

黄世奇 编著

合成孔径雷达成像及其 图像处理



科学出版社

合成孔径雷达成像及其 图像处理

黄世奇 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍涉及 SAR 成像及其图像处理中的基本理论、基本概念和基本方法,并根据 SAR 图像的特点和近年来从事相关科研与教学的实践经验,列举大量实例,以供读者参考。考虑到 SAR 处理技术的迅速发展和广泛应用,在讲解基本理论的同时还介绍国内外相关的最新动态、研究成果和应用实例。本书共 9 章,包括 SAR 成像原理和 SAR 图像处理两大部分。在 SAR 成像方面,介绍遥感、微波和 SAR 的基本概念、基本原理和基础知识,以及 SAR 成像原理、模型和基本成像算法,还有多普勒参数估计的基础内容。在 SAR 图像处理及应用方面,介绍 SAR 图像特性、斑点噪声及滤波、SAR 图像增强、SAR 图像分割及解译,以及包含干涉 SAR 成像处理和时序的多时相 SAR 图像处理等。

本书可作为高等院校电子信息、遥感、测绘、地理信息系统等专业的本科生教材,也可供研究生及相关领域的科研人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

合成孔径雷达成像及其图像处理/黄世奇编著. —北京:科学出版社,2015
ISBN 7-03-045754-5

I. 合… II. 黄… III. 合成孔径雷达-雷达成像-图像处理
IV. TN958

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 225193 号

责任编辑:魏英杰 纪四穗 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

深海印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 9 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 9 月第一次印刷 印张:21 1/2

字数:431 000

定价:120.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

合成孔径雷达概念自 20 世纪 50 年代初被提出之后,得到了突飞猛进的发展,由真实孔径雷达的低分辨率成像到合成孔径雷达的高分辨率成像,由单极化成像到多极化成像,由单波段成像到多波段成像,由单站成像到双站(多站)成像,由单入射角、单模式到多入射角、多模式成像,再到逆合成孔径雷达成像、干涉合成孔径雷达成像和极化干涉合成孔径雷达成像,取得了举世瞩目的成绩。

合成孔径雷达(synthetic aperture radar, SAR)是一种主动的微波遥感成像雷达,由于其具有全天候、全天时获取数据的能力,并具有一定的穿透能力,所以在现代战争中得到了广泛的应用,如军事情报侦察、伪装识别、精确制导、目标动态跟踪、战场动态感知、毁伤效果评估等。因 SAR 成像能弥补光学遥感和红外遥感的不足,特别是在恶劣气候条件和人烟稀少的复杂环境下,SAR 已成为一种非常重要的对地、对空观测不可缺少的技术手段,在生态科学、水文科学、海洋科学、环境科学以及灾害、测绘、地质、农业、森林、城市、航空等民用探测领域中发挥着重要的作用,而且随着 SAR 成像技术以及 SAR 图像解译和判读技术的不断发展和完善,其应用领域和范围也在不断深入和拓广。利用不同时相或时间序列的 SAR 图像,可以获得某区域在一段时间内地物目标发生变化的状态或信息,并进行连续的监测,这对全球资源与环境变化监测、灾害监测与评估、农作物生长状况监测、海洋环境监测等方面均有着非常重要的科学意义,可为人类与自然的和谐、持续发展提供技术保障。利用干涉 SAR 和差分干涉 SAR 成像技术可以获得地物高程信息、地形数据以及地表沉降信息等,利用极化 SAR 可以获得不同偏振状态下的散射信息。

随着电子技术、信息处理技术、计算机技术和图像处理技术的不断发展和进步,SAR 成像质量和分辨率的进一步提高,SAR 图像处理技术的不断完善,SAR 的应用领域将不断拓宽和普及,将与光学成像遥感一样渗入普通老百姓的日常生活中,因此在相关专业的本科高年级中逐渐开设合成孔径雷达成像及其图像处理方面的基础课程也是大势所趋。虽然有关 SAR 成像和 SAR 图像处理方面的专著比较多,但是这些专著的起点高,一般面对的是硕士和博士研究生,或者专业科研工作人员。目前,针对本科授课还没有合适的教材,基于此,结合作者给信息工程和侦测工程授课情况,撰写了本书。因此,本书主要介绍 SAR 成像原理和 SAR 图像处理方面的基础内容,重点是基本概念、基本原理和基本方法的阐述,尽量通俗易懂、深入浅出、科普为主,以起到抛砖引玉和入门作用,如继续深入学习需参阅相

