

上海大学出版社

2006年上海大学博士学位论文 74



辐射散射组合遥感系统 关键技术研究

● 作者：赵恒凯

● 专业：通信与信息系统

● 导师：陈惠民 方振和



2006年上海大学博士学位论文 74



辐射散射组合遥感系统 关键技术研究

- 作者：赵恒凯
- 专业：通信与信息系统
- 导师：陈惠民 方振和



Shanghai University Doctoral Dissertation (2006)

Research on Key Technologies of Radiometer-Scatterometer Combined Remote Sensing System

Candidate: Zhao hengkai

Major: Communication and Information System

Supervisor: Chen Huimin

Fang Zhenhe

Shanghai University Press

• Shanghai •

图书在版编目(CIP)数据

2006 年上海大学博士学位论文. 第 2 辑/博士学位论文
编辑部编. —上海: 上海大学出版社, 2010. 6

ISBN 978-7-81118-513-3

I. 2... II. 博... III. 博士学位论文—汇编—上海市—
2006 IV. G643.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162510 号

2006 年上海大学博士学位论文

——第 2 辑

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路 99 号 邮政编码 200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线 66135110)

出版人: 姚铁军

*

南京展望文化发展有限公司排版

上海华业装潢印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 890×1240 1/32 印张 278 字数 7 760 千

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—400

ISBN 978-7-81118-513-3/G·514 定价: 880.00 元(44 册)

上海大学

本论文经答辩委员会全体成员审查,确认符合上海大学博士学位论文质量要求。

答辩委员会名单:

主任: 宋文涛	教授,上海交大电子信息工程学院	200030
委员: 朱 杰	教授,上海交大电子工程系	200030
李新碗	教授,上海交大光纤所	200030
郑国荣	教授,上海大学通信学院	200072
叶家骏	教授,上海大学通信工程系	200072
导师: 陈惠民	教授,上海大学	200072

学大南工

评阅人名单:

- | | | |
|-----|-----------------|--------|
| 王宗欣 | 教授,复旦大学通信科学与工程系 | 200433 |
| 李英 | 教授,上海大学通信工程系 | 200072 |
| 朱杰 | 教授,上海交通大学电子工程系 | 200030 |

评议人名单:

- | | | |
|-----|------------------|--------|
| 宋文涛 | 教授,上海交大电子信息工程学院 | 200030 |
| 殷志羿 | 教授,华东师范大学电子科学技术系 | 200072 |

答辩委员会对论文的评语

遥感是一种以非接触方式探测遥远目标信息的技术,该文研究多传感器组合遥感技术,对监测空间环境和探测地球资源具有重要的理论意义和工程应用参考价值。

论文研究了辐射散射组合遥感系统的体系结构,提出了一种辐射散射组合测量系统结构并申请了发明专利。该系统具有小型化集成化和有利于主、被动遥感测量的互补融合的优点。论文研究了组合遥感系统的融合测量方法,建立了辐射散射融合的定标测量方法,可扩展测量动态范围,有利于提高测量准确度。论文设计了 8 mm 辐射散射组合遥感系统,对增益调整、收发信道耦合泄漏检测和辐射散射测量与校正方法等关键技术问题提出了解决方案。论文还对全极化辐射散射组合遥感系统的设计进行了研究,有一定的参考价值。

论文条理清楚,表达正确,创新性明显。论文成果表明该生具有坚实宽广的基础理论,系统深入的专门知识,和独立进行科研的能力。答辩中回答问题正确,达到了工学博士学位的要求。

答辩委员会表决结果

经答辩委员会无记名投票表决,一致同意通过赵恒凯同学的博士学位论文答辩,建议授予其工学博士学位。

答辩委员会主任: **宋文涛**
2006年9月24日

宋文涛

摘 要

遥感对于国民经济和社会发展正起着越来越重要的作用,在资源勘查、环境监测、空间科学研究和军事等各方面的应用不断扩大和深入。多传感器组合遥感是近年来兴起的一种新技术,具有信息的互补融合和高效提取的优点,是当前遥感领域的研究热点和发展重点。本文对于微波辐射散射组合遥感系统的关键技术开展了研究,其中包括:系统结构及信号电路的融合设计;辐射散射融合测量方法;一种 8 mm 辐射散射计组合系统的设计及其测量、校正方法;全极化辐射散射组合测量系统结构的设计、极化辐射散射参量的组合检测方法以及系统参数校正方法等。

