



国际信息工程先进技术译丛

微波毫米波 安防遥感技术

**Microwave and Millimeter-Wave Remote
Sensing for Security Applications**

[美] 杰夫瑞 A. 南泽 (Jeffrey A. Nanzer) 著
苗俊刚 胡岸勇 孙国琳 叶修竹 李志平 刘大伟 译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

微波毫米波安防遥感技术

[美] 杰夫瑞 A. 南泽 (Jeffrey A. Nanzer) 著
苗俊刚 胡岸勇 孙国琳 叶修竹 李志平 刘大伟 译



机械工业出版社

本书是论述微波毫米波安防遥感技术的一本重要著作。全书分为9章。第1章绪论介绍了微波毫米波遥感技术在安防领域应用的实际案例和未来发展前景。第2章和第3章简要回顾了基本电磁波理论并详细论述了电磁波与传输媒质(如人体组织、大气以及各类建筑和衣物材料)的相互作用。第4章和第5章分别论述了微波毫米波遥感器的基本组成部分——天线和接收机的基本理论和设计原理。第6~9章是对4类微波毫米波安防遥感器辐射计、雷达、成像系统和干涉式角速度测量仪的详细论述,包括它们的基本原理、设计方法和实际应用等。

本书可供从事微波毫米波安防遥感技术研究的工程技术人员参考,也可作为物理类和电子工程类高年级本科生和研究生的教材或参考书。
Microwave and Millimeter - Wave Remote Sensing for Security Applications/
By Jeffrey A. Nanzer

ISBN: 978 - 1 - 60807 - 172 - 2

Copyright © 2012 Artech House

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by Artech House. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with China Machine Press and is not the responsibility of Artech House. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, Artech House.

本书原版由 Artech House 公司出版,并经授权翻译出版,版权所有,侵权必究。

本书中文简体翻译出版授权机械工业出版社独家出版,未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01 - 2014 - 5465 号

图书在版编目(CIP)数据

微波毫米波安防遥感技术/(美)南泽(Nanzer, J. A.)著;苗俊刚等译. —北京:机械工业出版社,2015.7

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: Microwave and millimeter - wave remote sensing for security applications

ISBN 978-7-111-49927-5

I. ①微… II. ①南…②苗… III. ①微波频率-遥感技术-安全技术 IV. ①TP7

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第074367号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:朱林 责任编辑:朱林

责任校对:刘志文 封面设计:马精明

责任印制:李洋

中国农业出版社印刷厂印刷

2015年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·19.25印张·393千字

1-2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-49927-5

定价:88.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

译者序

微波毫米波技术在安防领域的应用已经产生了一个新的学科方向——微波毫米波安防遥感技术，这是过去十余年里微波技术领域和微波遥感技术领域里的一件大事。众所周知，微波毫米波遥感技术在地球环境、气象气候、军事侦察等领域有着广泛的应用，是一项重要的应用技术，而它在安防领域的应用则是一个新发展。从过去 10 年的发展来看，微波毫米波遥感技术在安防领域的应用潜力巨大，安防将是一个可以与前述应用领域并驾齐驱的新领域。

暴力恐怖分子对公共安全危害极大，其所采取的方式却越来越隐蔽、越来越复杂，因此必须采用多种技术手段来联合解决问题。微波毫米波遥感设备具有全天候的工作能力，能穿透烟雾和沙尘、鉴别人与物、快速测量与精细成像、透过衣物和墙壁检测隐匿武器（如枪支、刀具）、汽油和炸药并形成高分辨率图像。微波毫米波遥感技术所具有的独特的优势使其必然成为一种重要的反恐技术措施和手段。微波毫米波安防遥感技术在最近 10 年里得到的空前发展及其积累的大量成果便是明证。这些成果包括检测隐匿武器的成像技术、侵入者探测系统以及鉴别人体活动的微多普勒分析技术和角速度测量技术等。本书的著者，Jeffrey A. Nanzer 博士，是美国约翰·霍普金斯大学应用物理实验室的资深研究人员，在过去的 10 年里主持了多种安防遥感设备的研制，具有丰富的实践经验，是微波毫米波安防遥感技术领域的开拓者和发展见证者。Nanzer 博士的这本书内容丰富，图文并茂，基础理论系统全面，技术手段新颖先进，极具参考价值。