关文献和专著。本书的特点是强调基础性,即基本原理、基本概念、基本方法和基本思路,同时图文并茂、通俗易懂、深入浅出、结构合理,不仅系统性、知识性和逻辑性强,而且内容丰富新颖、知识点涵盖广。

本书的先修课为《数字信号处理》和《数字图像处理》,因为 SAR 成像及其图像处理是这两门课程的实践课或后续课。对于《遥感原理与应用》《雷达原理》和《微波遥感原理》课程,不一定先修,因每个专业的方向以及培养方案和培养目标不完全相同,因此,在第 1 章首先简要介绍遥感与雷达方面的基本概念,在第 2 章简要介绍微波遥感方面的基础知识,对于前期学过这些课程或相关内容的学生,可以略去相关章节和内容的授课,但建议通读一遍,以形成一个完整的知识体系。

全书内容可以分成两部分,第一部分包括第 1 章至第 4 章,主要介绍遥感、合成孔径雷达和微波遥感的基本概念,以及 SAR 成像原理和基本成像算法,还有多普勒参数估计等基础内容。第二部分包括第 5 章至第 9 章,主要阐述 SAR 图像特性、SAR 图像斑点噪声及滤波、SAR 图像增强、SAR 图像分割与解译,以及多时相 SAR 图像处理等方面的基础内容和基本方法。

本书的编写过程中,参阅了大量的国内外文献资料和网络资料,这些文献均以参考文献的形式列出,在此向各位作者表示衷心的感谢。本书使用的 SAR 图像数据来源于商业卫星和网络,在此表示感谢。本书已在侦测和信息工程两专业中进行了试讲,上课学生提出了许多具体的宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,不足之处在所难免,敬请各位同仁和广大读者不吝赐教指正,以便改正。

