

第

9

辑

· 农业遥感 ·

国外农业工程

中国农业工程学会 编
中国农业工程研究设计院

上海科学技术文献出版社

国外农业工程(第九辑)

农业遥感

中国农业工程学会 编
中国农业工程研究设计院

*

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路二号)

新华书店上海发行所发行
宜兴南漕印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 9.5 字数 235,000

1983年9月第1版 1983年9月第1次印刷

印数: 1—2,100

书号: 16192·23 定价: 1.19 元

《科技新书目》56-267



编 者 的 话

随着宇宙空间技术的发展,遥感技术有了很大进展。目前,遥感技术已在农业、林业、地质、水文、海洋、环境监视等 40 多个领域得到了广泛应用,并取得了很大收益。在这些应用领域中,农业是最大的用户之一。日本政府曾对遥感资料在日本国民经济各领域中应用的 2281 个实例(公开发表的)作了统计,其中大农业占了 50% 以上。

由于现代遥感技术为人们提供了最丰富的大自然的动态情报资料(图象和数据),而根据这些图象和数据,农业工作者可以用来进行农业资源、土地资源和土壤的调查;农业区划;农作物病虫害和其它农业灾害的探测、监视和预报;农作物的分类和估产;合理安排和管理农业生产;森林、牧场、草地火灾的监视;收集农业经济信息、研究植物的物候现象以及绘制各种农业专用图等。

美国在论证地球资源卫星方案时提供的资料为发射卫星方案时提供的资料、为发射卫星和设置地面接收设备,平均每年约需支付 2,000~5,000 万美元。而美国从卫星资料应用中所获得的经济收益,估计每年可达 14 亿美元,其中农业领域又是最大受益者之一。仅就以下 4 项计,农业领域每年约可获益 9.2 亿美元:

1. 减少洪水损失,约收益 3 亿美元;
2. 改进灌溉用水,约收益 2.8 亿美元;
3. 探测农作物的病虫害,约收益 2.3 亿美元;
4. 预估世界小麦产量,约收益 1.1 亿美元。

在土地利用规划和管理中,美国应用地球资源卫星,预期每年可获益 970~15,400 万美元,其中用于州一级的土地利用规划和编制土地利用图就收益 950~15,300 万美元。

从 1979 年 10 月 1 日起,美国又开始执行“AGRISTARS”计划。这个计划是通过遥感技术进行农业资源调查的一个联合计划,为期六年,年度预算 2,500 万美元。

“AGRISTARS”计划主要用地球资源卫星、气象卫星和宇宙飞船来获取遥感资料,并利用遥感资料解决地球上所面临的农业资源问题,主要解决以下四个方面的问题:

1. 农作物产量的预测预报;
2. 农作物长势的评价;
3. 林业、牧业资源清查;
4. 水土保持和大气污染。

我国的农业遥感刚刚开始,为了使我国农业遥感工作者了解国外农业遥感的动态和方法,中国农业工程研究设计院情报资料室组织编译了《农业遥感专辑》。

《农业遥感专辑》主要刊载国外有关遥感技术在农业中的应用的论文。由于受印刷条件限制,原文中的照片和彩色插图一般予以删节,敬请读者谅解。

中国农业工程研究设计院
农业遥感研究室
一九八二年

目 录

编者的话	
遥感概述	1
野外光谱测定	11
反射率参数的野外测定	26
有用资料的收集	31
遥感图象的模拟处理	45
植物生长环境遥感	53
遥感与植物损害: 探测和估测的理论	64
农业遥感	73
遥感资料在农业资源清查、评价和管理上的应用	81
光谱资料与谷物产量变化的关系	86
小麦的光谱反射特性的测定	96
水稻田的光谱辐射特性	105
草原遥感	119
衰老草原植被遥感	126
土壤遥感	131
根据陆地卫星资料编制土壤图	140
附录 遥感资料在农业应用中的收集和分析方法一览表	146

遥 感 概 述

松野久也

遥 感

遥感(Remote Sensing),可以简单地定义为“从远距离的地方观测地物或地物的现象”。当以地球表面及其周围环境作为对象时,一般是从飞机上或人造卫星上进行观测的,观测内容包括:

