

[日]卡农公司图象研究室 编辑



遥感

遥感技术的发展及其应用研究

科学出版社

遥 感

遥感技术的发展及其应用研究

[日] 卡农公司图象研究室 编辑

王 历 龚家龙 等 译

科 学 出 版 社

1 9 8 3

内 容 简 介

本书是由 18 名日本著名学者集体撰写的遥感专题论著。全书以十七个专题,全面地论述了农业、林业、草原、土壤、城市环境、气象以及海洋遥感等方面的理论与应用问题,列举有大量的实例,内容包括地物波谱测定、各种遥感仪器的原理与性能、胶片和滤光片的选择与匹配、多光谱图象的构成与纠正、图象的传输与电子计算机处理、多光谱遥感仪器的光学系统及其应用等方面。

本书可供从事农业、林业、牧业、水利、地质、地理、海洋、气象、环境监视、考古、城市规划和遥感仪器设计等方面的遥感科学工作者,以及有关大专院校师生参考。

宇宙・高空・地上
における
リモートセンシング技術
の
研究開発と応用
キセノンイメージ編集室 編集
1974

2072/16

遥 感

遥感技术的发展及其应用研究

〔日〕卡农公司图象研究室 编辑

王 历 龚家龙 等 译

责任编辑 姚岁寒

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

*

1983 年 9 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1983 年 9 月 第一次印刷 印张: 16 1/2 插页: 6
印数: 0001—6,000 字数: 382,000

统一书号: 13031·2329

本社书号: 3190·13—13

定价: 3.20 元

译 者 的 话

本书由日本遥感界 18 位著名科学家集体撰写,是日本第一本全面、系统地论述遥感科学技术发展及其应用研究的专题论著。该书的出版曾得到日本科学技术厅长官森山钦司和美国密执安大学环境遥感研究所 J. Cook 教授的积极推荐。

全书分十七个专题,全面地探讨了农业、林业、草场、土壤、城市、海洋以及气象等方面遥感的理论问题,并列举了大量实例,内容还包括地物波谱测定、各种遥感仪器的原理和性能、胶片与滤光片的选择、遥感图象的构成与纠正、图象传输与电子计算机处理、多光谱遥感仪器的光学系统及其应用等各个方面。从理论和方法上对日本迄止当时所开展的遥感研究工作作了总结,这对于我国正在广泛开展的遥感研究工作具有很好的参考价值。

由于原书内容庞大,所附彩色图版很多,在翻译出版过程中,在不影响其主要内容的情况下,对图版及有关的文字部分作了适当的删节。

在本书翻译出版过程中,曾得到王大珩、陈述彭和周卡、方有清等先生的热情鼓励和指导,在此表示谢意。

由于本书涉及面广泛而译者水平有限,译文错误在所难免,不当之处,敬请读者指正。

目 录

第一章 遥感概论	1
1. 引言	1
2. 遥感	1
3. 遥感技术的发展	2
4. 遥感方式的分类	3
5. 遥感数据的应用	6
6. 探测的波长范围、高度和周期的配合	13
7. 数据处理	14
第二章 宇航遥感	16
1. 引言	16
2. 地球资源技术卫星计划	16
3. 天空实验室计划	17
4. 遥感数据的分析与解译	18
5. 地球资源技术卫星发射后的展望	20
第三章 植物环境遥感	22
1. 引言——生物环境和“绿色”的观测	22
2. 用遥感进行植物观测的原理	23
3. 图象分析的原理	26
4. 区域环境的观测	27
5. 植物观测的应用领域及其体系	34
第四章 农业遥感	36
1. 引言	36
2. 作物判读的基础	36
3. 作物分类面积的计算	40
4. 病虫害受害程度的监测	41
5. 天然草场的判读	42
6. 草种组成的调查	43
7. 草量的调查	43
第五章 草场遥感	45
1. 引言	45
2. 使用航空摄影方法制定草场开发计划	45
3. 草场植物的判读	46
4. 草场产草力的判读	48
5. 关于调查植物用的波段	50
第六章 城市的遥感	52
1. 引言	52

2. 城市气候	52
3. 城市地表温度测定实例	53
4. 地表温度和城市环境	58
5. 遥感在城市规划方面的应用	60
第七章 土壤遥感	61
1. 引言	61
2. 土壤性质及其分光反射特性	61
3. 土壤的分光反射率和土壤水分	64
4. 用多光谱象片评价土壤水分	66
5. 旱田耕作区多光谱象片的实例	67
第八章 海洋环境遥感	70
1. 引言	70
2. 象片和可见光波段扫描图象的应用	71
3. 红外辐射计	78
4. 微波辐射计和雷达散射计	82
第九章 行式扫描仪海洋遥感	86
1. 引言	86
2. 扫描仪	86
3. 用热图象进行调查	89
4. 用多波段图象进行调查	93
第十章 红外探测仪海洋遥感	100
1. 引言	100
2. 红外探测仪器	100
3. 红外图象	104
4. 红外探测技术所存在的问题	110
第十一章 气象遥感	118
1. 引言	118
2. 从宇宙空间测量地球平均温度	118
3. 地表温度的测量	119
4. 短波辐射	132
5. 应用泰罗斯卫星短波辐射资料的实例(降水量预报)	136
6. 大气垂直温度的推算	137
第十二章 野外光谱反射测定	143
1. 引言	143
2. 野外光谱辐射测定的重要性	143
3. 光谱辐射仪	148
4. 反射率的测定	150
5. 辐射能的测定	152
6. 野外测定光谱反射分布及其应用	154
第十三章 多光谱图象的构成与补偿	159
1. 引言	159
2. 多光谱航空象片的结构	159