作者

2015 年 5 月

目 录

前言

| | |
|-------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 遥感基本概念 | 1 |
| 1.1.1 什么是遥感 | 1 |
| 1.1.2 遥感技术系统 | 2 |
| 1.1.3 遥感分类 | 3 |
| 1.1.4 遥感的特点 | 6 |
| 1.1.5 遥感技术的发展历史 | 8 |
| 1.1.6 遥感技术的发展趋势 | 10 |
| 1.2 雷达基本概念 | 13 |
| 1.2.1 什么是雷达 | 13 |
| 1.2.2 雷达工作原理与基本组成 | 13 |
| 1.2.3 雷达的基本任务 | 16 |
| 1.2.4 雷达的探测能力 | 18 |
| 1.2.5 雷达分类 | 20 |
| 1.2.6 雷达的主要技术参数 | 22 |
| 1.2.7 雷达频率 | 24 |
| 1.2.8 雷达的发展与应用 | 28 |
| 1.3 合成孔径雷达概述 | 31 |
| 1.3.1 什么是合成孔径雷达 | 31 |
| 1.3.2 合成孔径雷达的特点 | 31 |
| 1.3.3 合成孔径雷达的分类 | 32 |
| 1.3.4 合成孔径雷达的发展历程 | 33 |
| 1.3.5 合成孔径雷达的发展趋势 | 38 |
| 1.3.6 合成孔径雷达的应用 | 40 |
| 1.4 典型的 SAR 成像系统 | 42 |
| 1.4.1 星载 SAR 系统 | 42 |
| 1.4.2 机载 SAR 系统 | 71 |
| 思考题 | 74 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 第 2 章 成像雷达微波遥感基础 | 75 |
| 2.1 什么是微波遥感 | 75 |
| 2.2 微波遥感优越性 | 76 |
| 2.3 电磁波理论与微波 | 80 |
| 2.3.1 什么是电磁波 | 80 |
| 2.3.2 电磁波的基本特征 | 81 |
| 2.3.3 电磁波辐射与微波 | 84 |
| 2.4 微波与物质的相互作用 | 87 |
| 2.4.1 微波与大气的相互作用 | 87 |
| 2.4.2 微波与地物的相互作用 | 91 |
| 思考题 | 95 |
| 第 3 章 合成孔径雷达成像原理 | 97 |
| 3.1 概述 | 97 |
| 3.1.1 什么是合成孔径 | 99 |
| 3.1.2 侧视 SAR 成像几何关系及相关概念 | 100 |
| 3.1.3 分辨率与分辨单元 | 103 |
| 3.2 线性调频信号与脉冲压缩 | 111 |
| 3.2.1 线性调频信号 | 111 |
| 3.2.2 脉冲压缩 | 114 |
| 3.3 SAR 成像回波信号模型 | 118 |
| 3.4 SAR 成像数据获取与处理 | 124 |
| 3.4.1 初始数据获取 | 124 |
| 3.4.2 数据的压缩与解压及传输 | 126 |
| 3.4.3 数据预处理 | 127 |
| 3.5 SAR 数据格式与数据产品 | 130 |
| 3.5.1 SAR 数据格式 | 130 |
| 3.5.2 SAR 数据类型 | 131 |
| 3.5.3 SAR 数据产品 | 134 |
| 思考题 | 135 |
| 第 4 章 SAR 成像算法与多普勒参数估计 | 136 |
| 4.1 SAR 成像处理过程 | 136 |
| 4.2 距离徙动及校正 | 139 |
| 4.3 距离多普勒(RD)成像算法 | 143 |
| 4.3.1 距离向压缩处理 | 144 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| 4.3.2 距离徙动补偿 | 145 |
| 4.3.3 方位向压缩处理 | 148 |
| 4.3.4 RD算法的特点 | 149 |
| 4.4 二次距离压缩(SRC)算法 | 150 |
| 4.5 CS成像算法 | 151 |
| 4.5.1 chirp-scaling 处理 | 152 |
| 4.5.2 距离徙动校正与距离向压缩处理 | 155 |
| 4.5.3 方位向压缩处理与相位补偿 | 156 |
| 4.5.4 CS算法的特点 | 157 |
| 4.6 波数域($\omega-k$)成像算法 | 157 |
| 4.7 成像算法的比较与仿真 | 160 |
| 4.8 多普勒参数估计 | 162 |
| 4.8.1 多普勒中心频率估计 | 163 |
| 4.8.2 多普勒调频率估计 | 169 |
| 4.9 均值频移相关成像算法 | 179 |
| 4.9.1 MFSC算法的均值估计 | 181 |
| 4.9.2 MFSC算法的可调值估计 | 182 |
| 4.9.3 实测数据成像处理结果 | 183 |
| 思考题 | 185 |
| 第5章 SAR图像特性 | 186 |
| 5.1 SAR图像的视觉特性 | 186 |
