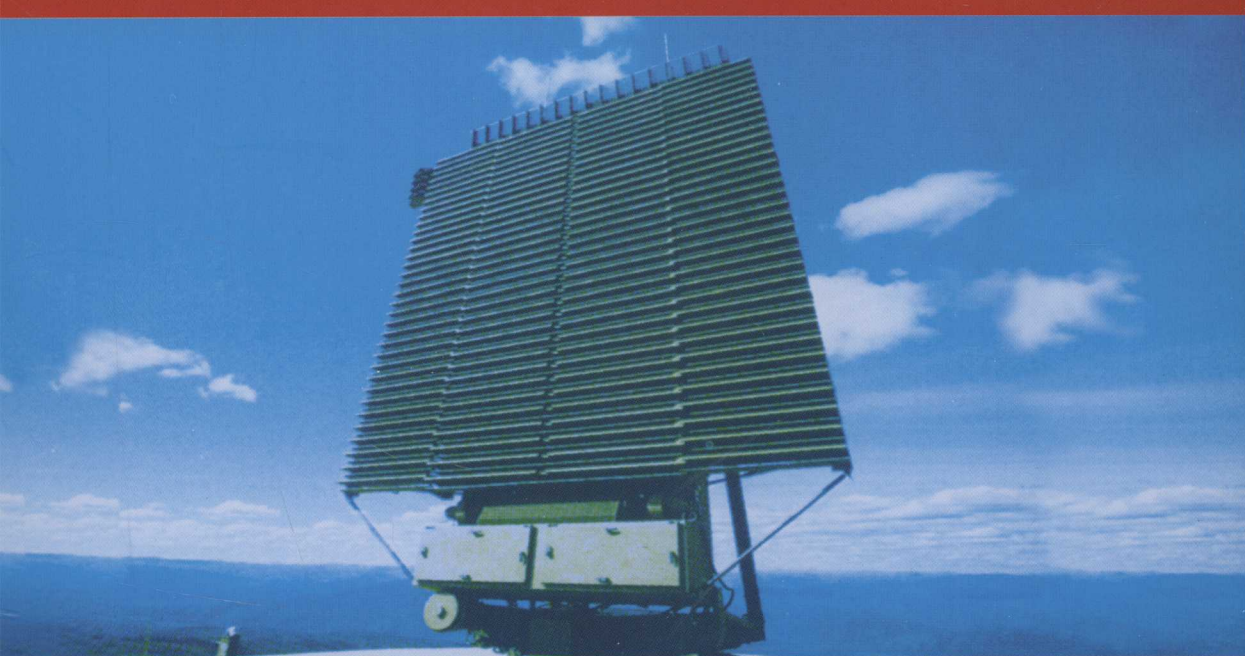


高等院校信息与通信工程系列教材

雷达信号处理技术



赵树杰 编著

清华大学出版社

高等院校信息与通信工程系列教材

雷达信号处理技术

赵树杰 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书就典型的、应用广泛的和具有应用前景的雷达信号处理技术的基本概念、处理原理、实现技术、性能和效果进行了系统深入的阐述、研究和分析。

本书可分为三个部分,第一部分包括第1~3章,主要内容是雷达信号处理的基础知识和理论;第二部分包括第4~10章,主要论述典型雷达信号处理技术的概念、原理、实现和性能;第三部分包括第11章,概述雷达信号处理系统设计的特点和流程,并给出雷达信号处理机的设计示例。

本书基本概念论述清晰,理论推导科学严谨,处理技术实际可用,性能分析结合具体问题。本书可作为电子信息工程、雷达工程等专业高年级本科生、研究生的教材,也可作为从事雷达系统设计、雷达信号处理的工程技术人员及雷达部队技术人员的培训教材和参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

雷达信号处理技术/赵树杰编著. —北京:清华大学出版社,2010.8

(高等院校信息与通信工程系列教材)

ISBN 978-7-302-22325-2

I. ①雷… II. ①赵… III. ①雷达信号—数据处理—高等学校—教材 IV. ①TN957.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 056495 号

责任编辑:陈志辉 文 怡

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:25.75 字 数:618千字

版 次:2010年8月第1版 印 次:2010年8月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.50元