北京航空航天大学微波工程实验室 10 年来密切关注微波毫米波安防遥感技术的发展，积极推动毫米波实时成像技术在人体安检中的应用，研制了国内第一台毫米波摄像机，成像速度达到每秒 24 帧，为火车站、地铁站等大流量人群的快速安检提供了技术手段。与此同时，北京航空航天大学微波工程实验室注重人才培养和教学，为本科生和研究生分别开设了“微波遥感导论”和“微波遥感原理”课程。Nanzer 博士的这本书便是研究生课程的重要参考书。我们很高兴将本书翻译出版，与国内同行共同分享微波毫米波安防遥感技术发展的成果，弥补国内出版物在这方面的欠缺。

感谢机械工业出版社的同志，没有他们的帮助、鼓励和指导这本译著就不可能出版，他们的工作热情和专业精神值得我们学习。北京航空航天大学微波工程实验室的苗俊刚、胡岸勇、孙国琳、叶修竹、李志平、刘大伟 6 位教师参加了本书的翻译和校对工作，我的博士研究生赵海博、于同飞、姚现勋和梁冰苑也参加了

部分章节的翻译和校对,在此对他们的工作表示感谢。本书的部分内容曾经作为北京航空航天大学研究生课程“微波遥感原理”的讲义内容使用过。在使用过程中,许多学生提出了修改建议,在此对他们表示感谢。在本书翻译过程中,译者尽了最大努力避免翻译和文字上的错误与疏漏。如读者在阅读过程中发现任何错误,敬请发信至 jmiaobremen@buaa.edu.cn,我们会在重印时予以纠正。

苗俊刚

原 书 前 言

在众多对公共安全的威胁因素变得越来越错综复杂的今天，微波毫米波遥感技术定会成为一个重要措施和手段。如在探测特定环境的侵入者时，需要探测设备有全天候的能力，要有穿透烟雾及其他遮蔽物的能力，要具有鉴别人与物的能力等。当检测携带有隐匿武器（如枪支、刀具和爆炸物）的暴力恐怖分子时，还需要设备有穿透衣物和墙壁，形成毫米级分辨率图像的能力。在上述领域里，过去的10年见证了微波毫米波遥感技术空前的发展，积累了大量的成果。这些成果涵盖了检测隐匿武器的辐射计成像系统和雷达成像系统、探测侵入者的微波辐射计和多普勒雷达系统以及用于鉴别人体活动的微多普勒分析技术等。这个领域仍在继续向前发展，并且将会产生许多新技术以应对持续变化的安全防范领域对遥感技术的需求。本书致力于讨论安防遥感技术的基本原理及各类先进技术。

撰写本书的念头起源于我在德克萨斯大学应用研究实验室（Applied Research Laboratories, ARL）工作时候。那时我的工作研制各类被动式和主动式毫米波传感器，用来检测移动着或静止的人群，以实现自动检测。我当时很快意识到，把微波辐射计应用于安防遥感实际上是一个很新的题目，因为当我研制此类毫米波辐射计时，我几乎找不到足够的参考资料用于指导我的工作。我不得不在射电天文学和卫星遥感技术领域里搜寻有关微波辐射计的文献（有些文献已经脱销很久了）。市面上找不到一本专门针对这样一个特定应用领域的微波遥感基本原理与技术的教材，这种情况使我很苦恼。那时，我的同事也正在全力以赴研制用于检测人体移动的微多普勒雷达，试图对人体活动进行甄别。随着我和ARL的同事们在毫米波辐射成像技术方面工作的积累，以及文献中逐渐出现的大量关于安检成像方面的报道，我开始意识到安防已经成为微波遥感技术应用的一个新领域，编写一本阐述微波毫米波安防传感器基本原理与设计的教材将是大有裨益的。

本书将讲述微波毫米波遥感技术应用于安防领域的基本原理。微波遥感技术的基本物理原理包含两个基本内容，即电磁波传播和传感器设计。天线是这两个基本内容之间的过渡。遥感信息处理可以认为是传感器设计之后的第三个基本内容。由于遥感信息处理对安防应用来说常常是非常专门化的，因此本书不安排讨论安防遥感信息处理的内容。本书的第1章是关于安防遥感技术的一个绪论，这里会给出许多已经公开发表的传感器的实例。第2章讨论电磁波传播的一般理论，而第3章则集中在电磁波在分层介质，特别是安防遥感应用中遇到的介质中的传播理