| 5.2 SAR图像的几何特性 | 188 |
| 5.2.1 斜距显示的近距离压缩 | 188 |
| 5.2.2 SAR图像的透视收缩与叠掩 | 190 |
| 5.2.3 SAR图像的阴影 | 194 |
| 5.3 SAR图像的物理特性 | 195 |
| 5.3.1 SAR数据的内涵 | 195 |
| 5.3.2 SAR图像与后向散射系数 | 196 |
| 5.4 SAR图像的参数特性 | 199 |
| 5.4.1 波长/频率 | 200 |
| 5.4.2 极化 | 201 |
| 5.4.3 入射角 | 203 |
| 5.4.4 雷达视向 | 205 |
| 5.4.5 表面粗糙度 | 206 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 5.4.6 复介电常数 | 209 |
| 5.4.7 角反射器效应 | 210 |
| 5.5 SAR 图像的统计特性 | 210 |
| 思考题 | 218 |
| 第 6 章 SAR 图像斑点噪声与滤波 | 219 |
| 6.1 斑点产生机理及其统计特性 | 219 |
| 6.2 基于空间域的 SAR 图像滤波 | 223 |
| 6.2.1 多视处理滤波 | 225 |
| 6.2.2 邻域均值法 | 226 |
| 6.2.3 邻域中值法 | 226 |
| 6.2.4 Lee 滤波及增强型 | 227 |
| 6.2.5 Frost 滤波及增强型 | 228 |
| 6.2.6 Gamma MAP 滤波及增强型 | 228 |
| 6.3 基于变换域的 SAR 图像滤波 | 229 |
| 6.3.1 基于傅里叶变换的滤波 | 229 |
| 6.3.2 基于小波变换滤波 | 232 |
| 6.4 一种相干性的 SAR 图像滤波方法 | 237 |
| 6.4.1 算法描述 | 237 |
| 6.4.2 实验结果分析 | 238 |
| 思考题 | 241 |
| 第 7 章 SAR 图像增强与彩色处理 | 242 |
| 7.1 基于点运算的增强 | 243 |
| 7.1.1 灰度线性变换 | 243 |
| 7.1.2 灰度非线性变换 | 246 |
| 7.2 直方图增强处理 | 247 |
| 7.3 基于代数运算的增强 | 249 |
| 7.4 相干性处理增强 | 252 |
| 7.5 彩色增强处理 | 254 |
| 7.5.1 伪彩色增强 | 255 |
| 7.5.2 假彩色增强 | 259 |
| 7.5.3 真彩色增强 | 260 |
| 思考题 | 262 |
| 第 8 章 SAR 图像分割与解译分析 | 263 |
| 8.1 图像分割的定义与特点 | 264 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 8.2 基于阈值的 SAR 图像分割 | 265 |
| 8.2.1 直方图阈值分割 | 266 |
| 8.2.2 最大类间方差阈值分割 | 269 |
| 8.2.3 最大熵阈值分割 | 271 |
| 8.3 基于 CFAR 的 SAR 图像分割 | 274 |
| 8.3.1 CFAR 检测原理 | 274 |
| 8.3.2 不同统计分布模型下的 CFAR 检测方法 | 278 |
| 8.4 基于马尔可夫模型的 SAR 图像分割 | 280 |
| 8.4.1 马尔可夫模型的数学描述 | 280 |
| 8.4.2 算法实现过程 | 283 |
| 8.5 SAR 图像解译分析 | 285 |
| 8.5.1 SAR 图像地物目标类型 | 285 |
| 8.5.2 SAR 图像陆地目标特征 | 287 |
| 8.5.3 SAR 图像海面目标特征 | 288 |
| 思考题 | 289 |
| 第 9 章 多时相 SAR 图像处理 | 290 |
| 9.1 SAR 图像变化检测概述 | 290 |
| 9.1.1 基于图像代数运算的变化检测方法 | 291 |
| 9.1.2 基于图像变换的变化检测方法 | 293 |
| 9.1.3 基于图像分类的变化检测方法 | 294 |
| 9.1.4 基于结构特征的变化检测方法 | 295 |
| 9.2 变化检测阈值的确定 | 295 |
| 9.2.1 贝叶斯理论的基本概念 | 295 |
| 9.2.2 阈值确定的 KI 算法 | 296 |
| 9.2.3 阈值确定的 EM 算法 | 297 |
| 9.3 小波分解的 SAR 图像变化检测 | 300 |
| 9.4 基于主成分分析的变化检测 | 306 |
| 9.5 合成孔径雷达干涉测量 | 311 |
| 9.5.1 InSAR 测量原理 | 311 |
| 9.5.2 InSAR 的基本干涉模式 | 314 |
| 9.5.3 InSAR 数据处理流程 | 316 |
| 9.5.4 InSAR 测量实例 | 317 |
| 9.6 合成孔径雷达差分干涉测量 | 321 |
| 9.6.1 双过差分干涉 | 321 |