产品编号:034783-01

教师反馈表

感谢您购买本书！清华大学出版社计算机与信息分社专心致力于为广大院校电子信息类及相关专业师生提供优质的教学用书及辅助教学资源。

我们十分重视对广大教师的服务，如果您确认将本书作为指定教材，请您务必填好以下表格并经系主任签字盖章后寄回我们的联系地址，我们将免费向您提供有关本书的其他教学资源。

您需要教辅的教材：	雷达信号处理技术(赵树杰)		
您的姓名：			
院系：			
院/校：			
您所教的课程名称：			
学生人数/所在年级：	_____人/ 1 2 3 4 硕士 博士		
学时/学期	_____学时/_____学期		
您目前采用的教材：	作者： _____ 书名： _____ 出版社： _____		
您准备何时用此书授课：			
通信地址：			
邮政编码：		联系电话	
E-mail：			
您对本书的意见/建议：			系主任签字 盖章

我们的联系地址：

清华大学出版社 学研大厦 A907 室

邮编：100084

Tel: 010-62770175-4409,3208

Fax: 010-62770278

E-mail: liuli@tup. tsinghua. edu. cn; hanbh@tup. tsinghua. edu. cn

高等院校信息与通信工程系列教材编委会

主 编：陈俊亮

副 主 编：李乐民 张乃通 邬江兴

编 委 (排名不分先后)：

王 京 韦 岗 朱近康 朱世华

邬江兴 李乐民 李建东 张乃通

张中兆 张思东 严国萍 刘兴钊

陈俊亮 郑宝玉 范平志 孟洛明

袁东风 程时昕 雷维礼 谢希仁

责任编辑：陈志辉

出版说明

信息与通信工程学是信息科学与技术的重要组成部分。改革开放以来,我国在发展通信系统与信息系统方面取得了长足的进步,形成了巨大的产业与市场,如我国的电话网络规模已占世界首位,同时该领域的一些分支学科出现了为国际认可的技术创新,得到了迅猛的发展。为满足国家对高层次人才的迫切需求,当前国内大量高等学校设有信息与通信工程学科的院系或专业,培养大量的本科生与研究生。为适应学科知识不断更新的发展态势,他们迫切需要内容新颖又符合教改要求的教材和教学参考书。此外,大量的科研人员与工程技术人员也迫切需要学习、了解、掌握信息与通信工程学科领域的基础理论与较为系统的前沿专业知识。为了满足这些读者对高质量图书的渴求,清华大学出版社组织国内信息与通信工程国家级重点学科的教学与科研骨干以及本领域的一些知名学者、学术带头人编写了这套高等院校信息与通信工程系列教材。

该套教材以本科电子信息工程、通信工程专业的专业必修课程教材为主,同时包含一些反映学科发展前沿的本科选修课程教材和研究生教学用书。为了保证教材的出版质量,清华大学出版社不仅约请国内一流专家参与了丛书的选题规划,而且每本书在出版前都组织全国重点高校的骨干教师对作者的编写大纲和书稿进行了认真审核。

祝愿《高等院校信息与通信工程系列教材》为我国培养与造就信息与通信工程领域的高素质科技人才,推动信息科学的发展与进步做出贡献。

北京邮电大学
陈俊亮

前 言

雷达信号处理技术内容丰富,理论严谨,应用广泛,效果显著,是现代雷达系统设计中采用的关键技术之一,对改善和提高雷达系统的性能起着十分重要的作用。

我们选择在现代雷达系统中广泛采用的和具有应用价值及前景的典型雷达信号处理技术作为本书的主要内容。编写中认为读者已掌握雷达的基本原理,并对雷达系统有所了解;掌握数字信号处理的离散傅里叶变换及其快速算法、数字滤波器设计和算法结构等知识,数学基础较好。

雷达信号处理技术是理论性与实践性均很强的一种信号处理技术。本书在编写过程中注意把握如下几点:

(1) 力求重点突出,概念准确、清晰。

(2) 注意论述的系统性和完整性。对所研究的每种处理技术,从基本概念、理论基础到实现技术、性能分析及改进措施等都有较全面的阐述、研究、分析和讨论。

(3) 重视处理技术的理论研究与工程实现相结合,即理论联系实际。

(4) 适量介绍雷达信号处理系统设计的方法和流程等系统知识。

本书内容可分为三个部分,共 11 章。

第一部分是雷达信号处理的基础知识与理论,包括第 1~3 章。主要内容是雷达目标参数的测量,运动目标的多普勒频率,距离、速度模糊的解算;雷达信号的时域、频域分析,模糊函数及其与距离、速度分辨力和测距、测速精度的关系,典型雷达信号的模糊函数及其特点等。第二部分是典型雷达信号处理技术,包括第 4~10 章。主要内容是现代雷达系统中采用的、具有应用价值和应用前景的典型雷达信号处理技术的概念阐述、原理研究、实现技术和性能分析及改进措施讨论等。第三部分是雷达信号处理系统设计,包括第 11 章。主要内容是雷达信号处理系统设计的基本方法和流程,并给出了一个设计示例,以供参考。

本书在编写过程中,参考了国内外有关的文献和资料,在此向所有参考文献的作者表示诚挚的感谢。

清华大学出版社的员工为本书的出版付出了辛勤的劳动,做了大量细致的工作,在此深表谢意。

读者如能从本书获得一些知识或得到一些启示,就达到了本书编写的主要目的。由于作者理论水平有限,实际经验不足,书中难免存在一些错漏和不当之处,敬请读者批评指正。

作 者

2010 年 3 月

目 录

第 1 章 雷达系统概论	1
1.1 引言	1
1.2 雷达技术的发展史、现状及未来	1
1.2.1 雷达技术的发展史	1
1.2.2 雷达技术的发展现状	4
1.2.3 雷达技术的未来	6
1.3 雷达工作的基本条件	6
1.4 雷达系统的基本组成、功能及工作过程	7
1.4.1 雷达系统的基本组成	7
1.4.2 各部分的主要功能及工作过程	7
1.5 雷达的工作频率	8
1.5.1 雷达的工作波长	9
1.5.2 雷达的工作频段和工作频率	9
1.5.3 雷达工作频段简介	9
1.6 雷达系统的分类	10
1.6.1 按雷达系统的功能分类	10
1.6.2 按雷达系统的工作体制分类	11
1.6.3 按雷达系统的工作频段分类	11
1.6.4 按雷达测量目标的参数分类	11
1.7 雷达系统的主要战术、技术参数	11
1.7.1 雷达系统的主要战术参数	11
1.7.2 雷达系统的主要技术参数	13
1.7.3 雷达系统的战术、技术性能与技术参数的关系	16
1.8 电子战及雷达对抗技术概述	22
1.8.1 电子战的科学含义	22
1.8.2 对雷达的侦察与干扰	23
1.8.3 雷达的反侦察与反干扰	23
1.8.4 雷达目标隐身与雷达反隐身	24
1.8.5 摧毁与反摧毁	25

第 2 章 雷达目标参数的测量	27
2.1 引言	27
2.2 目标距离的测量	27
2.2.1 脉冲法测距的基本原理	27
2.2.2 目标距离数据的自动录取	27
2.2.3 测距精度分析	29
2.2.4 距离分辨力	30
2.2.5 测距模糊问题	30
2.3 目标角度的测量	32
2.3.1 测角原理	32
2.3.2 相位法测角	35
2.3.3 目标角度数据的自动录取	37
2.3.4 三坐标雷达俯仰角度数据的自动录取	38
2.4 目标高度的测量	39
2.5 目标速度的测量	40
2.5.1 多普勒效应的概念	40
2.5.2 目标的多普勒频率与目标的径向运动速度之间的关系	41
2.5.3 多普勒频率的测量	42
2.5.4 测速模糊问题	46
第 3 章 雷达信号分析	47
3.1 引言	47
3.2 雷达信号的数学表示法	47
3.2.1 雷达信号的时域表示	47
3.2.2 雷达信号的频谱函数	49
3.2.3 雷达信号的能量	51
3.2.4 雷达信号的特点	51
3.3 雷达信号的模糊函数	51
3.3.1 模糊函数的概念	51
3.3.2 模糊函数的定义	52
3.4 距离模糊函数与距离分辨力	53
3.5 速度模糊函数与速度分辨力	55
3.6 距离-速度二维信号的模糊函数	58
3.7 模糊函数的性质	59
3.8 典型雷达信号的模糊函数及特点	62
3.8.1 单载频矩形脉冲信号	62
3.8.2 线性调频矩形脉冲信号	65