论,包括空气、烟、尘、雾、雨、墙壁、衣物以及人体组织等。第4章和第5章分别讨论天线和接收机。微波辐射计的基本原理在第6章讨论,这一章也包括黑体和灰体辐射以及各类微波辐射计的基本结构,如全功率型和相关型辐射计等内容。第7章讨论雷达的基本原理和系统结构,其中很大一部分篇幅用于讨论一个新领域——人体微多普勒技术。第8章讨论成像系统,其大部分篇幅放在了微波辐射计干涉成像技术,这是一个崭新的、非常有前途的安防遥感应用新技术。在本书的最后一章,即第9章,讨论一个新技术,即利用相关式干涉仪测量运动物体的角速度。

本书的阅读对象是安防遥感应用领域的实际科研工作者和学习微波遥感技术的高年级大学生和研究生。本书的许多章节实际上也与通用微波遥感技术密切相关,因此从事其他微波遥感领域的研究人员也会发现此书是一本有用的参考书。阅读本书的读者应具备微积分和傅里叶分析的基本知识。尽管本书的内容都是从基本原理讨论起,但读者若事先学习一些电磁波理论的知识会是非常有益的。

在此,我要向那些在本书的形成过程中给予我支持与帮助的人们表示衷心的感谢。我要特别感谢我的手稿的审阅者,他们是密歇根州立大学的 Andrew Temme, 约翰·霍普金斯大学应用物理实验室的 Salvador Talisa 和 Keir Lauritzen。我也要感谢 Artech House 出版社的工作人员,感谢他们的专业精神、支持与详尽细致的审阅。感谢 Carl Nielson, 他帮助我整理了第3章中的部分图表。感谢我在约翰·霍普金斯大学应用物理实验室的同事们,是他们给予我一直以来的鼓励和帮助。我还要向那些给予我教育并帮助我开启事业的人们表达我的谢意,他们是密歇根州立大学的 Ed Rothwell, 德克萨斯大学应用研究实验室 (ARL) 的 Bob Rogers, 以及德克萨斯大学的 Hao Ling。最后,我要向我的妻子和孩子们表达最衷心的感谢,感谢他们支持我写这本书,容忍我把大量的时间花在这本书上。

Jeffrey A. Nanzer

目 录

译者序

原书前言

第1章 绪论	1
1.1 安防遥感	1
1.1.1 对安防遥感的需求	1
1.1.2 微波毫米波传感器的优势	2
1.2 遥感技术概述	2
1.2.1 辐射计	3
1.2.2 雷达系统	3
1.2.3 成像系统	4
1.2.4 角速度的干涉测量法	4
1.2.5 其他领域的微波毫米波遥感技术	5
1.3 微波毫米波频谱	5
1.3.1 频段的命名	5
1.3.2 微波毫米波辐射的传播	7
1.4 安防遥感器举例	8
1.4.1 探测违禁品的主动成像系统	8
1.4.2 探测违禁品的被动成像系统	10
1.4.3 人体的探测	11
1.4.4 人体的识别和人体行为的甄别	13
1.4.5 穿墙探测	17
1.4.6 生命特征探测	17
参考文献	19
第2章 平面电磁波基础	25
2.1 麦克斯韦方程组	26
2.1.1 本构参数	27
2.2 时谐电磁场	28
2.2.1 波动方程	28
2.2.2 平面波	29
2.2.2.1 相速	30

2.2.2.2 E 与 H 之间的关系	31
2.2.3 能量和功率	32
2.3 波的极化	33
2.3.1 线极化	34
2.3.2 椭圆极化	35
参考文献	37
第3章 媒质中的电磁波	38
3.1 无界媒质中的平面波传播	39
3.1.1 良导体	41
3.1.2 良介质	41
3.1.3 媒质中的波阻抗	42
3.1.4 复介电常数与色散	42
3.2 平面波在有界媒质中的传播	44
3.2.1 垂直入射时波的反射与透射	45
3.2.2 任意入射时波的反射与透射	46
3.2.2.1 横电波(垂直极化波)入射	46
3.2.2.2 横磁波(平行极化波)入射	49
3.2.3 功率反射系数与透射系数	50
3.2.4 全透射与全反射	51
3.2.5 分层介质	52
3.3 特定媒质中的电磁传播	54
3.3.1 大气传播效应	54
3.3.2 波透过建筑材料的传播	59
3.3.3 波透过服装材料的传播	60
3.3.4 爆炸物、塑料和金属的介质特性	62
3.3.5 人体组织的介质特性	64
参考文献	72
第4章 天线	74
4.1 电磁位	75
4.1.1 由电流密度 J 确定的电磁位	75
4.1.2 由磁流密度 J_m 确定的电磁位	76
4.1.3 无穷小偶极子的辐射	77
4.1.4 远场辐射	78
4.1.5 无穷小偶极子远场辐射	81
4.2 天线参数	81