3. 多光谱航空摄影的质量	161
4. 用摄影测光法对传感器进行校正	167
第十四章 图象的传递与处理	173
1. 引言	173
2. 图象的性质与传递	173
3. 图象的传送与误差	176
4. 调制	178
5. 变换	179
6. 噪声	180
7. 图象处理	180
第十五章 电子计算机图象处理	183
1. 引言	183
2. 配准	185
3. 辐射系统的校正	189
4. 图样的分类	190
5. 遥感图象的分析系统	193
第十六章 多光谱光学系统	199
1. 引言	199
2. 摄影镜头与波长范围	199
3. 多光谱方法的畸变与分辨率	208
4. 彩色还原的各种问题	215
5. 良好的合成条件	224
6. 各种方式的比较	228
第十七章 多光谱摄影技术的发展	232
1. 引言	232
2. 多光谱图象的定义与分类	232
3. 多光谱图象系统的比较及其发展方向	236
4. 摄影机系统的发展历史及展望	237
5. 日本多光谱摄影机的现状	246
6. 多光谱摄影图象的合成与解译	252

第一章 遥感概论

在最近十五年左右的时间里,遥感技术的发展,的确是突飞猛进的。也就是说,测量设备及其运载工具和数据处理的能力,都有了改进和提高。在这里作为重点介绍的是用图象表示地物辐射的电磁波能量强度的分布问题,它可以探测和记录的波长范围,从近紫外扩大到微波(大约从0.3微米—3厘米)。作为运载工具而言,不仅有飞机,而且还采用了人造卫星。这样使局部的探测发展到能对全球表面范围进行反复的探测。而它的数据自动处理系统,也得到了迅速发展。可以预料这种遥感技术对目前全球性的资源与环境的有效利用和管理,都会做出重大的贡献。

1. 引言

遥感技术,目前已成为一个世界性的课题。这样的问题被提出来的主要原因,它是与地球资源技术卫星(ERTS-1)*的试验成功有关。也就是说,通过这种卫星,能够对整个地球表面任何一个角落,并包括与人类活动直接有关的任何的细节,进行反复地探测。

当前环境问题已成为世界各国共同性的严重问题,此外,还有粮食、原料等资源问题。这些问题是并非一个国家所能解决的。现在也有人认为,要想解决这些问题最大的希望,就是要寄托于从35800公里高的静止卫星或飞机、直升飞机和气球范围内的遥感技术。关于通过遥感技术来获得环境、资源情报的国际统一化问题,仅从美国气象卫星所获得的气象情报逐步实现统一的情况来看,笔者认为,实现这个愿望,已经为期不远了。

遥感技术为人类提供了探测地球表面的能力,而且这种能力又是在逐步地扩大着。因此,人类对整个世界的认识,正在发生很大的变化。在新认识的基础上,毫无疑问,遥感技术今后还会有更大的进步。

2. 遥感

遥感(Remote Sensing),如果简单地下一个定义就是:“从遥远的地方,对所要研究的对象所进行的探测”。因此,对地球表面及其周围的探测,通常就要在飞机以及人造卫星上进行探测,内容包括:

- (1) 空间分布;
- (2) 电磁波的辐射能量强度;
- (3) 力场能量强度;
- (4) 时间变化(对1—3的变化)。

其中力场能量强度的测定,也是重力和磁力等方面的测定,它是作为地球物理勘探技

* 地球资源技术卫星(ERTS)现称为陆地卫星(Landsat)。——译者

术而发展起来的,如果从狭义上来讲,力场不包括在遥感技术的范围内。

在最近 10—15 年的期间里,获得迅猛发展的则是电磁波辐射能量强度的测量技术,同时又获得以图象或地图来表示的数据。也就是说,关于辐射能量强度及其空间分布的信息是同时获得的。

3. 遥感技术的发展

3.1 飞机遥感

以地球资源遥感为目的的机载摄影机,达到实用程度是在 1913 年。它与 1903 年莱特兄弟发明飞机以来,仅隔 11 年的时间。利比亚“本戈逊”(Bengashi)油田的地质图就是采用航空摄影象片镶嵌而制成的。从此之后,航空摄影在地图测绘方面获得了迅猛的发展,作为航空摄影测量系统已获得圆满的成功。所以,这项技术目前已成为地形测量的主要手段。

与此同时,进展缓慢,但也得到发展的一个课题,就是地球表面物体的识别及其内容的解译,还有记录地物分布关系与情况变化的图象判读技术;也就是说,图象判读技术在各式各样的地球表面和各个方面,获得广泛地应用。以地质、采矿资源为例,如上所述,对利比亚“本戈逊”油田地质图的绘制方面的应用,作为开端,也说明了地质图象技术系统有了发展。还有用于森林树木种类以及材质等方面的森林判读技术,目前正进行植物生态和大气污染方面研究,以供林学方面应用。除此之外,目前在地理、土壤、水文、冰雪、城市建设规划、大气及水质污染等有关地球表面的各个学科领域中,航空摄影遥感可以说没有一处不在应用。