论文首先研究了辐射散射组合遥感系统的体系结构,发明了该组合遥感系统的小型一体化结构,这种结构具有集成化和小型化的优点,有利于主、被动遥感测量的互补融合。在此基础上,建立了辐射测量和散射测量在工作体制、信号电路等方面的融合设计方法。

接着,提出了一种辐射散射融合测量方法。文中通过分析非线性响应特性和发射功率波动对于散射测量的综合效应,推导出用于标定这种综合效应的数学映射模型,建立了实现这种定标的辐射散射融合测量方法。这种方法突破了通常的散射校正方法在处理非线性响应和发射功率波动交互影响问题上的局限性,扩展了系统的测量动态范围,提高了测量准确度。

然后,论文设计了 8 mm 辐射散射组合遥感系统。对于该系

统的测量电路的通用化设计和收发信道耦合泄漏的检测提出了解决方法,并建立了辐射及散射测量算法和校正方法,为 8 mm 辐射散射组合遥感系统的工程实现与性能改进提供了理论依据。

最后,开展了数字全极化辐射散射组合遥感系统的设计与研究。文中提出了一种组合数字相关方法用于全极化辐射散射测量功能的融合实现;对于极化参量的数字检测,建立了参数标定和误差消除的算法;以及,提出一种分立校正方法用于全极化组合测量系统的多种特定参数的标定,并建立了相应的校正算法。

关键词 微波遥感,辐射计,散射计,融合测量方法,极化测量

Abstract

Remote sensing is playing a more and more important role in development of economy and society, and is widely applied to resource prospecting, environment surveying, space scientific research and military affairs, etc. Multi-sensors combined remote sensing, which has advantages of complementary fusion and high efficiency in information recovering, is a new technology emerging recent years and becomes a hot topic of the field. In this dissertation, key issues on design and development of microwave radiometer-scatterometer combined system are studied, the research work includes: fusion design in radiometric and scattering measurement architecture, and its circuit as well; a fusion method of radiometric and scattering measurements; design of an 8 mm radiometer-scatterometer combined system, and development of its measurement means and calibration method; design of a fully polarimetric radiometer-scatterometer combined system, combined detection method for active and passive vector, and method for calibration of system parameters.

At first, design of hierarchy of radiometer-scatterometer combined system is carried out, which results in an invention of the combined system architecture. This architecture is

typical of integration and miniaturization, and is of significant benefit to complementary fusion for active and passive remote sensing measurements. Based on the architecture, methods are set up for fusion design of radiometric measurement and scattering measurement in operating manner and signal circuits.

Then, a fusion method of radiometric and scattering measurements is put forward. Theoretical model for this fusion method is deduced by analysis of joint effect of nonlinear response characteristics and transmitting power fluctuation on scattering measuring, and the method is established to calibrate this joint effect. The fusion method breaks through the limitation of conventional scattering calibration method in treating the joint effect, and is capable of improving accuracy and expanding dynamic range of scattering measurement.

Furthermore, design of an 8 mm radiometer-scatterometer combined system is carried out, which presents method for universal design of receiving circuits and means to detect coupling leakage between active and passive channels. Algorithms for radiometric and scattering measurements as well as calibration methods are also derived. These works provide theoretical bases for realization and performance improvement of 8 mm radiometer-scatterometer combined system.

Finally, study on digital fully polarimetric radiometer and scatterometer combined system is undertaken. A joint digital

correlation method is put forward to realize combination of polarimetric radiometric and scattering measurements; means to fix parameters and eliminate deviation are set up for digital detection of polarimetric vectors; and in order to determine miscellaneous parameters of the system, a segregative calibration method is proposed, and its algorithm is derived correspondingly.

