

遥感 技术 基础

卢国铭 姜遵富 方永绥 编著
科学出版社

18128

TP7
2168

遥感技术基础

卢国铭 姜遵富 方永绥 编著

科学出版社

1984

内 容 简 介

本书系统介绍遥感技术的基础性知识,着重叙述了基本概念、物理原理及其基本特性。内容包括:遥感技术的物理基础;遥感系统和传感器;遥感信息的传输、处理和图象判读;遥感技术在国民经济各方面的应用等。本书提供了遥感这门新技术的清晰概貌,是一本入门著作。本书可供大学有关专业的学生、教师,及遥感技术有关科研生产部门的科技人员阅读参考。

遥 感 技 术 基 础

卢国铭 姜遵富 方永绥 编著

责任编辑 张建荣 唐友群

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年5月第一版 开本:787×1092, 1/32

1984年5月第一次印刷 印张:11 1/4

印数:0001—8,700

字数:256,000

统一书号:15031·561

本社书号:3511·15-7

定价: 1.75 元

序

遥感技术是六十年代开始迅速发展起来的一门综合性科学技术。我们知道,从那以后,人类已经能够相当容易地发射人造卫星,进行全球通信、军事侦察、科学研究,甚至登上月球和发射深空探测火箭,研究宇宙天体。尽管人类掌握了如此强大的科学技术手段,却没有用它来深入全面地观察、探测和研究人类赖以生存的地球资源和环境。地理学家们知道,人类对地球本身的研究和了解相对来说还是不够的,因此建议发展卫星遥感技术,勘测地球资源,造福于人类。于是从1972年开始,美国陆续发射了三颗地球资源卫星,对全球自然资源进行遥感探测,获得了大量有用的图片资料。虽是实验性的,但已表明卫星遥感的有效性和价值,从而促使各国都竞相发展遥感技术。

我国在1970年也已成功地发射了第一颗人造地球卫星。1975年11月26日发射的人造卫星实现了软着陆,标志着我国的空间技术有了很大的发展。我国的电子技术经过多年努力也取得了许多成就。这些成就是发展我国卫星遥感技术的基础和条件。我国幅员辽阔,资源丰富,在实现四个现代化进程中,很需要对全国的自然资源和环境进行调查探测,以便有计划地开发利用及保护资源和环境。因此可以说,我国发展遥感技术,既有实际需要又有一定基础。

遥感技术特别是卫星遥感技术,是一门综合性很强的科学技术。它的实现,需要空间技术、电子计算机技术、自动控制、无线电电子学、数学、物理、化学、地理、地质、管理科学等多种学科的发展、配合和协调。学科之间的界限逐趋模糊,相

互交错渗透的现象十分明显,要求人们不仅要懂得自己所从事的学科的许多知识,而且对其他有关学科也应有一定了解,从而收到对整个遥感技术有个高屋建瓴的了解。

本书将就遥感技术的主要方面作些介绍。我们希望,通过它能使不熟悉遥感技术的同志得到一般性了解,增加一些知识。对于想继续深入学习该门科学技术的同志,又能提供一个入门的基础。因此在表达方式上力求通俗,在内容安排上较为全面且有一定深度。但主要着重基本概念、物理原理、基本特性的介绍,有一定的数学分析,并尽量做到简单明了。

书中除第一章对遥感技术作一般性介绍外,其余章节主要分为四个部分。第一部分即第二章,介绍遥感技术的物理基础,讨论物质的电磁辐射现象和规律,物质对电磁波作用的响应,如吸收、散射、折射等等。我们知道,正是携带着物质特性信息的电磁波,在被接收处理后,才能识别探测对象。因此,研究物质的电磁波谱特征已成为遥感技术的重要内容。第二部分介绍遥感系统和遥感器,特别对遥感器的基本原理、主要特性和工作方式,作了系统的叙述。遥感器是直接接收电磁辐射的系统,其种类很多,又都在不同学科领域研究制造。无论使用还是研究遥感器者,对于了解它在遥感技术中的地位和作用,都是很需要的。第三部分介绍遥感信息的传输、处理和图象判读技术。第四部分介绍遥感技术在国民经济各方面的应用。通过这四部分内容的介绍,基本上论述了遥感技术的各主要方面。