从上述的意义上来说,可以认为航空摄影是最先完善的遥感技术。特别是自从第二次世界大战以来,由于红外胶片、彩色胶片、红外假彩色胶片以及二色胶片等各种型式的产品出现,使航空摄影遥感在各个方面的应用得到了进一步扩大,同时正在向新的方面发展。

另一方面,由于航空摄影机、电视摄影机、图象扫描仪以及航空合成孔径雷达等机载系统,获得了显著的进步,使图象可以记录的波段范围,从近紫外扩展到远红外,同时又发展到了微波领域。

3.2 卫星遥感

遥感技术,今天被看作为一个国际性的课题,其历史背景与上所述的航空技术的发展 and 进步以及当前世界上人类所面临着各种资源和环境保护等问题有关。1957 年 10 月 4 日,自从人类第一次把人造地球卫星 1 号送进地球轨道上以来,仅仅用了十多年的时间,就用“阿波罗”11 号宇宙飞船把 3 名字航员送到月球表面上登陆。在这期间,许多的科学技术卫星以及军事侦察卫星的发射成功,在其影响下,气象卫星、通讯卫星、测地卫星以及航天飞机等相继出现,可以说已达到了为人类服务的阶段了。

其中自 1960 年 4 月份起,已经完成了实用阶段的气象卫星系统,用它可以对地球表面进行反复观测,其数据又可获得实时输出的图象,可以实现对全球表面上的云雾分布及其时间变化的观测。1960 年 11 月,把红外测量装置开始装在气象卫星上,不仅使过去在夜间无法观测的云层分布可以进行观测,而且又能对地球表面和云顶温度分布进行观

测。此外,在执行“水星计划”(1958—1963年)和2个载人的“双子座”卫星计划(1964—1966年)的过程中,从地球轨道上以手提式照相机的方式拍照了很多的地球表面图象,从宇宙高空对地球全表面进行探测,不论在科学上还是在经济上,都有着无可比拟的优越性,这一点是可以肯定的。特别是从“双子座”的计划中,采用了38毫米、80毫米以及250毫米等各种焦距的镜头,拍摄了数千张的70毫米的地球表面图象。这些图象在今天看来,虽然已是古典的东西,但是,对其评价却是很高的。因此,1966年9月美国正式宣布了地球资源探测卫星“EROS”计划。地球资源探测卫星系统的研制,是结合“阿波罗”的计划实施的,与此同时,在地球资源调查(ERS)计划中对试验阶段的探测装置开展了研究,以进一步向空间探测系统方面的应用发展。1968年提供了现在应用的地球资源调查卫星及探测装置的样机。这就为地球资源探测卫星计划(EROS)迈开了第一步。另外,在1966年12月,为了研制通讯、气象和科学卫星,以满足新技术实验上的需要,而发射了一颗应用技术卫星(ATS),从而证实了在静止的轨道上对地球表面及气象的探测是可以实现的。通过各国的努力,要发射五颗静止气象卫星,其赤道夹角处于南北纬度 60° ,每隔30分钟即可对全球表面进行一次观测。1973年,作为“阿波罗”应用计划的一项——天空实验室(Skylab),进行了关于地球资源遥感的应用研究。

以上所述,卫星遥感的基本形式有下列三种:

- (1) 低轨道(150—200公里高),寿命短(1—3周)的卫星方式;
- (2) 中轨道(350—1500公里高),寿命长(约一年以上)的太阳同步卫星方式;
- (3) 静止轨道(35800公里高)的卫星方式。

在这三种方式中,各有不同的优缺点,但是中轨道、寿命长的卫星方式,在一定的周期内,对全球表面同一个地方或地区可以实现反复地进行探测这一点,有着非常优越的特点。当代以气象卫星及地球资源技术卫星(ERTS)等作为基本的探测工具,而用于地球表面的探测,今后采用的卫星大部分将采用这几类方式。

4. 遥感方式的分类

关于遥感方式的问题,由于各界人士所站的角度不同,所以它的分类也是不同的。有的是根据探测的波长范围来划分,有的是按被测物体来划分,也有的是按图象的传感器来划分的;此外,还有的是按传感器的运载工具来划分等等不一。笔者认为,若按探测电磁