3.8.3	单载频矩形相参脉冲串信号	68
3.8.4	伪随机相位编码信号	73
3.9	模糊函数与距离、速度测量精度	77
3.9.1	最大似然估计准则	78
3.9.2	延时估计与距离测量精度	80
3.9.3	多普勒频率估计与速度测量精度	83
3.9.4	延时和多普勒频率同时估计与距离和速度测量精度	84
3.10	模糊函数的应用	88
3.10.1	模糊函数用于研究雷达的距离和速度分辨率及测量精度	88
3.10.2	模糊函数用于研究雷达的信号波形设计	88
3.10.3	模糊函数用于研究雷达的抗干扰性能	89
3.10.4	模糊函数用于研究雷达信号的优化设计	90
3.11	线性系统对平稳随机信号的响应	90
3.11.1	响应的平稳性	91
3.11.2	响应的统计平均量	91
3.11.3	相关卷积定理	92
3.12	匹配滤波器理论	93
3.12.1	匹配滤波器的概念	93
3.12.2	匹配滤波器的设计	93
3.12.3	匹配滤波器的主要特性	96
第 4 章	雷达接收机的数字化技术	99
4.1	引言	99
4.2	多速率数字信号处理中抽取、内插的运算和描述	99
4.2.1	信号的抽取	100
4.2.2	信号的内插	103
4.2.3	信号采样速率的有理数转换	106
4.3	采样速率转换系统的 FIR 滤波器算法结构	108
4.3.1	采样速率转换系统的直接型 FIR 滤波器算法结构	108
4.3.2	采样速率转换系统的多级实现	111
4.4	采样速率转换系统的多相滤波器算法结构	114
4.4.1	多速率信号处理系统的多相分解表示	114
4.4.2	抽取和内插系统的多相滤波器算法结构	115
4.5	雷达数字接收机	117
4.5.1	模拟接收机的组成	117
4.5.2	数字接收机的组成	118
4.6	直接数字合成技术	119
4.6.1	直接数字合成的原理	119

4.6.2	直接数字合成技术的特点	120
4.6.3	直接数字合成专用芯片简介	120
4.7	直接中频采样数字下变频技术	122
4.7.1	下变频的传统实现方法	122
4.7.2	直接中频采样的数字下变频技术	123
4.8	过采样技术	132
4.8.1	A/D 变换中的过采样技术	132
4.8.2	D/A 变换中的过采样技术	133
第 5 章	雷达目标回波脉冲信号的压缩技术	134
5.1	引言	134
5.1.1	信号频谱扩展的概念	134
5.1.2	脉冲信号压缩的概念	135
5.2	大时宽-带宽积信号	136
5.2.1	大时宽-带宽积信号的主要特点	137
5.2.2	典型的大时宽-带宽积信号	138
5.3	理想脉冲信号压缩系统	138
5.4	线性调频矩形脉冲信号的压缩处理	139
5.4.1	线性调频矩形脉冲信号压缩的基本原理	139
5.4.2	线性调频矩形脉冲信号的时域描述	141
5.4.3	线性调频矩形脉冲信号的频谱函数	142
5.4.4	线性调频矩形脉冲信号匹配压缩滤波器的频率响应函数	147
5.4.5	线性调频矩形脉冲信号匹配压缩滤波器的输出信号波形	150
5.4.6	线性调频矩形脉冲信号的产生	151
5.4.7	线性调频矩形脉冲信号的压缩技术	154
5.5	伪随机相位编码信号的压缩处理	162
5.5.1	伪随机相位编码信号概述	162
5.5.2	伪随机二相编码信号的描述	162
5.5.3	二元伪随机序列	164
5.5.4	伪随机二相编码信号的压缩技术	173
第 6 章	雷达动目标显示和动目标检测技术	179
6.1	引言	179
6.2	目标回波信号和杂波的频谱分析	180
6.2.1	运动目标回波信号的频谱分析	180
6.2.2	雷达杂波的频谱分析	183
6.3	动目标显示滤波器	185
6.3.1	动目标显示滤波器的作用	185

