正割定理 …… (388)
9.5.2 第一等效定理 …… (389)
9.5.3 第二等效定理 …… (389)
9.5.4 三种不同电离图之间的关系 …… (390)
9.6 环境噪声监测设备 …… (393)
9.6.1 测试设备的主要性能 …… (393)
9.6.2 测量方法及步骤 …… (394)
9.6.3 测试结果 …… (395)
9.7 干扰频谱监测设备 …… (396)
9.7.1 干扰频谱测试设备的主要性能 …… (396)
9.7.2 测量方法及步骤 …… (397)
9.7.3 测试结果 …… (398)
9.8 重构电离层技术 …… (399)
9.8.1 概述 …… (400)
9.8.2 人工神经网络法 …… (400)
9.8.3 改进的 Kriging 方法 …… (403)
9.9 电波环境自适应诊断与管理方法论 …… (407)

9.9.1 概述 …… (407)
9.9.2 电波环境自适应诊断与管理方法 …… (408)
参考文献 …… (411)
第 10 章 天波超视距雷达的系统设计 …… (413)
10.1 概述 …… (414)
10.2 天波雷达系统设计 …… (418)
10.2.1 天波雷达的战技指标 …… (418)
10.2.2 天波雷达系统的组成及任务 …… (421)
10.2.3 检测目标子系统的设计与计算 …… (424)
10.2.4 自适应信道管理子系统技术要求 …… (429)
10.2.5 电离层诊断与频率监测子系统设计的要求 …… (432)
10.3 雷达主要分系统的设计要求 …… (436)
10.3.1 发/收天线阵设计 …… (436)
10.3.2 单元发射机的设计 …… (443)
10.3.3 通道接收机的设计 …… (446)
10.3.4 信息处理机的设计 …… (450)
10.3.5 接收阵列幅相校准技术 …… (453)
10.4 国外天波雷达系统介绍 …… (456)
10.4.1 美国天波雷达 …… (456)
10.4.2 俄罗斯的天波雷达 …… (459)
10.4.3 澳大利亚的天波雷达 …… (460)
10.4.4 高频雷达信息网 …… (462)
参考文献 …… (464)
第 11 章 地波雷达传播理论 …… (467)
11.1 概述 …… (468)
11.2 地波传播场强的计算 …… (468)
11.2.1 无限大介质平面上高频地波传播特性分析和计算 …… (468)
11.2.2 高频电磁波在圆形地球表面上的传播特性 …… (470)
11.2.3 地波传播路径的损耗 …… (472)
11.2.4 传播路径上障碍物对电磁波特性的影响 …… (477)
11.3 不同海态海面的附加衰减 …… (480)
11.3.1 粗糙海面的附加衰减 …… (481)
11.3.2 不同海态时电磁波的衰减特性 …… (482)
11.4 雷达方程与探测能力 …… (484)

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com