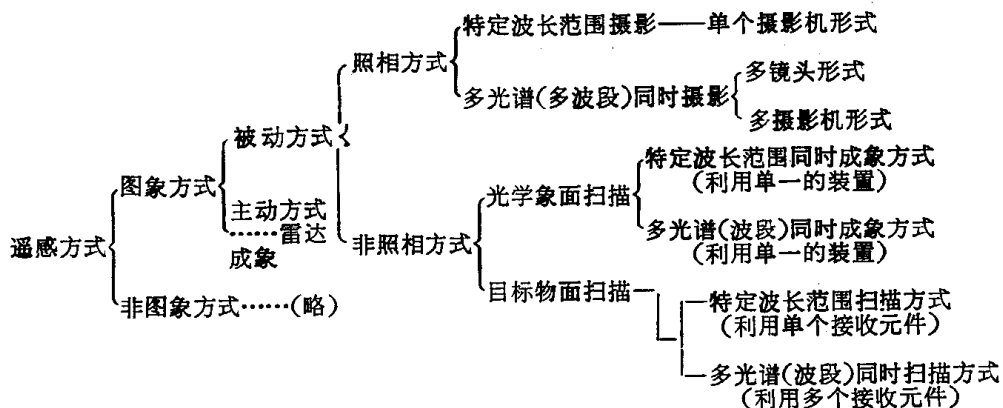


图 1.1 遥感方式的分类

波辐射强度的狭义遥感方式来说,可以从探测数据的获得方式和它的波长范围两个方面来划分(如图 1.1 所示)。图 1.2 为波长范围与其相对应的各种探测方式。

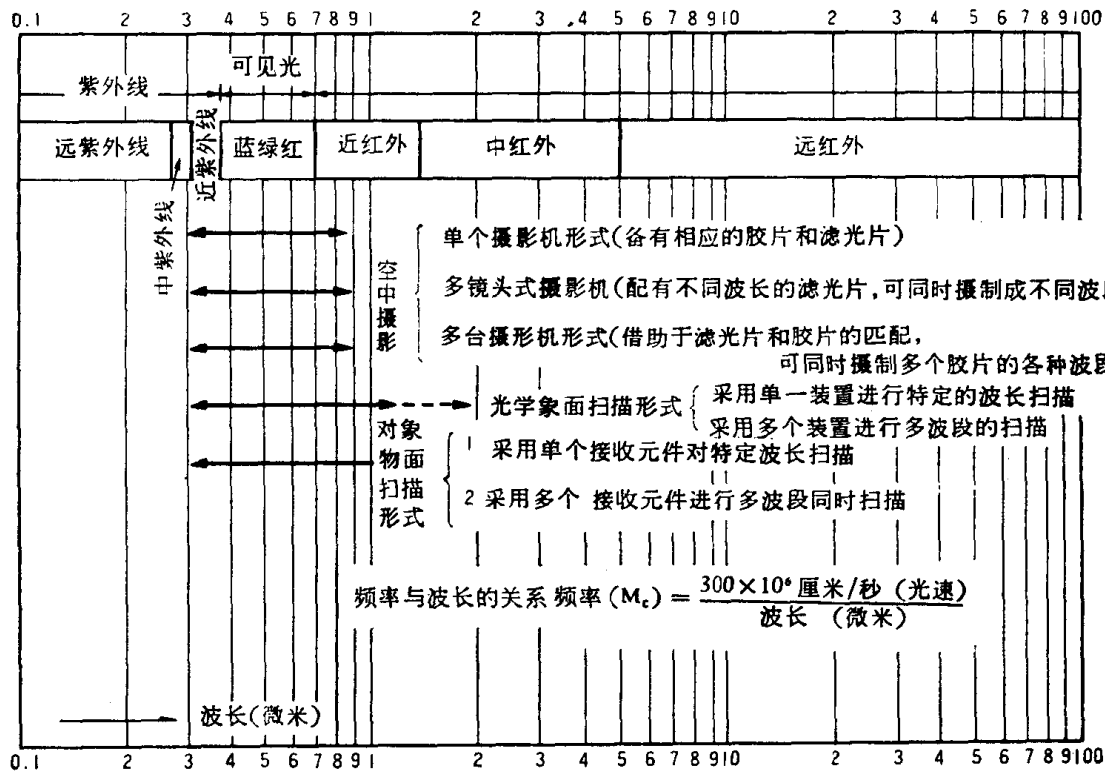


图 1.2 遥感的方式与其波长范围

遥感方式,大致可以分为图象式遥感和非图象式遥感两大类。所谓图象方式的遥感,就是把从物体表面反射回来(反射、辐射或者两者兼备)的电磁波的能量分布,以图象色调深浅(密度)来表示。而非图象的方式,则是沿着运载工具的飞行轨迹对辐射强度进行连续地或者断续地测量。前者可以进行平面方式探测,但是它的测定值是相对的,为了获得绝对值,就要根据后者的测定值(或地面上实际测定值)作为基准。下面,仅以图象方式的遥感作一介绍。

图象式和非图象式的遥感,又可分为被动式的和主动式的两种。也就是说,前者探测自然界的物体所辐射(反射)的能量强度,而后者则是探测由人工发射的能源经被测物体反射回来的能量强度。被动式的图象方式又可分为摄影方式与非摄影方式。航空摄影就是摄影方式中的一个典型代表,它是世界上应用的最早、最广泛的一项遥感技术。摄影测量,可以认为它是获得各种地表几何信息的一项遥感技术。由于航空摄影测量技术在地形测量方面得到广泛的应用,在提高绘制地图的速度上,获得了很高的评价。采用航空摄影测量,除了能获得地球表面的各种几何信息之外,还可以获得自可见光区域至近红外区各个波段的光谱辐射强度。有的使用单个摄影机,选用适当的滤光片和胶片可对一个特定波长范围的目标辐射能量进行记录;还有,对一个目标,采用多波段同时进行摄影。这种方式可称之为多镜头式(单镜箱)多光谱摄影或者称之为多台式摄影机(多镜箱)的多光谱摄影。

摄影机用胶片可记录的波长范围是以可见光区为中心,从近紫外的一部分到近红外

的一部分(如图 1.2 所示)。在多镜头式摄影机中,最多的是配有 9 个镜头,但现在一般都装有 4 个镜头,可对蓝、绿、红与红外 4 个波段同时进行摄影。再从这 4 个波段的黑白片中分别把蓝、绿、红波段的图象合成为真彩色或用绿、红、近红外波段合成假彩色图象,它与红外彩色或红外假彩色胶片拍摄的效果是一样的。

所谓非摄影图象的方式有光学象面扫描和目标物面扫描的两种方式。它们是由于下列的目的而研制出来的:

- (1) 图象数据实时输出;
- (2) 覆盖宽的波长区域;
- (3) 数据的自动处理。

也就是说,采用摄影图象方式时,其输出的形式为胶片,它需要经过一个胶片回收和显影处理的过程;而且图象的数据处理也非常复杂。所谓光学式象面扫描方式,也就是采用电视的传输形式。它的图象信号不仅能进行远距离的传输,而且又能在显象管上显示出来。因此,它可以依实时输出的形式来进行观察(或合成)。此外,由于信号是以录象磁带方式记录的,因此能以图象形式实时显示。与此同时,数据的自动化处理,也是很容易的。采用光学式象面扫描方式能够探测的波长范围,与摄影机方式相比,几乎是没有什么差异。采用这种方式,为了获得多光谱的图象,就需要安装多个摄象装置。

所谓目标物面扫描方式(又称之为光学、机械式的扫描),它是由一个以固定视场对目标进行扫描的旋转镜和所接收来的电磁波聚焦在接收元件上的光学系统,还包括把它转换成可见光图象显示的部件而组成的系统。红外成象装置就是其中的典型一例。借助于旋转扫描镜所接收的红外辐射能量,通过由抛物镜组成的光学系统,聚焦在红外接收器的阵列面上。这个红外辐射能量,经过接收元件再转换为电信号,对获得的图象信号再进行灰度调制,并用同步扫描的胶片进行记录,或者由长余辉显象管显示之后,以图象的方式停留下来。而且,图象信号还可以记录在录象磁带上,所以又能以图象的形式实时再现。除此之外,还可进行远距离的传输。采用这种扫描方式,可以在紫外、可见以及红外等波段范围获得各种图象。它只是随着探测器的波长范围不同而采用不同形式的接收元件,就其结构本身来说,是没有根本性的差别。

除了特定波长范围的图象扫描装置之外,还有多光谱图象扫描仪(MSS)。这种装置是借助于旋转式扫描镜将接收到的电磁波、通过稜镜或光栅等分光元件进行分光,再以各种不同的波长接收元件同时取出电信号,分别记录到录象的磁带上。在地球资源技术卫星 1 号上装有 4 个波段(0.5—0.6, 0.6—0.7, 0.7—0.8, 0.8—1.1 微米)的多光谱扫描装置,陆续不断地向地面发送各种各样的图象信息。此外,在地球资源技术卫星 2 号上增加第五个波段的 10.4—12.6 微米的热红外波段。

作为被动方式,除了上述之外,还有一种被动式的微波图象记录方式,它是作为射电天文学研究星体的微波辐射计而发展起来的。从空中探测物体温度的非图象方式的微波辐射计,正在进行实验。至于图象的方式,同样也在实验研究之中。

在主动的方式中,包括各种成象雷达。雷达是一种测定物体目标距离和方向的测量装置,它是用天线来发射和接收微波的。在航空遥感中,特别是对大面积的地表面探测,显示出最大的威力和收到很高评价的就是侧视雷达(SLAR)。

侧视雷达是从飞机装载的天线上,向飞行方向一侧的斜方发射出扇形的微波,再接收

从地表面反射回来的微波的记录装置(如图 1.3 所示)。

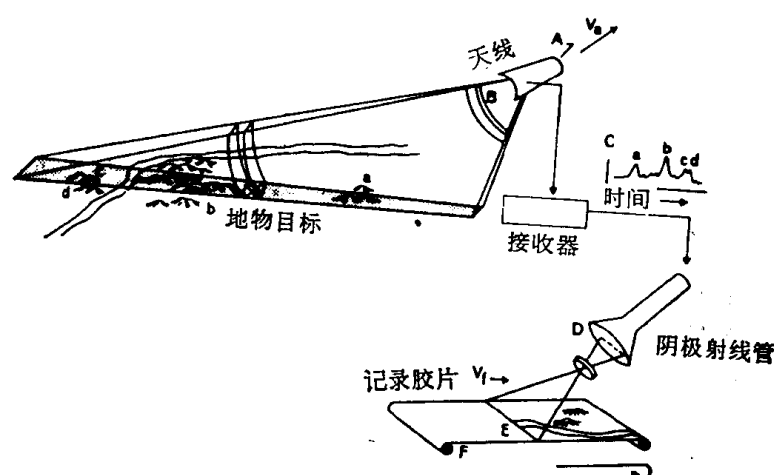


图 1.3 侧视雷达的成像原理

从另一个角度上来说,侧视雷达方式也可以认为是一种非照相方式或者是属于回波图象的方式。也就是说,信号的发射与接收是反复交替形式进行的,它是随着飞机的飞行,沿其轨迹覆盖一定宽度的地区。从地表面反射回来的微波能量,是以时间与振幅的相关而获得的。经过阴极射线管的变换,再依次地记录在飞机与地面速度同步传输的胶片上。根据飞机的高度和探测装置的结构,微波所能达到的范围,在飞行的侧视方向可以达到从 1 公里到 100 公里,可实现速度快、探测面积大的要求。根据水平和垂直两个方向的偏振,又可获得各种不同信息的图象。

现在商业性用的侧视雷达探测,由美国三家公司负责研制,其波段范围为: 0.86 厘米(K波段)和 3 厘米(X波段)。这类波长范围的微波,由于它不受云和雨等方面的影响,只要飞机能飞行,均可进行探测,所以它就被称之为全天候的遥感系统。此外,由于侧视雷达是采用人工的辐射能源,所以能进行夜间探测。