Key words microwave remote sensing, radiometer, scatterometer, fusion measurement method, polarimetric measurement

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 遥感的多传感器融合的发展趋势	3
1.3 辐射散射组合遥感系统及融合测量	5
1.4 研究内容与主要贡献	7
1.5 全文的篇章结构	8
第二章 辐射-散射组合遥感系统的原理与方案设计	10
2.1 引言	10
2.2 辐射-散射测量原理.....	11
2.2.1 辐射测量原理.....	11
2.2.2 散射测量原理.....	14
2.3 辐射-散射组合遥感系统的方案设计.....	15
2.3.1 体系方案的构建.....	15
2.3.2 系统结构的设计.....	16
2.3.3 天线分系统的设计考虑.....	22
2.4 辐射-散射组合遥感系统的技术关键.....	24
2.4.1 散射辐射信号动态范围的协调.....	24
2.4.2 非线性失真的改善.....	27
2.4.3 收发通道耦合泄漏的检测.....	31
2.5 本章小结	33
第三章 辐射散射组合遥感系统的融合测量方法	34
3.1 引言	34

3.2	理论依据	35
3.3	辐射散射融合测量方法	40
3.4	模拟结果与分析	45
3.4.1	数据准确度的比较分析	45
3.4.2	测量动态范围的比较分析	48
3.5	本章小结	50
第四章 8 mm辐射散射计组合遥感系统设计		51
4.1	引言	51
4.2	8 mm辐射散射计组合遥感系统结构	52
4.3	8 mm辐射散射计组合遥感系统的测量与校正方法	57
4.3.1	辐射测量与校正方法	57
4.3.2	散射测量与校正方法	60
4.4	系统的性能与分析	63
4.4.1	辐射测量性能及其与测量参数的关系	63
4.4.2	接收机噪声对散射测量性能的影响	65
4.4.3	收发信道耦合泄漏对散射测量性能的影响	67
4.5	本章小结	68
第五章 数字全极化辐射散射组合遥感系统的研究		70
5.1	引言	70
5.2	极化辐射散射组合遥感系统的结构设计	72
5.2.1	极化辐射参量及其测量	72
5.2.2	极化散射参量及其测量	73
5.2.3	极化辐射散射测量过程的融合方法	74
5.3	极化参量的数字检测	81
5.3.1	参量的映射关系	81
5.3.2	数字检测的参数校正	87

5.4	组合极化测量的系统校正	90
5.4.1	分立校正方法	90
5.4.2	辐射测量电路参数的标定	97
5.4.3	散射测量电路参数的标定	98
5.5	测量性能的数值模拟与分析	103
5.5.1	相关信道及全功率信道的灵敏度	103
5.5.2	基于灵敏度指标的测量动态范围	105
5.5.3	全功率信道的检测误差及相应的测量动态 范围	106
5.5.4	信号强度及相关特性对相关信道检测误差 的影响	107
5.5.5	量化门限电平偏置对检测性能的影响	108
5.6	本章小结	110
第六章	结束语	112
6.1	全文工作的总结	112
6.2	展望	113
参考文献		115
攻读博士学位期间发表的学术论文和申请的专利		136
致 谢		137

第一章 绪 论

1.1 引言

遥感是以非接触方式探测遥远目标信息的技术。近二十年来,伴随着空间技术的发展,遥感在对地观测中取得了令人瞩目的成果,成为空间环境监测和资源探测的主要手段。环境和资源作为人类社会发展的基本要素,其重要性日益明显,因此,世界上许多国家都十分重视发展遥感技术以获取它们的信息。遥感信息获取技术与空间应用技术一起被许多国家列为当前的高技术发展主题,而在该领域处于领先地位的国家更是纷纷制定本国的遥感工业发展计划以迎接即将来临的商机^[1-8]。

微波遥感是一种极为重要的遥感技术,它不仅在工作波段上与可见光和红外光遥感形成互补,而且具有全天候工作能力,不受或很少受云层、雨雾的影响。微波遥感还具有较深的穿透能力,能够穿透植被和土壤等物体表面;以及具有多极化能力,可以获取更多更全面的信息。这些特性有着重大的经济和军事意义。

微波遥感有辐射测量、散射测量、雷达探测以及高度测量四种基本模态。其中,辐射测量是对目标物所发射的电磁辐射的测量,用以获取目标物的特征信息,为被动式微波遥感;散射测量是通过探测目标物对电磁波的散射特性来获取特征信息,为主动式微波遥感,实际上,散射计也就是经过精确定标的雷达系统。

虽然早在 1904 年 Hülsmeyer 就构思了雷达系统^[9],但直到第二次世界大战,雷达才被大规模应用于飞机和舰艇的监视搜寻。这种应用极大地推动了雷达技术的发展,使得成像雷达于 20 世纪 40 年代