| | |
|---------------------------|-----|
| 9.6.2 三过差分干涉 | 322 |
| 9.6.3 四过差分干涉 | 323 |
| 9.6.4 D-InSAR 测量实例 | 323 |
| 9.7 多时相时序 SAR 图像处理 | 325 |
| 9.7.1 时序 SAR 图像获取信息 | 325 |
| 9.7.2 InSAR 时序分析技术 | 327 |
| 思考题 | 329 |
| 参考文献 | 330 |

第 1 章 绪 论

1.1 遥感基本概念

遥感技术是 20 世纪 60 年代兴起的一门新兴探测技术,它根据电磁波理论,利用各种传感仪器对远距离目标所反射或辐射的电磁波能量进行接收、转换、处理,并最终形成可视图像,实现对地物目标进行探测和识别的一种综合技术。遥感技术最初以航空摄影技术为基础,自 1972 年美国成功发射第一颗地球资源卫星并获取了大量地球表面卫星图像后,遥感技术就开始在世界范围内得到了迅猛的发展和广泛的应用,这也标志着航天遥感的开始。经过几十年的迅速发展,已经形成了对地球资源和环境进行探测和监测的立体观测体系,而且在测绘、环境生态保护、灾害监测、地质勘探、水文、气象、农林业和军事等领域得到了广泛的应用,并产生了可观的经济效益和显著的社会效益,为人类社会与生态环境的协调、可持续发展提供了非常重要的技术保障。

1.1.1 什么是遥感

如果从字面上理解,“遥感”,顾名思义,就是遥远地感知。遥感(remote sensing)通常被认为是在不接触物体的情况下,对其属性或状态进行探测。另外一种解释,认为“遥”是一个空间概念,而“感”是一个信息处理系统,则遥感技术是一种非接触的测量和识别技术。例如,人眼就是天生的遥感系统,当人眼观看远处物体时,就是一种生物遥感;普通的照相机照相、天文望远镜观测星空、各种航拍和卫星成像,都属于遥感的范畴。人类通过大量的实践,发现地球上每一个物体都在不停地吸收、反射或辐射信息和能量,其中有一种人类已经认识到的形式——电磁波,并且发现不同物体的电磁波特性是不同的。遥感就是根据这个原理来探测地表物体对电磁波的某种反映,从而提取这些物体的信息,完成远距离识别物体。例如,当大兴安岭森林火灾发生时,由于着火的树木温度比没有着火的树木温度高,它们在电磁波的热红外波段会辐射出比没有着火的树木更多的能量,如果此时正好有一个载着热红外波段传感器的卫星经过大兴安岭上空,由于着火的森林在热红外波段比没着火的森林辐射更多的电磁能量,在获得的遥感卫星影像中,着火的森林区域就会比没有着火的森林区域更亮。同样,如果此时有雷达成像传感器经过上空,能获得相应的雷达图像,着火区域和没着火区域的色调也不一样,因为它们的后向散射特性不同。这样,我们可以通过卫星影像判断森林着火情况,对灾害进行实时监

测,并及时评估灾害损失和调整指挥抗灾救灾实施过程。

对遥感的定义有不同的表达形式,其中,广义定义指的是遥远地感知,泛指一切无接触的远距离探测,包括对电磁场、力场、机械波(声波、地震波)等的探测。狭义定义是指应用探测仪器,不与探测目标相接触,从远处把目标的电磁波特性记录下来,通过转换、处理和分析,揭示出物体的特征性质及其变化的综合性探测技术。目前,一种比较简明的定义是:从不同的高度平台,如高塔、气球、飞机、火箭、人造地球卫星、宇宙飞船、航天飞机和空间站等,通过传感器对地表物体的电磁波信息进行收集,然后将这些信息进行传输、处理和判读分析,从而达到对物体进行识别和监测的全过程。

1.1.2 遥感技术系统

把遥感技术与方法理论结合并应用到某个专业领域,就构成了一个遥感技术系统,如图 1.1 所示。一个完整的遥感技术系统通常由以下几部分组成:遥感信息源;信息获取;信息接收与传输;信息处理;信息应用。