1. 空间分布;
2. 电磁波辐射能的强度;
3. 力场能的强度;
4. 关于空间分布、电磁波辐射能的强度及力场能强度的时间变化。

以上所说的力场能强度变化的观测是指重力和磁力等的观测,是地球物理探测技术的发展,狭义地来说并不包括在遥感技术中。

近年来正在得到迅速发展的是电磁波辐射能强度的观测,并且由此能从影象和地图形式得到资料,即同时能得到辐射能强度及其它空间分布的情报资料。

遥感的发展

航空遥感

从1903年美国的莱特兄弟发明飞机后仅11年,即1913年,摄影机安置在飞机上,以地球资源遥感为目的,进行资源调查。它是以获得绘制利比亚 Bengashi 油田地质图的基本图——嵌镶象片为目的的航空摄影。过去,航空摄影在地图编制的应用领域中得到了很快发展,完成了航空摄影测量技术体系。现在,成了地形测量的最基本方法。

与此同时,虽然速度慢,但能对地球表面地物同时进行判读及其内容的评价,特别是以掌握地理分布关系及其变迁为目的的象片影象进行的技术领域也发展起来了。在各种地球表面的知识技术领域,象片判读技术(photo-interpretation)被广泛应用。以地质、矿物资源为对象的象片地质判读技术,也是从利比亚 Bengashi 油田地质图的编制开始的,从而发展了所谓摄影地质学(photogeology)的技术体系。另外,用于森林的树种以及材积调查的森林判读技术,现在已经发展到对植物的生态调查和大气污染调查等的摄影森林学(photo-forestry)。此外,目前在地理、土壤、水文、冰雪、城市、大气和水污染等地球表面的技术领域都需要应用航空摄影。

以上这些意味着航空摄影是遥感技术中的一种。特别是从二次大战开始到战后,随着红外胶片、天然彩色胶片、假彩色胶片、两色彩色胶片等不同种类、不同类型的胶片的研制,航空摄影的应用领域更加扩大,得到新的发展。

另外,航空摄影机、电视摄像机、对物体表面进行扫描而获得影象的装置、航空侧视雷达等仪器得到了很大发展,这就使得能够记录影象的波长范围从近紫外线扩大到远红外线,进而扩大到了微波波域。

航天遥感

如上所述,遥感技术作为国际性课题被提出的背景,一方面是宇宙的开发,另一方面则是人类所面临的资源问题和环境保护问题。从1957年10月14日苏联发射第一颗地球人造卫星开始,到10年后阿波罗11号运载3名宇航员登上月球,在宇宙开发上,由于苏美两国激烈竞争得到很快的发展。在这期间,他们发射了很多科学技术卫星、军事侦察卫星,在此基础上,还发射了气象卫星、通讯卫星、测地卫星等。从此卫星开始进入了为人类服务的阶段。

在这期间,由于1960年4月开始进入实用阶段的气象卫星,反复观测全球表面,并及时获得观测资料(影象),这样对全球表面的云的分布及时间变化的观测成为可能。这种气象卫星从1960年11月就装载有红外线装置,这样不仅能在夜间对云的分布进行观测,而且也能对地球表面的云顶的温度分布进行观测。另外,在1958年10月到1963年5月的水星计划(即美国初期载人宇宙飞船计划)和1964年4月到1966年11月的运载两名宇航员的双子星座计划(即美国月球飞船计划)的过程中,宇航员从地球轨道上用手持摄影机摄取了很多地球表面的象片。这种从宇宙空间的观测方式对整个地球表面的观测,既科学又经济,具有其它方式所不能相比的优点。特别是在双子星座计划中的几个卫星上,使用了38、80和250毫米等各种不同焦距的镜头和70毫米的彩色胶片摄取了数千张地球表面的象片,这些象片虽然已经陈旧,但仍然获得很高的评价。于是,1966年9月,美国内务部长 S. Udell 批准了地球资源观测卫星 EROS 计划。