本书写作过程中,沈光铭先生给予了支持和鼓励,并提出了宝贵意见,在此表示深切的感谢。

由于作者水平有限,书中缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

作者 1980年2月于北京

目 录

第一章 概论	1
一、遥感技术概述	1
二、遥感原理	4
三、地球资源卫星	6
四、遥感技术的特点	12
五、遥感器的分类与选择	14
第二章 遥感技术的物理基础	18
一、电磁波与辐射	18
二、大气特性	48
三、红外辐射与大气的的作用	58
四、微波与大气的的作用	83
五、电磁波与地表物质的作用	98
第三章 遥感系统	113
一、星载分系统	113
二、地面分系统	116
第四章 遥感器	119
一、引言	119
二、多光谱照相机	129
三、红外遥感仪	134
四、多光谱电视系统	163
五、微波辐射计	206
六、散射计	214
七、合成孔径侧视雷达	218
八、微波全息雷达	243
第五章 遥感信息处理与图象判读	260

一、基本概念	260
二、预处理技术	261
三、增强技术	273
四、地球资源卫星象片	283
五、图象的判读及自动分类	288
第六章 遥感数据的传输与压缩	302
一、数据压缩的原理	304
二、数据压缩方法的分类	307
三、DPCM 编码	309
四、预测或内插计算法	320
五、卫星数据压缩的实用化问题	325
第七章 遥感技术的应用	327
一、在地质地理方面的应用	327
二、在农业和林业中的应用	333
三、在水文和海洋研究中的应用	337
四、在环境监测中的应用	342
五、军事侦察中的应用	345
参考文献	346
附录 英文缩写	350

第一章 概 论

一、遥感技术概述

遥感技术就是用一定的技术设备、系统,在远离被测目标的位置上对被测目标的特性进行测量及记录。在广义的意义上,可以把一切非接触的检测和识别技术都归入遥感技术。

自然界的许多动物都具有遥感的能力,人类也总是用自身的眼、耳、鼻、皮肤等感觉器官对周围的环境条件(如光、声、味、热等物理现象)进行探测,然后通过大脑的思维活动,对各种事物进行区别。从这个角度来说,遥感既不是什么创新的学科,也不是只有少数专家才能研究和了解的。我国古代劳动人民早有观天象、预报天气的经验。汉代著名科学家张衡早在公元 132 年就发明了地动仪探测地震的方向,这恐怕要算是人类最早的精密的遥感探测器了。

十九世纪三十年代开始出现了光学照相技术。二十世纪二十年代发展到将照相技术用于空中,从飞机上来对地面物体进行遥感照相记录。1940 年前后出现了脉冲雷达,用以探测电离层,接着便用于侦察飞机和军舰。六十年代后,将各种电视摄像技术与红外成像技术用于人造卫星,对地面目标进行遥感,在军事、资源勘探等各个方面取得了很大成就。从此,遥感技术进入了成熟时期。

多年来,一些国家对人造地球卫星的军事意义和经济意义,一直在进行研究和探索。进入七十年代后,人造地球卫星以及其他宇宙飞行器的应用,越来越受到人们的重视。人类

对宇宙空间的探索和对宇宙飞行器的应用技术的发展，已在很大程度上使得人类能够通过人造地球卫星对地球本身进行许多方面的考查，达到更多更广地获取经济利益或者其他方面利益的目的。

近年来，随着世界人口的增加和工业生产发展的需要，粮食资源、能量资源等各种资源的开发和发展问题日益突出出来。另外，在世界范围内，由于生产活动的复杂化，也带来了自然环境的破坏和污染等新问题。为了解决这些问题，就需要对全球的资源和环境进行高效率的探测和考查。这样，随着人类对资源的利用和保护越来越关心，探测资源成了发展遥感技术的强大推动力。

用飞机作遥感观测平台(如大地测绘、军事侦察等)已有几十年的历史了。由于空间技术的成就，遥感观测平台升高到了人造地球卫星轨道，无论从收集的数据量、搜集遥感信息的速度、提供可观测的范围等都使遥感技术产生了革命性的变化。在军事上也获得了前所未有的用途。空间遥感技术的发展，还把许多单项遥感探测手段结合起来，互相影响、互相补充。一方面是使用多种遥感手段来探测同一目标，以获得更多更准确的目标信息。另一方面，单种遥感手段所获得的数据又有多种用途。目前，遥感技术已成为人类生产活动和军事斗争中不可缺少的一种技术手段。

遥感技术综合了空间技术、光学和电子学的一些新成就，把人们的视野扩展到了一个新的水平，遥感技术主要包括了四个方面：

1. 遥感设备

用它来接收目标或者背景辐射的或反射的电磁波，并且将其接收到的电磁波信号转换成电信号或者图象，加以记录。

它包括各种辐射计、扫描器、相机和其他各种探测器。

2. 信息传输

它将遥感设备所得到的目标和背景的信息，通过初步处理，用电信传输的方法送回地面站或者直接回收胶片。

3. 目标特征搜集

利用遥感器或者其他试验设备对目标进行多次观察，在所得到的电信号或者图象内找出目标区别于其他景物的特征。如明暗程度的不同，色彩的差异，信号的强弱等。也就是说，找出目标本身的特殊性所引起的遥感信息差异，从而为判别目标提供依据。