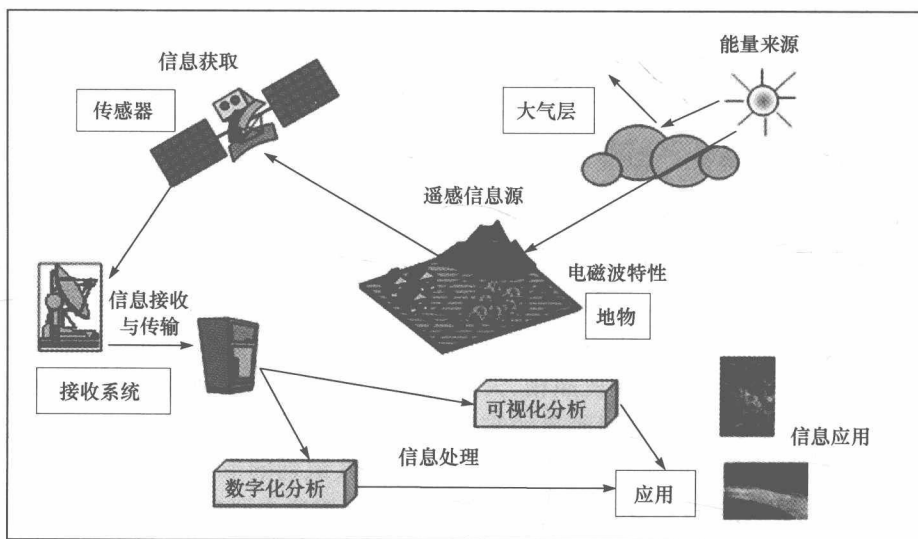


图 1.1 遥感技术系统示意图

遥感信息源(地物目标)——任何地物目标都具有发射、反射和吸收电磁波的性质,都是遥感的信息源。地物目标与电磁波的复杂相互作用,便构成了地物目标的电磁波特性,它是遥感探测的物理依据。

信息获取——主要由传感器及其平台来完成。传感器是接收和记录地物目标电磁波特征的仪器,如照相机、摄像机、红外成像仪、高光谱成像仪、合成孔径雷达、

辐射计和散射计等。搭载传感器的载体称为遥感平台(remote platform),如地面三脚架、遥感车、气球、有人/无人机、卫星和航天飞机等。平台按高度不同,可分为地面平台、航空平台和航天平台。这三种平台有各自的特点和用途,既可单独使用,又可联合使用,根据实际的需要,可以组成不同层次的立体观测系统。

信息接收与传输——传感器接收到地物目标的电磁波信息后,记录在数字磁介质或胶片上。胶片由人或回收舱送到地面接收站,然后进行回收处理,而数字磁介质上记录的信息则可以直接通过飞机或卫星上的微波天线传输给地面的接收站进行处理。

信息处理——主要靠硬件系统和软件系统来完成。硬件系统包括工作站(计算机)、显示设备、大容量存储设备、图像输入输出设备等。软件系统主要包含以下功能:数据输入模块、几何校正模块、辐射校正模块以及图像变换、图像增强、图像融合、分类、分析和输出模块等。

信息应用——通过遥感技术获取地物目标电磁信息的目的是应用。这项工作由各专业人员根据不同的应用需要来进行。在应用过程中,也需要大量的信息处理和分析,如不同传感器信息的融合、同传感器不同时相信息的融合,以及遥感与非遥感信息的结合等。

1.1.3 遥感分类

目前,遥感分类的方式有多种,还没有一个完全统一的标准。根据遥感的定义,常见的分类方式有以下几种。

1. 按搭载传感器的遥感平台分类

根据遥感探测器所采用的遥感平台不同可以将遥感分为地面遥感、航空遥感、临近空间遥感和航天遥感。

地面遥感:是指把传感器设置在地面平台上,通常离地面的距离不超过150m,如车载、船载、手提、固定或活动的高架平台等。

航空遥感:又称机载遥感,是指把传感器设置在航空器上,如气球、航模、飞机及其他航空器等。航天遥感的特点是灵活、影像清晰、分辨率高,并已形成了完整的理论和应用体系,往往还用来做各种遥感实验和校正工作。缺点是飞行器受到气候的影响比较大。

临近空间遥感:是指把传感器装置在临近空间活动的飞行器上。临近空间是对海拔20~100km空间范围的一个通用性称谓。临近空间位于“空”和“天”之间,即位于飞机所能达到的最高位置和低轨道卫星轨道之间的区域。临近空间飞行器与航空、空间平台相比具有明显的优势,与航空平台相比,它提供的覆盖范围更宽,可以长时间驻留,生存能力强;与空间轨道平台相比,则可以进行分辨率更高且针