4.2.1 辐射功率密度和总辐射功率	81
4.2.2 天线方向图	82
4.2.3 天线方向图的波束宽度	83
4.2.4 天线立体角	85
4.2.5 方向性系数	85
4.2.6 增益	86
4.2.7 口径面积和方向图立体角	87
4.2.8 天线温度和噪声功率	88
4.2.9 极化	88
4.3 线天线的性质	89
4.3.1 无穷小偶极子天线	89
4.3.2 长偶极子	90
4.4 口面天线	91
4.4.1 镜像原理	92
4.4.2 等效原理	93
4.4.3 矩形口面的辐射	94
4.4.4 圆口面的辐射	97
4.5 天线阵列	100
4.5.1 直线阵列理论	100
4.5.2 平面阵列	102
4.5.3 天线阵列的波束宽度	104
4.5.4 相控阵	104
4.5.5 阵列构架	106
4.5.5.1 馈电网络	106
4.5.5.2 波束控制	108
4.6 常用的微波和毫米波天线	108
4.6.1 喇叭天线	108
4.6.2 缝隙天线	110
4.6.3 微带天线	110
4.6.4 反射面天线系统	113
4.6.5 透镜天线系统	115
参考文献	116
第5章 接收机	118
5.1 接收机的一般工作原理	118
5.2 接收机噪声	121
5.2.1 接收机噪声的来源	122

5.2.1.1	热噪声	122
5.2.1.2	散粒噪声	123
5.2.1.3	闪烁噪声	123
5.2.2	等效噪声带宽	124
5.2.3	毫米波频段的热噪声	125
5.3	噪声系数和噪声温度	127
5.3.1	噪声系数	127
5.3.2	噪声温度	128
5.3.3	衰减器的噪声系数	129
5.3.4	级联系统的噪声	130
5.3.5	ADC 噪声	133
5.4	接收机的线性特性	136
5.4.1	增益压缩	136
5.4.2	交调产物	139
5.4.3	三阶截断点	140
5.4.4	级联系统的三阶截断点	141
5.4.5	动态范围	142
5.4.6	无杂散动态范围	143
	参考文献	144
第 6 章 辐射计		145
6.1	辐射测量学基础	146
6.1.1	亮度	146
6.1.2	亮度与距离	147
6.1.3	通量密度和源分布	148
6.1.4	天线的影响	149
6.2	黑体辐射	150
6.2.1	普朗克黑体辐射定律	150
6.2.2	普朗克定律的近似	153
6.2.3	普朗克定律的带限积分	154
6.3	应用辐射测量学	155
6.3.1	辐射源的分辨	156
6.3.1.1	可分辨的源	157
6.3.1.2	不可分辨的源	157
6.3.2	接收功率的卷积形式	158
6.3.3	发射率和辐射温度	158
6.3.3.1	人体皮肤和常见材料的发射率	159

6.3.3.2 环境的辐射温度	161
6.4 辐射计接收机	163
6.4.1 灵敏度	163
6.4.2 全功率辐射计	165
6.4.2.1 全功率响应	166
6.4.2.2 灵敏度	167
6.4.3 干涉式相关辐射计	170
6.4.3.1 空间点源的响应	171
6.4.3.2 灵敏度	174
6.5 实际应用中的问题	177
6.5.1 接收机不稳定性	177
6.5.2 狄克辐射计	178
6.5.3 辐射计定标	179
6.6 扫描型辐射计系统	181
6.6.1 空间分辨率	181
6.6.2 驻留时间	183
6.6.3 测量的不确定性	185
6.6.3.1 一维扫描	185
6.6.3.2 二维扫描	186
参考文献	187
第7章 雷达	189
7.1 雷达基础	190
7.1.1 雷达系统配置与测量	190
7.1.2 雷达距离方程	192
7.2 发射机系统	194
7.2.1 发射机功能	194
7.2.2 发射机噪声	196
7.2.3 毫米波振荡器	199
7.3 雷达测量灵敏度	200
7.3.1 测量误差	200
7.3.1.1 距离测量误差	201
7.3.1.2 频率测量误差	201
7.3.1.3 角度测量误差	201
7.3.1.4 举例	201
7.3.2 时间带宽积对测量误差的影响	206
7.4 微多普勒	208