4. 信息(图象)处理、判读和分类

从遥感器传到地面的信息经过各种校正办法，清除某些误差、失真或者虚假信息，得到一个比较真实景象的图片或者电信号，然后由人工直接进行判读。或者借助于光学设备和电子计算机，把这些图象或电信号与目标特征进行比较，从复杂的背景中找出我们所要的目标。并将判读结果进行分类、整理，再提供使用。

上述四个方面对于遥感技术来说都是必不可少的。少了一环都不能完成遥感的功能。所以说遥感技术是一门独立的、自成系统的新技术。当我们谈到遥感技术时，如果只想到遥感设备，而忘掉了或忽略了其他三个方面，那就是一种片面的认识。但是，人要认识客观事物，首先要有感觉器官。例如，没有眼睛，就是瞎子。所以在遥感技术的四个方面中，最基础的是遥感设备。

二、遥感原理

太阳和各种人造的能源能辐射出各种波长的电磁波，而地面上的一切物体，如土地、水流、森林、农作物、金属物体、空气等，只要温度不是处于绝对零度，就都能够反射、辐射和吸收电磁波。但是对哪个波长范围的电磁波最敏感以及能反射、辐射和吸收到怎样的程度，则要由该物体的物理的和化学的特征来决定。也就是说，对于各种不同的物体，它们反射、吸收或辐射电磁波的规律都是不一样的，甚至同一种类物体的不同自然状态表现出的这种规律也是不一样的。这种规律叫做物体的波谱特性。图 1.1 表示几种植物的波谱特性，图 1.2 表示同一种农作物不同自然状态所表现出的波谱特性。

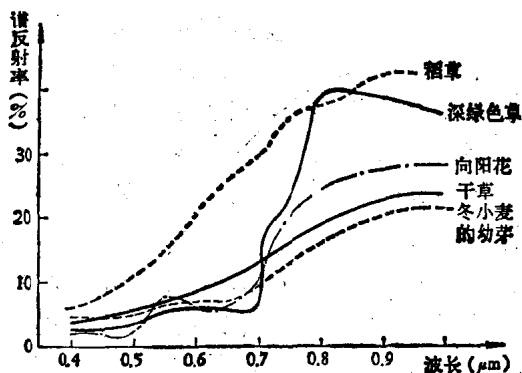


图 1.1 几种植物的波谱特性

因为每一种物体的波谱特性都是互不相同的，所以，如果事先掌握了各种物体的波谱特性，只要将遥感仪器感测到的不同电磁波的波谱信息与之相比较，即可区别出物体的种类，这就是遥感所采用的基本原理。

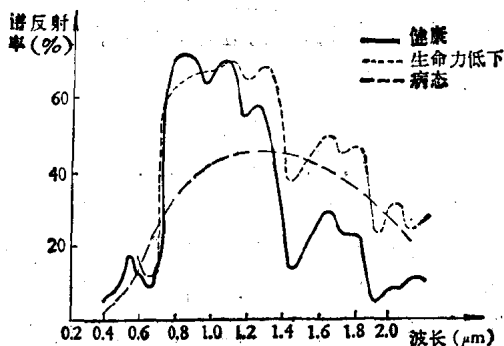


图 1.2 同一农作物不同自然状态的波谱特性

美国为了掌握各种地球资源的光谱特性,曾于 1969 年通过实验,对 600 多种岩石和矿物, 1000 多种土壤和大约 3000 种植物以及 60 多种水的样品进行了电磁波反射、吸收、辐射等特征的系统的测定和分析,为地球资源的光谱探测建立了基础资料。

当然,从卫星遥感仪器上所能接收到的电磁波,是属于综合性质的电磁波,它包括以下几个方面:

- (1) 地球表面发射的、能通过大气窗口的电磁波;
- (2) 地球表面反射来自太阳的、或者其他物体的能通过大气窗口的电磁波;
- (3) 大气层发射的、又能通过大气窗口的电磁波;
- (4) 大气层对太阳辐射而发射的、能通过大气窗口的电磁波;
- (5) 地面对大气层向下发射的、尔后反射回天空的、能通过大气窗口的电磁波。