对特定地区的覆盖探测。另外,由于临近空间的大气平稳,不像对流层那样具有复杂的气流和气候变化,而且大气稀薄且杂质成分少,无云雾等阻挡,适合电磁波的传播。临近空间飞行器有高空气球、飞艇、空天飞机和高速无人机等。

航天遥感:又称星载遥感,是指把传感器设置在航天器上,如人造卫星、宇宙飞船、空间实验室等。它的优点是成像高度高、宏观性好、可重复观测,平台不受天气、地形和国界等自然因素和条件的限制。缺点是平台的机动性较差。

2. 按遥感对象分类

按遥感的对象可分为宇宙遥感和地球遥感。

宇宙遥感:主要是探测宇宙中的天体和其他物质的遥感,如探测月球和火星表面的照片。

地球遥感:是对地球和地球上的物体进行探测的遥感。地球遥感主要包括资源遥感和环境遥感。资源遥感是以地球资源作为调查研究对象的遥感。调查全球自然资源状况和监测再生资源的动态变化,是遥感技术应用的主要领域之一。利用遥感信息勘测地球资源,成本低、速度快,有利于克服自然界恶劣环境的限制,减少勘测投资的盲目性。以地球表层环境为对象的遥感称为环境遥感。环境遥感是利用各种遥感技术,对自然与社会环境的动态变化进行监测或做出评价与预报的统称。由于人口的增长与资源的开发和利用,以及自然与社会环境随时都在发生变化,利用遥感多时相、周期短的特点,可以迅速为环境监测、评价和预报提供可靠依据。

3. 按电磁波段分类

按成像所利用的电磁波谱段可分为紫外遥感、可见光/反射红外遥感、热红外遥感和微波遥感。电磁波谱图如图 1.2 所示。

紫外遥感:是指利用紫外波段进行地物探测的遥感,波段范围为 $0.05 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 。在大多数情况下,紫外线或光谱的紫外线部分是具有最短波长的实用遥感。这种辐射只是可见光波长的紫外部分。地球表面的一些材料,如岩石、矿物和荧光,通过紫外辐射时可发出可见的光照射。

可见光/反射红外遥感:是指利用可见光波段、红外波段和短波红外波段进行探测的遥感,波段范围为 $0.38 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 。其中,在 $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$ 是人眼可见的波段,从 $0.76 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 为反射红外波段,虽然人眼不能直接看见,但其信息能被特殊传感器所接收,如高光谱遥感和超光谱遥感。它们共同的特点是:辐射源是太阳。这两个波段只反映地物对太阳辐射的反射,所以可以根据地物反射率的差异来获得其相关的信息,都可以用摄影方式和扫描方式对观测区域成像。

热红外遥感:是指利用中、远红外波段进行地物探测的遥感,波段范围为 $2.5 \sim$

1000 μm 。热红外遥感通常是通过红外敏感元件,探测物体的热辐射能量,显示目标的辐射温度或热场图像的遥感技术的统称。在常温(约 300K)下,地物热辐射的绝大部分能量都位于此波段,因此,在此波段上地物的热辐射能量大于太阳的反射能量。热红外遥感具有昼夜工作能力。