6.3.2	动目标显示滤波器的设计和频率响应特性	186
6.4	自适应动目标显示滤波器	199
6.4.1	自适应一次对消器	199
6.4.2	自适应二次对消器	200
6.4.3	自适应对消器的实现	202
6.5	盲速、盲相的影响及其解决途径	204
6.5.1	盲速	204
6.5.2	盲相	208
6.6	动目标显示雷达的工作质量指标	211
6.6.1	质量指标	211
6.6.2	改善因子和杂波中的信号可见度的测量	212
6.6.3	影响系统工作质量的因素	213
6.7	动目标检测	216
6.7.1	对消器级联多普勒滤波器组结构	216
6.7.2	多普勒滤波器组的 FIR 横向数字滤波器实现	218
6.7.3	FIR 横向数字滤波器的频率响应特性	219
6.7.4	多普勒滤波器组的 FFT 算法实现	220
6.7.5	多普勒滤波器组信号处理的性能	220
6.7.6	慢速、零速目标的检测	222
第 7 章	雷达目标回波信号的恒虚警率检测技术	224
7.1	引言	224
7.2	雷达目标回波信号的最佳检测准则和性能	225
7.2.1	雷达目标回波信号的最佳检测准则	225
7.2.2	雷达目标回波信号恒虚警率检测的性能	226
7.3	噪声环境中信号的自动门限检测	227
7.3.1	基本原理	227
7.3.2	实现技术	228
7.4	杂波环境中信号的恒虚警率检测	231
7.5	瑞利杂波环境中信号的恒虚警率检测	232
7.5.1	瑞利杂波模型	232
7.5.2	瑞利杂波恒虚警率检测的原理	232
7.5.3	邻近单元平均恒虚警率检测器	233
7.5.4	对数邻近单元平均恒虚警率检测器	234
7.5.5	多目标情况的恒虚警率检测器	241
7.6	非瑞利杂波的恒虚警率检测	243
7.6.1	对数-正态分布杂波模型	243
7.6.2	韦布尔分布杂波模型	244

7.6.3	对数-正态分布杂波的恒虚警率检测	246
7.6.4	韦布尔分布杂波的恒虚警率检测	247
7.7	信号的非参量检测	249
7.7.1	研究信号非参量检测的必要性	249
7.7.2	非参量符号检测的原理、实现和性能	250
7.7.3	非参量广义符号检测的原理、实现和性能	252
7.7.4	非参量二维广义符号检测	254
7.8	信号的稳健性检测	255
7.8.1	信号稳健性检测的概念	255
7.8.2	混合信号模型的稳健性检测	255
7.8.3	污染的高斯噪声中确知信号的稳健性检测	259
7.8.4	信号稳健性检测的简要总结	265
第 8 章	雷达目标回波脉冲串信号的积累技术	267
8.1	引言	267
8.2	雷达目标回波相参脉冲串信号积累的理论基础	267
8.3	雷达目标回波相参脉冲串信号积累的实现	271
8.3.1	相邻 M 个探测周期接收信号的数据矩阵	271
8.3.2	相参积累的离散傅里叶变换实现	271
8.3.3	相参积累的 FIR 横向数字滤波器实现	272
8.3.4	相邻 M 个探测周期脉冲串信号相参积累后的数据矩阵	272
8.3.5	相邻 M 个探测周期脉冲串信号相参积累的性能分析	272
8.4	脉间参差、脉间跳频脉冲串信号的积累	273
8.5	目标回波非相参脉冲串信号的视频积累	273
8.5.1	滑窗型积累器	273
8.5.2	指向累计型积累器	274
8.5.3	目标回波非相参脉冲串信号视频积累的性能分析	274
第 9 章	雷达天线旁瓣相消技术	278
9.1	引言	278
9.2	自适应滤波理论基础	279
9.2.1	最优线性滤波与维纳滤波	279
9.2.2	自适应滤波	282
9.3	天线旁瓣消隐技术	296
9.4	天线旁瓣相消技术	297
9.5	自适应天线旁瓣相消滤波器	298
9.5.1	自适应天线旁瓣相消滤波器的原理	298
9.5.2	自适应天线旁瓣相消滤波器的性能分析	300