7.4.1	安防应用中雷达的微多普勒	208
7.4.2	微多普勒理论	209
7.4.3	人体微多普勒特征	213
7.5	连续波雷达	218
7.5.1	连续波多普勒	219
7.5.2	调频连续波	223
7.5.3	多频连续波	225
7.5.4	动目标指示雷达	226
7.6	高距离分辨率雷达	231
7.6.1	脉冲雷达	231
7.6.2	线性频率调制	233
7.6.3	步进频率调制	235
	参考文献	236
第8章 成像系统		239
8.1	扫描式成像系统	240
8.1.1	扫描式成像仪分类	240
8.1.2	扫描式系统的性能	243
8.1.2.1	视场范围和空间分辨率	243
8.1.2.2	帧速	243
8.2	干涉式成像系统	244
8.2.1	简介	244
8.2.2	成像原理	245
8.2.2.1	可视度函数	245
8.2.2.2	可视度与辐射温度之间的傅里叶变换关系	247
8.2.2.3	相关式干涉仪的空间滤波效应	248
8.2.3	可视度的采样	250
8.2.4	二维可视度	254
8.2.5	成像灵敏度	255
8.2.6	成像分辨率和视场范围	257
8.2.7	干涉式成像阵列	261
8.2.7.1	米尔斯十字阵	262
8.2.7.2	T形阵	263
8.2.7.3	Y形阵	264
8.2.7.4	圆环形阵列	264
	参考文献	266

第9章 角速度的干涉测量	269
9.1 角向运动点源的干涉响应	270
9.1.1 干涉系统的方向图	270
9.1.2 角向运动物体的频率偏移	272
9.1.3 与多普勒频移的比较	272
9.1.4 大场角下的频率不确定性	274
9.1.5 小角度近似	274
9.2 干涉仪的谱响应	275
9.2.1 广义谱响应	275
9.2.2 方向图为 sinc 函数的干涉系统的响应	275
9.2.3 干涉仪的时频响应	279
9.3 运动人体的干涉测量	281
9.3.1 窄波束系统对运动人体的响应	282
9.3.2 宽波束系统对运动人体的响应	284
参考文献	286
符号表	287
缩略语表	293

第1章 绪论

1.1 安防遥感

1.1.1 对安防遥感的需求

在过去的10年里,恐怖主义的威胁使得人们对公共安全的关注度持续增长,从而提升了人们对人体检测、人体行为甄别以及隐匿物品(由人体携带或掩藏在墙里)探测的兴趣。然而,威胁是不断变化的。当一些领域的安全防范措施加强以后,威胁可能又会瞄准其他一些薄弱领域。因此,安防遥感技术需要不断提升以应对这些变化。安防遥感技术不仅应用于反恐,它还可以应用于边界安防,以检查非法移民或查验毒品;它也可以用来探测人的存在并通过识别人体行为判断人体行为的意图,从而保护军人;或者它还可以用来穿墙探测人的存在并进行识别以帮助执法;它还可以应用于搜救行动,用来探测隐藏在建筑物中的人或埋藏在建筑材料中的人。能够对付上述情况的遥感器必须要有全天候工作的能力,要有穿透遮蔽物和衣服的能力,还要有取得足够分辨力的能力,以便检测足够小的隐匿物。