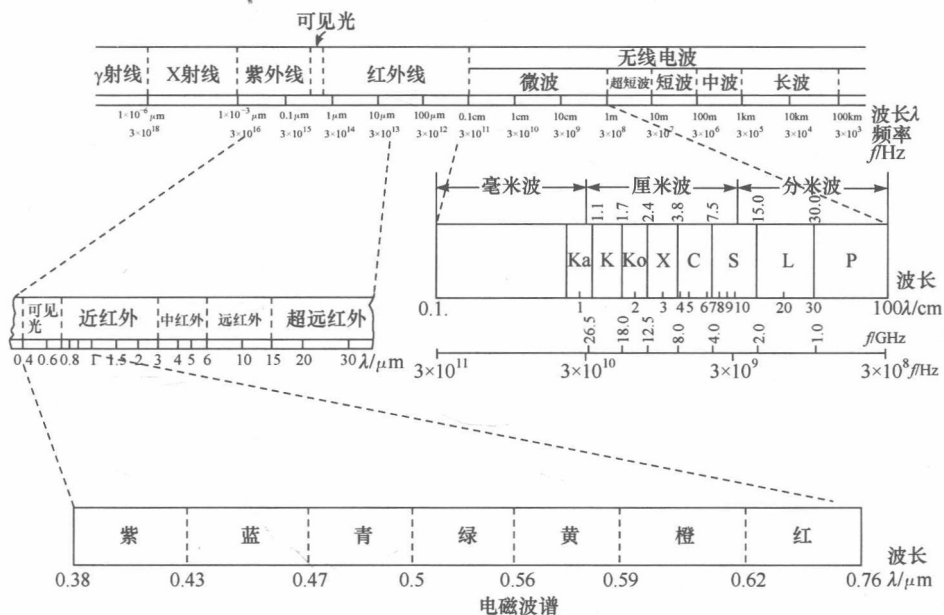


图 1.2 电磁波谱

微波遥感:是指利用微波波段进行地物探测的遥感,波段范围为 1~1000mm。微波遥感通过接收地物发射的微波辐射能量,或接收遥感仪器本身发出的电磁波束的回波信号,对地物进行探测、识别和分析。微波遥感的特点是对云层、地表植被、松散沙层和干燥冰雪具有一定的穿透能力,又能夜以继日地全天时、全天候工作。

4. 按应用空间尺度分类

按应用空间尺度遥感可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感。

全球遥感:全面系统地研究全球性资源与环境问题的遥感统称。

区域遥感:是以区域资源开发和环境保护为目的的遥感信息工程,它通常按行政区域区划(国家、省区等)、自然区域区划(如长江流域、黄河流域等)和经济区域区划。

城市遥感:以城市环境、生态环境作为主要调查研究对象的遥感工程。

5. 按接收电磁波辐射性质分类

遥感按接收的电磁辐射的性质分为主动式遥感和被动式遥感。

主动式遥感:又称有源遥感,通过传感器主动向地物目标发射一定形式的电磁波,并由传感器接收被研究物体反射或者散射回来的电磁波,进而推断目标的情况。

被动式遥感:又称无源遥感,指用传感器直接接收被观测物体自己发射或者反射电磁辐射,在自然中太阳是一个非常重要的辐射源。

6. 按遥感媒介分类

遥感技术依其遥感仪器所选用的波谱性质可分为电磁波遥感技术、声呐遥感技术、物理场(如重力和磁力场)遥感技术和地震波遥感技术。

电磁波遥感:是以电磁波为信息传播媒介的遥感。

声呐遥感:是以声波为信息传播媒介的遥感。

物理场遥感:是以重力场、磁力场、电力场等为媒介的遥感。

地震波遥感:是以地震波为媒介的遥感。

7. 按不同应用领域分类

按应用的目的和意图不同,遥感可分为环境遥感、城市遥感、农业遥感、海洋遥感、地质遥感、林业遥感、气象遥感、灾害监测遥感、空间遥感和军事遥感等。

1.1.4 遥感的特点

遥感作为一门对目标物体进行探测的综合性技术,它的出现和发展既是人类认识和探索自然界的客观需要,又具有其他探测技术手段与之无法比拟的特点。遥感技术的特点归纳起来主要有以下几个方面。

1. 探测范围广,采集数据快

遥感可获取大范围数据资料。遥感用于航摄飞机飞行高度为 10km 左右,陆地卫星的轨道高度可达 910km 左右,可及时获取大范围的遥感信息。例如,一幅大小为 $23\text{cm} \times 23\text{cm}$, 比例尺为 1:35000 的航拍照片,可反映出 60km^2 的地面实况;一幅陆地卫星 TM 图像,其覆盖面积可达 34225km^2 ;一幅星载 SAR 图像的覆盖面积也可达到 1 万多 km^2 。由此可见遥感技术可以实现远距离、大范围的的对地宏观观测,这对地球资源和环境分析极为重要。

遥感探测能在较短的时间内,从空中乃至宇宙空间对大范围地区进行对地观测,并从中获取有价值的遥感数据。这些数据拓展了人们的视觉空间,为宏观地掌