虽然到达遥感仪器上的电磁波可能是以上数种的叠加,但由于各种物体、包括地表的任何物体和大气层所发射、反射的电磁波都是不一样的,我们可以采用选择光谱的方法,让所

需要的波段进入遥感仪器，所以实际上可以是不叠加的。这样，我们便能对地表任何目标物进行遥感，并与其他物体进行分辨。

三、地球资源卫星

到目前为止包括我国在内的一些国家，已经向宇宙发射了大约 5000 个左右的人造卫星。部分卫星至今还在绕着地球运行。在这些人造卫星中，大部分是地球卫星，也有少数是其它星球的卫星，如水星卫星。在人造地球卫星中，主要有下面几种：侦察卫星、空防预警卫星、通信卫星、天文观测卫星、测地卫星、导航卫星、气象卫星和地球资源技术卫星等。另外还有如载人宇宙飞船、天空实验室等宇宙飞行器。

1972 年 7 月 23 日美国发射了第一颗实验型地球资源卫星 (ERTS)。

接着 1975 年 1 月 22 日美国发射了第二颗地球资源卫星，又改称大地卫星 (Landsat)。

1978 年 3 月 5 日美国又发射了第三颗大地卫星。

第一颗地球资源卫星 (ERTS-1) 是由“雨云”气象卫星改制成的，见图 3.1。这颗蝴蝶型的卫星重 892kg，星载仪器重 240kg，容积 1m^3 。星体为圆锥形，体高 3m，最大直径 1.5m，星体外壳带有两块太阳能电池集合板。星体分为二个舱，上部当服务舱，下部为仪器舱。

1. 卫星运行特征

资源卫星的目的是要探测地表和地表以下一定深度的资源状况，所以它的运行特征与带着其它目的的卫星是不一样的。

(1) 卫星轨道的高度 由于卫星的用途不同,其轨道高度也不一样,一般卫星轨道可分为三种:

第一种 150—200km,这是低高度、短寿命的卫星的高度。它的寿命只有1—3周,这种卫星大都是用于军事目的的侦察卫星。由于要求对地面的分辨力高,要求图象的比例尺大,所以轨道高度就只能低些。但是由于轨道低,地心引力就大,大气层的阻力也大,所以卫星寿命就短。

第二种 350—1500km,这是中高度长寿命卫星。寿命可达一年以上。地球资源卫星就属于这一种。它既要求对地面有较高的分辨力,又要求有较长的寿命。这样才能观测一些地球上的动态过程,如观测作物生长的全过程。

第三种 35800km左右,这是高高度、长寿命卫星,也叫同步轨道或静止轨道。它一般属于通信卫星。由于没有对地表分辨力的要求,所以高度可高一些,寿命也就比较长,一般可以在空中保留好几年。

美国发射的第一颗地球资源卫星的轨道高度为最低905km,最高918Km,属于第二种即中高度长寿命卫星。

(2) 卫星轨迹的形状 地球资源卫星轨道要求为圆形。由于资源卫星对地面成象的精密要求,因此卫星姿态控制要求很高,而圆形轨道则有利于精确的控制卫星姿态。

另外圆形轨道还便于操纵星载仪器,对遥感图片资料的处理也方便。如果是椭圆形轨道,对遥感资料处理时,必须随时用激光测高数据来校正,带来复杂的手续。圆形轨道就可避免这一点。

(3) 卫星轨道与太阳同步 资源卫星轨道的选择,一方面要保证在固定不变的条件下进行观测,同时又要保证周期的重复性和合理的全球覆盖。这样就要求卫星的轨道要与太阳同步,使得卫星在任意一纬度通过时,平均地方时间都是

不变的。比如卫星由北向南通过赤道的平均地方时间是上午 9:42。这样可以保证中纬度的摄影时间都在上午 9:00—10:00 左右,那时的太阳光照角可以保证在 25° — 30° 。可得到辐照均匀、效果较好的影象,以利于判读。

卫星轨道的设计还要求在覆盖周期(例如 ERTS-1 为 18 天)中,卫星摄影的覆盖面的重复性。这样可以使在不同周期获得的图象资料进行对比,要求在轨迹的横方向,一年的变差不超过 37km,而沿轨迹方向(x 轴)不超过 30km。