遥感技术的发展是日新月异的,它不仅表现在各种不同的应用方面,而且在硬件方面,也不断的有新的方式出现。例如:夫琅和费谱线深度法 (*Fraunhofer line-depth method*) 对发光物质的成份进行探测等方法。

5. 遥感数据的应用

如上所述,在这里所介绍的遥感数据是以摄影图象、或非摄影图象形式获得的。所以,这些数据都包含有被测物体的有关几何方面的信息和每个波段的辐射特性方面的信息。从物体表面反射(辐射)的电磁波,其波长(或频率)是由物体表面的化学成份和物理性质所决定的。由于能够把物体反射(辐射)的电磁波特定的波长范围记录下来,这样即可获得与其相对应的特定的信息。其几何信息与光谱信息是同时获得的,这就是以图象表示的遥感技术的一个特征。而且,这两种信息都是以相对差异进行测定和判读的,这一点对它就无需再多解释了。目前采用的遥感方式所获得的每一个波长数据,都是在从紫外到微波区域的范围内,所获得到的信息量又是相当大的。甚至单一波长范围内的图象中所包含的信息,也是非常多的。还要考虑到,通过反复地探测,又可获得被测物体(或现

象)随时间变化的信息。可以说它的应用范围涉及到以地球表面为对象的所有的科技领域。对于它的详细的细节,可由各个方面的专家在其他章里做介绍。所以,本章主要是以地球科学领域为中心,对各个波段的数据应用,作一概要介绍。

5.1 摄影图象数据

采用摄影图象方式可记录的波长范围,是以可见光区域为中心,从近紫外区的一部分到近红外区的一部分,范围是很窄的(见图 1.2)。其中从可见光区到近红外区的图象,在摄影学科里作了细致的研究,航空摄影测量及其判读方面,已经有悠久的历史,并且已成为比较完整的技术系统。然而,由于最近几年遥感技术的发展,进一步促使航空摄影及其有关的技术获得了新的发展。

5.1.1 紫外摄影

以紫外波段作为摄影图象的记录,在遥感方面的应用比其它波段范围要晚得多。当前,就其应用方面来看,碳酸盐岩处于 0.4 微米以下的短波区域,它对紫外的反射要比其它类型的岩石要强。此外,它对水面飘浮的油膜要比周围水的反射强烈,还可以识别各种污染。因此,它可应用于碳酸盐岩分布的测定、油特征的探测或者对油污染的监视。但是,这种波长从空中可探测的高度大致为 2000 米以内,而在高空遥感时就不适宜了。

5.1.2 普通摄影

如上所述,采用航空摄影方式的遥感,通常是从两个方面进行的。换言之,就是以几何量与形状为手段的方法和以图象密度为手段的两种方法。不言而喻,这两种方法并非各自独立的,而是相辅相成的,前者是根据连续的航空摄影以 60% 的相重叠,使地表面三维的物体再现出来,以对地物的形状以及尺寸大小进行比较,或者根据测量对物体进行识别。这是对每个物体的位置以及分布关系的一种探测方法。如果从地质判读的角度上来说,这种方式是以观测起伏地形特征为基础,找出岩石的分布、地层的性质以及类型,绘制出三维的排列,即为地质结构的一种方法。它是根据地表面的起伏与形状,反映那里岩石的分布、地层的性质与类型以及在那里发生过的地质运动的地貌学的基本原理为基础的方法。后者是从地表面物质与可见光波段范围的电磁波相互作用的关系来考虑的。也就是地球表面上的物质(岩石、土壤等),对其每个不同波长的反射率,以不同的密度差记录在图象上,以这种方式为手段,来区分岩石、地层的种类、类型以及地表面的性质等等(如图 1.4 所示),可用各种密度计对图象的密度进行测定。然而,由于地表面倾斜的缓急和方向不同的差异,同时还由于摄影机与太阳的相对位置有各种变化,只靠密度计来测定是不行的。而且这种方法在日本高温、多雨、地表植被覆盖较厚的地区应用的效果就不佳。

5.1.3 红外摄影

红外胶片,就是指卤化银,除了它固有的极限光谱感光度之外,又扩展到 0.7 微米以上波段范围的胶片的总称。这种胶片最大可记录到 1.4 微米的波段范围。这就是采用摄影机可以直接记录的红外波段范围。人们把这个波段范围称之为近红外或者红外摄影,就是