9.5.3	多辅助通道自适应天线旁瓣相消滤波器	302
9.6	自适应单频率干扰中频相消滤波器	303
9.6.1	自适应单频干扰相消器的原理框图	303
9.6.2	自适应单频干扰相消器的系统函数	304
9.6.3	自适应多单频干扰相消器简介	307
第 10 章	雷达数字波束形成技术	308
10.1	引言	308
10.2	数字波束形成的优点	308
10.3	阵列天线发射波束形成和相位扫描	309
10.3.1	发射波束形成和相位扫描的基本原理	310
10.3.2	栅瓣问题	311
10.3.3	波束宽度	312
10.3.4	天线增益	314
10.3.5	无源阵列和有源阵列	315
10.3.6	阵列天线中的移相器	316
10.4	数字波束形成的原理、算法和结构	317
10.4.1	阵列信号模型	317
10.4.2	接收波束形成的原理	318
10.4.3	数字波束形成的算法	319
10.4.4	数字波束形成器的结构	320
10.4.5	数字波束形成系统	321
10.5	数字波束形成技术所形成波束的性能分析	322
10.5.1	均匀幅度加权形成波束的波束宽度	322
10.5.2	波束指向的范围	323
10.5.3	形成波束的旁瓣电平和波束宽度的展宽因子	323
10.6	幅相失配误差与有限字长效应	326
10.6.1	有误差时数字信号的描述	327
10.6.2	有误差时数字波束形成器的输出信号	328
10.6.3	误差对形成波束主旁瓣比的限制	329
10.7	数字波束形成系统的自校正技术	331
10.7.1	天线阵元之间的互耦校正	331
10.7.2	接收通道之间的不平衡性校正	332
10.8	自适应数字波束形成技术	334
10.8.1	自适应数字波束形成的最佳准则和最佳加权矢量	334
10.8.2	自适应数字波束形成的算法	340
10.9	空间同步技术	345
10.9.1	同时多波束空间同步技术	345

10.9.2	脉冲追赶式空间同步技术	346
第 11 章	雷达信号处理系统设计	350
11.1	引言	350
11.2	雷达信号处理系统设计的主要特点	350
11.3	雷达信号处理机的主要功能和基本结构	351
11.4	雷达信号处理系统设计概述	353
11.4.1	雷达信号处理系统仿真设计	353
11.4.2	雷达信号处理系统工程设计	355
11.5	雷达数字信号处理机设计示例	359
11.5.1	相控阵精密制导雷达的主要参数和工作模式	359
11.5.2	相控阵精密制导雷达的主要技术指标	360
11.5.3	信号处理机组成框图和信号流程	361
11.5.4	信号处理机的主要参数选择	361
11.5.5	信号处理机的工作状态模式控制字	363
11.5.6	信号处理机各处理单元时间安排	363
11.5.7	信号的有效数据截取	364
11.5.8	信号处理机处理单元简介	365
11.5.9	信号处理机的处理流程	372
11.5.10	信号处理机的性能检验	373
附录 A	似然函数 $p[x(t) \theta]$ 的推导	375
附录 B	似然函数 $p[\hat{x}(t)]$ 的推导	377
附录 C	$X(t_d)$ 二阶偏导结果的推导	380
附录 D	$X(f_d)$ 二阶偏导结果的推导	382
附录 E	$X(t_d, f_d)$ 二阶偏导结果的推导	384
附录 F	测不准关系式的推导	387
附录 G	平稳随机序列相关函数的三种定义方式	389
参考文献	390

第 1 章

雷达系统概论

1.1 引言

雷达是 Radio Detection and Ranging 的缩写(Radar)的音译,原意是“无线电探测和测距”。所以,雷达的基本功能是利用目标对电磁波的反射而发现目标,并测定目标的空间位置。随着雷达技术的发展,它的功能早已超出了对目标的检测和定位的含义,它还可以提取有关目标的更多信息,如测量目标的运动速度,判定目标的属性,识别目标的特征,实现运动目标的成像,完成运动目标的精密跟踪和实时状态预测等。因此,雷达系统不仅在国防建设中具有特别重要的作用,而且在国民经济建设中也具有广泛的应用。