由于卫星在地球运行中具有陀螺特性,不论地球怎样运动,卫星的轨道面方向总是恒定的。因此,随着地球公转运动,最佳光照角 β 实际上将产生相应的变化。假如在秋分点 β 为 30° ,到立冬点 β 角变成 75° ,到冬至点 β 角又变成 120° 。这样的光照角对扫描极为不利,甚至无法扫描。因此,为使资源卫星扫描时保持最佳光照角 β ,就必须对卫星轨道面进行纠正。卫星轨道面以南北方向为轴心,向东逐渐转动,纠正量卫星绕地球运行每圈偏转 0.0706° ,每日 0.9856° ,每年这个轨道面向东迴转一周 360° ,这样卫星对地球的角进动每昼夜约为 1° ,恰好等于地球对太阳的角进动,既保证了卫星轨道与太阳同步,又保证了极为有利的光照角条件。

2. 卫星的运行周期

美国第一颗地球资源卫星的运行周期为 103.2 分钟,卫星每天绕地球飞行 14 圈,对全地球绕行一次需 18 天。对某一地区来讲,卫星每隔 18 天就重复飞越一次。这对于观测自然资源的动态变化,例如观测农作物的生长情况、旱涝状况、病虫害情况等是十分有利的。

地球在卫星下自西向东旋转,卫星绕地球一周,卫星轨道在地球上的投影线向西移动 2400km,每过一天,轨道向西移动

160km, 当天的图片和资料均与前一天有 25km (10%) 的重叠。

3. 卫星的姿态

为了保证拍摄图象的精度, 因此卫星的姿态要求保持相对的稳定, 以使遥感仪器始终垂直对准地球。

(1) 在 x 轴方向 应控制卫星不产生扭转运动或摆动, 使卫星的 y 轴尽量与地心铅垂线重合, 这样才能使图象中心 C 与象底点 N 重合。卫星在 x 轴方向的扭转或摆动, 会使 C 与 N 产生东西方向的位移。

(2) 在 z 轴方向 应控制卫星在绕地球运行的同时进行自转, 自转方向与卫星运行方向一致。卫星的自转周期等于卫星绕地球运行一圈的周期。也就是地球资源卫星每运行 103.2 分钟, z 轴方向必须准确地自转一周, 否则图象中心 C 就会逐渐向南偏移。当卫星周转 90° 后, 图象中心 C 就完全离开了地面, 当绕地球一周后, C 再与 N 重合, 这样会使扫描失去作用。

(3) 在 y 轴方向 由于卫星的轨道与太阳同步, 卫星的轨道面每天都在做向东的偏转修正, 每天约修正 1° 。如果卫星在 y 轴方向恒定不转的话, 则地面的扫描带将会越来越窄, 经过一个半月后, 地面扫描带大约只有 185km 的一半, 即 92km 左右, 形成的图幅是近于 45° 角的平行四边形。经过 3 个月后, 地面扫描带将完全变成一条细线。因此, 为了使卫星水平扫描线始终垂直于卫星的运行方向, 要对卫星的 y 轴经常进行纠正。纠正量为地球公转一周, 卫星以 y 轴为轴心每年反时针自转一周。

实际上 y 轴方向的控制不可能很准确, 所以地球资源卫星接收到的图象是平行四边形。虽然东西方向的斜边宽还是 185km (见图 1.3), 但地表的那个扫描带宽度是改变的, 这个

带的宽度 b , 可由卫星象片斜边 α 角求出

$$b = 185 \cos \alpha \text{ (km)}$$

计算宽度 b 值, 可用来核对卫星图象的重叠量。

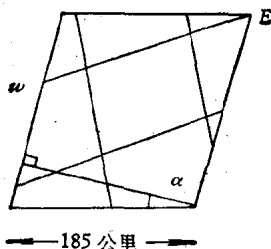


图 1.3 卫星象片

4. 卫星轨道面与地球赤道面的夹角

美国的第一颗地球资源卫星轨道面与地球赤道面设计夹角为 99.125° , 实际为 99.088° , 这个角度在地球赤道地区可以直接测出。由于地球的自转, 实测角往往大于此值。

5. 星载仪器

美国第一颗地球资源卫星上携带了四种仪器:

(1) 返束光导管摄象系统 简称 RBV 摄象系统。分三个光谱段, 有三个 RBV 摄象机。每个摄象机由镜头、快门、滤光片、返束光导管 (RBV) 和电子控制装置组成。其中较关键的部件是返束光导管。工作时, 三个不同光谱段的摄影镜头对准地面同一景象 ($185 \times 185 \text{ km}$) 进行拍照, 曝光时间为 8、18、20ms 三种, 可由地面指令来选择。曝光后, 图象在摄象管的光导靶面上作短暂的存储 (约 10.5 秒), 然后以 1250 行/秒的速度读出。每幅图象由清除、准备、曝光和读出四个步骤来完成。其中清除、准备和曝光是三个相机同时进行的, 而读出是依三个光谱段的时序输出三个不同光谱段的