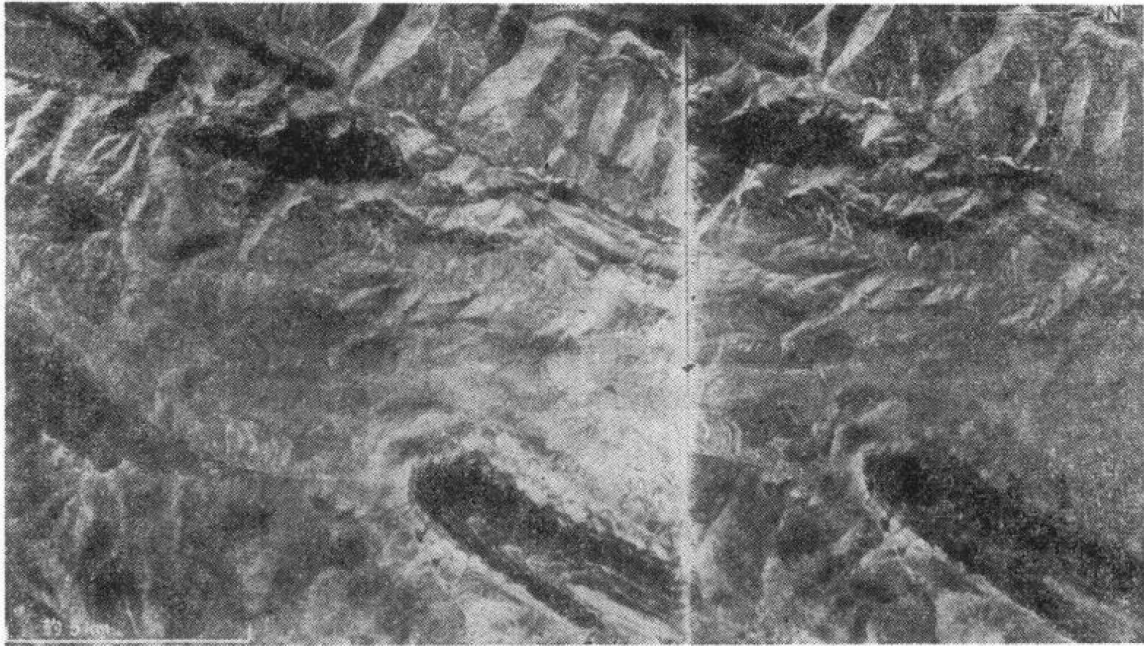


图 1.4 干燥地区的立体图象
(智利的一部分)

根据这一点。这种波长最大的优点之一，就是它不受雾霾、烟尘及其它大气微粒的影响，即使通过厚厚的大气层，也能得到清晰的图象。因此，对高温、高湿度的热带地区进行摄影，效果良好。除此之外，从宇宙高空对地球表面摄影，也证明有很大的效果。它的另一个特点，就是对于波长为 0.7—0.9 微米的近红外波段，几乎全部要被水表面以下数公分厚的水层所吸收。因此，在这种波段的图象上，水系部分就呈现突出的暗淡。利用这种特征，红外胶片可广泛地用于测量水路沿岸最低潮位线的航测中。而且，事实证明，它对于识别低湿的地区以及由于洪水而成灾的地区的灾情调查，是有成效的。对地质调查来说，作为地质结构判读的重要手段之一的水系知识以及绘图上等都在期待着它发挥作用。

在近红外区，健康植物的叶绿素，具有较强的反射特性。由于植物的种类、发育状况以及季节等因素反射率的不同，红外波段所探测到的变化情况，比其在可见光的波段里要宽得多。下面所要叙述的假彩色图象，就是根据植物的这种反射作为图象增强的手段，用来区分其它被摄的植被、植物种类、生长状况以及长势等目的而研制的。

5.1.4 彩色摄影

由于彩色摄影的发展，而且航空彩色胶片又很容易得到，所以彩色图象在各个判读部门中正得到广泛的应用。这是因为它具有优越的判读效果。普通黑白的图象，只能将被摄物体的色度差别与明暗度转换为灰度深浅的表现形式；而彩色摄影，它能将物体的整个自然色度、明暗度以及深浅，原原本本的表现出来。因此，识别物体十分容易，也就是说，彩色图象所包含的信息数据量比其黑白的图象来说，信息量多得是无可比拟的。

所谓彩色胶片，就是对蓝、绿、红三种波长分别具有感光度灵敏的三层乳剂组成的。因此，它可以进行三个波段的遥感。例如：对海洋或湖泊的图象分析，可分别获得对应各个波长范围的信息。也就是红波段仅仅是表示表面层的信息，其次绿、蓝是表示深部的信息。这是由于越是短波(可见光区)对水透射越是大的关系。但从另一方面来看，越是短

波,越容易受大气或水中微粒的影响而发生散射,所以为了从空中或水中拍摄水中的物体,已经研究出一种去掉蓝波段的高灵敏度的二色彩色胶片,并且目前正在提供使用。

5.1.5 假彩色图象

把被摄物体的颜色尽可能如实地显示出来的彩色图象,就称之为真彩色图象。与此相反,把特定的被摄物体,以假彩色的方式增强(用改变物体原来颜色的方法),来提高判读效果,这种图象就称之为假彩色图象。这里也包括对普通的彩色胶片用截止滤光片砍掉某一波长的摄影方式,或者任意改变其曝光时间的方法等等。现在正在研制各种特殊的胶片,以适应于各种目的需要。

A. 假彩色摄影 假彩色片,另一个名称为红外彩色片,开始出现于第二次世界大战,是因侦察伪装而采用的一种胶片。从研制的初期,历时20年,在1960年初作为红外胶片得到改进,特别是为满足农、林业方面的需要,已提供给市场使用。这种胶片,在日本国内探测严重的大气污染而造成的植物受害方面,引起了很大的重视。

这种胶片与普通的彩色翻转片一样,都是由黄、品、青三层乳剂组成的,但是这三层乳剂对绿、红和红外(0.7—0.9微米)波段的感光特性是不一样的。实际上由于三层乳剂对蓝波段也分别都感光,所以在摄影时,需要采用黄色的滤光片把它处理掉。这样所拍摄的胶片经过显影处理,使绿色感光之后就变成蓝色;红色感光后,就变成绿色;使植物叶子反射的近红外波段感光之后就变成红的。与其天然的彩色相比,颜色全都变了,这就是假彩色的效果。