雷达是集中应用现代电子科学技术最新成就的高科技系统。近年来,由于雷达系统中采用了一些新理论、新技术和新器件,雷达技术进入了一个新的发展阶段。特别是微电子技术的飞速发展和计算机的广泛应用,给现代雷达带来了根本性的变革。正是在这样的背景下,雷达信号处理机已经成为雷达系统中重要的分机之一,它对增强雷达系统的功能、改善雷达系统的性能起着关键性的作用。

本章着重介绍雷达技术的发展状况,未来雷达系统的发展趋势,雷达系统的基本组成、主要功能和工作过程,雷达系统频段的划分,雷达系统的主要战术、技术参数等。

1.2 雷达技术的发展史、现状及未来

1.2.1 雷达技术的发展史

从 1886 年至今,雷达技术的发展已经走过了 120 多年的历程,大致可分为探索阶段、发展阶段和成熟阶段。

1. 探索阶段

1886—1888 年,德国物理学家海因里奇·赫兹(Heinrich Hertz)验证了电磁波的产生、接收和目标散射这一雷达工作的最基本原理,如图 1.2.1 所示。

1903—1904 年,德国科学家克里斯琴·赫尔斯迈耶(Christian Hulsmeyer)研制出原始的船用防撞雷达,并获得专利权。

1922 年,英国科学家 M. G. 马克尼(M. G. Marconi)在接受无线电工程师学会(IRE)荣誉奖章的讲话中,提出了一种船用防撞测角雷达的建议。

1925 年,美国科学家 G. 布赖特(G. Breit)和 M. 图夫(M. Tuve)通过阴极射线管观测

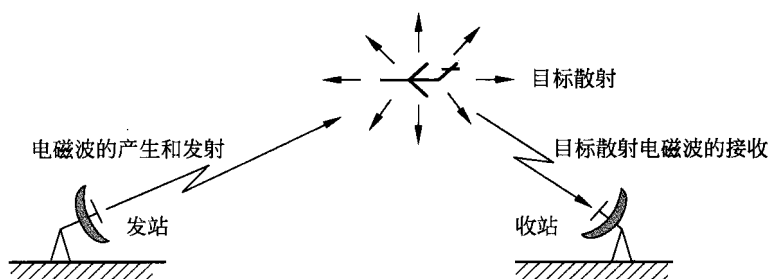


图 1.2.1 雷达最基本原理实验图

到来自电离层的第一个短脉冲回波。

1934年,美国科学家 R. M. 佩奇(R. M. Page)拍摄了第一张来自飞机的短脉冲回波照片。

1935年,英国和德国科学家第一次验证了对飞机目标的短脉冲测距。

1937年,英国科学家 R. W. 瓦特(R. W. Wate)研制成功第一部可使用的军用雷达“Chain Home”。

到此,人们才真正开始了对电磁波基本原理的应用,赋予它极大的生命力——军事应用。

2. 发展阶段

在第二次世界大战期间及其后一段时间里,由于战争和防空的需求,雷达技术进入了大发展阶段。据报道,二战期间在欧洲战场上布防了上千部雷达,它们在战争中发挥了很大的作用。著名影片“伦敦上空的鹰”真实地再现了当时雷达发展的盛况。在英国科学家的帮助下,美国利用大后方的有利环境和条件,研制生产了大批量的雷达,对保证同盟军取得战争的胜利起了重要作用。

这一时期,雷达技术之所以能够取得快速发展,从技术上讲,主要是因为研制出了雷达系统中的两个关键器件:T/R(收/发)开关和磁控管。如图 1.2.2 所示,T/R 开关可以使发射和接收共用一幅天线,简化了雷达系统;而大功率磁控管发射机则大大提高了雷达的探测性能。

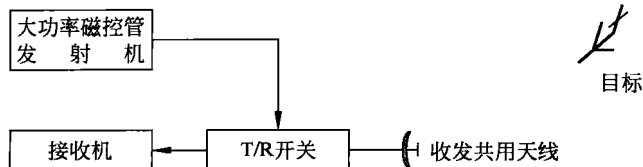


图 1.2.2 收/发共用天线雷达

1938年,美国陆军通信兵的 SCR-268 成为首部实用的防空火控雷达,探测距离大于 100n mile(海里),工作频率为 200MHz,共生产了 3100 部。