反恐的需求推动了安防探测技术的提高,而且也推动了这些技术的持续进步和发展。这些技术包括X射线成像仪、生化试剂传感器、红外照相机、光谱分析仪、声学分析仪和T赫兹成像仪等。一类探测仪或一种探测技术通常有自己适合的、某些特定的用途或情景,但不能应用于所有的用途或情景。例如,红外照相机特别适合于在冷背景下,如在室内或晚上,检测人的存在与否;但是,在某些情况下,如在白天,当背景较温暖且太阳漫反射光较强时,红外照相机很难用来探测人的存在。除此之外,红外探测器性能还受到遮蔽物如雾、烟或沙尘的影响。用光谱分析仪探测微量化学品具有远距离非接触测量的优点,但是效果常常不如直接分析空气样本中的微量化学品传感器好。T赫兹成像仪虽然有较好的分辨率,但空气、遮蔽物、衣物以及墙壁等对T赫兹波衰减大,从而使T赫兹成像仪仅适合于短距离探测。有些探测器由于其自身固有的特性是不希望被使用的,如X射线成像仪,虽然已成功用于走私品检测,但会引起人们对辐射剂量的担忧。因此,人们倾向于使用非电离性辐射,如微波或毫米波来检测人体或人体携带的物品。

仅仅一种安防探测技术不能解决所有的问题,因而微波毫米波遥感构成了其他探测器或方法的独特而有效的补充。微波毫米波遥感器在对付一些特定的威胁方面具有特别的潜力,如藏在衣服里、墙后或墙里的隐匿物品,像炸药、枪支、刀具、毒品等,还有非法越境、非法侵入安保区以及人的威胁行为等。遥感技术本身是一个相对成熟

和有效的领域, 当它应用于安防领域时还是需要有一定技巧和变通的。例如, 利用毫米波雷达的高分辨率成像能力, 来实现对隐匿物品和人的探测, 甚至穿墙探测。微波辐射测量技术经常被应用于射电天文学和卫星遥感, 它现在已经迅速发展成为一种通过成像探测隐匿物品的有效手段。在所有这些应用中, 探测和识别都是在一定的距离上实现的, 因此确保了探测器使用者的人身安全。

1.1.2 微波毫米波遥感器的优势

微波毫米波遥感器具有一系列独特的特性, 使得它对其他安防探测手段形成了有效的补充。因此, 在过去的 10 年里, 微波毫米波技术在安防领域的应用研究取得了巨大的进展。微波毫米波器件成本的降低、数字处理器带宽的增加以及图像和信号处理技术的进步都加速推动了微波毫米波遥感器在安防领域的实际应用。微波毫米波遥感器的优点在本书的后续部分会一一介绍, 这里先粗略罗列如下:

- 1) 在微波毫米波的大部分频段电磁波在大气中的传播衰减极小;
- 2) 雾、霏、烟、尘、小雨或中雨对微波毫米波的衰减基本可以忽略;
- 3) 衣料、箱包材料和一些建筑材料对微波毫米波的衰减极小或基本可以忽略;
- 4) 人体相对于非人体的物品在微波毫米波频段具有很高的热辐射功率;
- 5) 由于易实现大带宽, 微波毫米波遥感器的距离分辨率可以很高;
- 6) 由于波长较短, 微波毫米波遥感器可以实现较高的角分辨率;
- 7) 由于载频高, 微波毫米波遥感器对径向速度的测量也可以实现较高的分辨率;
- 8) 由于波长短, 微波毫米波遥感器可以做得很小。

微波毫米波遥感的这些特点使得它极适合于在较远距离透过墙壁、遮蔽物或衣物对人体或隐匿物品进行探测和成像, 因此能够穿透遮蔽物和衣物是微波毫米波的一个主要优点。这个优点推动人们开展了大量隐匿物品探测的研究, 发展了许多遥感器以实现穿透雾霏、沙尘的成像, 可用于协助直升机和其他类飞行器的着陆等。人体的热辐射与其他物品的热辐射或反射存在着显著的差别, 这使得微波毫米波遥感器可以在杂乱背景下对人体以及对隐藏在衣服后面的物品进行检测。微波毫米波遥感器对人体几乎全天候的探测能力以及对多普勒频率的精细测量能力, 推动了雷达遥感器在对人体的远程探测与行为识别方面的应用。另外, 由于遥感器的角分辨能力与所用天线相对于波长的尺寸成正比, 因此工作在较高频率上的微波毫米波遥感器可以生成更精细的图像, 而不需要较大的天线口径。

1.2 遥感技术概述

遥感器通过发射一个信号然后接收并分析从物体反射回来的信号, 或者物体本身发射的信号, 来获取关于物体或场景的信息。信号是以电磁波的形式表现出来, 并通过空间和介质材料传播, 当然会有一定的损耗, 但这个损耗通常是可以忽略的。在安防应用中, 以一定的距离对物体进行探测和查验是非常有益的, 因为这样安检人员就