由于植物的叶子含有叶绿素,对近红外波段有强烈的反射,而在普通的全色胶片上不感光,但它却可以作为红波段图象形式被记录下来。

由于伪装而涂上的绿色涂料不含有叶绿素,所以,采用这种胶片就可以把不含有叶绿素的绿色物体记录成蓝色图象,而把含有叶绿素的绿色植物记录成红色的图象;这样,就很容易地把它区别开来。这种摄影,对植物的调查研究和应用方面已经作出了较大的成绩。但是,在地质调查与资源普查方面,迄今为止,尚未得到引人注意的成果。但在人造地球卫星上对地表面进行探测时,由于砍掉了短波波段,而获得了反差较好的图象。利用水对红外波段具有吸收的特点,可使水系与陆地的分界限很清晰地分辨出来,这对具有相同灰度的黑白片所不能分辨的植物来说,可获得较高的分辨率。

B. 二色彩色图象 从空中或水下,对水体进行摄影时,大气或水中所含有的微粒造成漫反射所出现的蓝光是不理想的,也是不必要的。在这类摄影中,使用普通的三层乳剂组成的三色胶片,用黄色滤光片来消除蓝光,这时对蓝光的乳剂不感光而出现黄色的效果,所得到的图象也是黄色的。由于使用滤光片,所以也降低了胶片的灵敏度。

从空中拍摄水中景物,和从水中拍摄水中景物的条件不一定相同,但有种种特点是相互有联系的。它们都要求:①由于光能量的原因,胶片的感光灵敏度,应尽量采用快速的;②由于蓝光的短波波段,被大气或水中漫反射而引起反差低劣的原因,要把这部分光限制在最少的范围内,而且水中的情况,常常可看成为蓝色以至绿色的,所以可采用无黄色的胶片。实际上,这是由于胶片的乳剂层所决定的。

根据密执安大学的多光谱扫描装置,对海洋领域摄影的结果表明,在0.55—0.58微米,0.62—0.68微米的绿、红波段的图象中,透过率最大,而且获得的图象反差也良好。

5.1.6 多光谱图象

由上可知,从近紫外到近红外区域内的每一个波段与地球上的物质相互作用,都是有差异的。如前所述,多光谱图象是利用几个不同的波段,同时对一个地区进行摄影而得到与各波段相对应的各种信息。现在通常采用的方法是在四个镜头的摄影机上,使用具有相应灵敏度的宽波段的胶片,在各个镜头上还装有相应的滤光片,可同时得到蓝、绿、红及近红外波段的黑白图象。

由此获得的蓝、绿、红三个波段的黑白照片,经过三色合成之后,合成的彩色图象能使被摄物体的天然彩色再现。而且,利用绿、红与近红外波段的黑白照片,还能合成假彩色图象。上述两种图象分别叫作真彩色合成图象或假彩色合成图象。最近把四个波段黑白照片合成之后,以彩色图象方式进行解译分析,已成为司空见惯的事情了。

另一种方式就是多台摄影机的方式,它是用4台或6台摄影机对一地区同时进行拍照。这种方式可采用不同种类和不同类型的胶片。“阿波罗”9号宇宙飞船就是采用4台摄影机而得到蓝、绿、红三个波段的黑白照片的;与此同时,另一台摄影机采用假彩色胶片摄影。如果是6台摄影机,除上述的4个波段外,还可增加紫外与普通彩色摄影。这些数据的应用与上面介绍的各种图象数据的应用,是一样的。

5.2 非摄影图象数据

被动式非摄影方式的遥感数据,有光学象面扫描式与目标物面扫描式的两种方式。前者基本上是采用镜头系统,可使被摄物体形成光学波长的图象,可做数据的实时传输及自动处理。除此之外,与摄影数据的性质几乎没有差别。

关于遥感方式的分类,仅就地球资源技术卫星1号所装载的4个波段同时扫描方式的装置,做一说明。该装置得到的图象数据在应用上,与4个镜头的多光谱图象的数据,基本相同。密执安大学的多光谱扫描装置是由12个波段组成的,后来又做出了24个波段的扫描装置。这个装置在一次飞行中,同时获得许多个波段的数据。将这些图象数据用来区分土壤、划分农作物的及其数据自动处理等,均由普杜大学与其它一些部门,在进行研究。也就是为了提高目标识别的效果与精度,不仅利用各波段的数据,而且还利用各波段之间相关数据的混合方法。对这些数据处理,往往需要使用电子计算机进行处理。

红外范围中8—14微米的窗口,往往只用于探测地表面在常温附近的温度分布为目的的单波段红外扫描装置。综上所述,红外扫描装置是目标物面扫描的先驱。以下再对红外图象,作一个稍微详细的叙述。

5.2.1 红外成象

如上所述,波长大约在1.4微米以内的是近红外区,而航空胶片的感光范围约在0.9微米以内。红外线光导管可探测的波长范围,最近已超出2微米扩大到2.6微米左右,然而实际上航空遥感可能应用的范围,大约在1.2微米左右,而比它长的波长范围,只能采用目标物面扫描装置,以图象的形式记录下来。为了区分红外照片,就将这些波长范围的图象,称之为红外成象。

大气中含有 CO_2 、 N_2O 、 H_2O 以及 O_3 等气体,在红外波段范围内分别显示出各种