地球资源观测卫星 EROS 的观测系统的研制是在阿波罗计划中进行的。与此同时,在 ERS(Earth Resources Survey,即地球资源卫星)计划中,对飞机观测装置和观测系统进行了研制。特别是对宇宙空间观测进行了应用研究。1968年,美国宇航局提出了现在发射的地球资源技术卫星 ERTS 和所装载的观测装置的说明书,使 EROS 计划迈出了具体的第一步。

1966年12月,为了对通讯卫星、气象卫星、科学卫星的研制进行必要的新的技术实验,发射了 ATS(应用实验卫星),这就能更好地从静止的轨道进行气象和地球表面的观测。目前作为实用卫星,将5个静止气象卫星分布在赤道南北纬度 60° 的范围,在国际协作下每30分钟对整个地球表面进行一次观测。

1973年阿波罗计划之一的天空实验室(Skylab)计划,就使用遥感方法进行了地球资源调查的应用研究。

以上所讲的航天遥感可以分为以下三种基本方式:

1. 低高空(150~200公里)、短寿命(1~3周)的卫星方式;
2. 中高空(350~1,500公里)、长寿命(1年以上)的地球同步卫星*方式;
3. 静止轨道(35,800公里)卫星方式。

这三种方式有不同的特点。如中高空、长寿命卫星方式具有对整个地球表面在一定周期、同一地方、同一时间、同一地域进行反复观测的优点。目前,气象卫星和地球资源技术卫

*原文为太阳同步卫星,似应为地球同步卫星。——编者

星等基本上都用于对地球表面的观测。今后准备使用的卫星大部分也属于这种。

遥感方式的分类

关于遥感方式的分类,从不同的角度有不同的分类。比如,根据观测波长范围来分类;根据其对象领域来分类;从装置所获得影象的方式来分类以及根据遥感装置的工作平台来分类等,差距很大。这里,作者就观测电磁波辐射能强度的狭义的遥感方式,从观测资料获得方式和观测波长范围两个方面进行分类,其分类方式如图1所示。

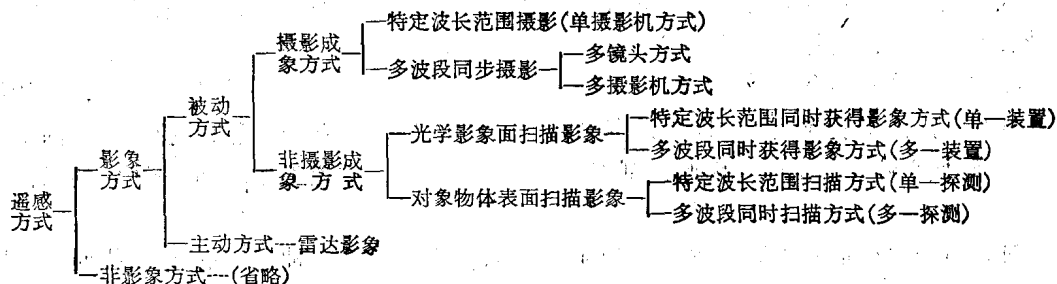


图1 遥感方式的分类

遥感方式从大的方面来区分,可分为影象方式和非影象方式。影象方式是用影象的浓淡来表示对象物体表面反射或辐射的电磁波能强度的分布。而非影象方式则是装载在飞机上的装置沿着航线连续或不连续地测定辐射能强度的一种方式。因为影象方式可以进行面的观测,所以其观测值是个相对值。为了求出其绝对值,必须以非影象方式的测定值或在地面上的测定值作为基准。下面仅叙述影象方式。

影象方式和非影象方式又可区分为被动方式和主动方式,即观测自然的辐射能的方式和人工发射能量、传输信号、观测其反射能的强度的方式。被动的影象方式又分为摄影成象(或简称为摄影)方式和非摄影成象方式。摄影成象方式是以航空摄影为代表,它是世界上广泛使用的最原始的遥感技术。譬如,摄影测量可以说是获得关于地球表面几何信息的遥感技术。航空摄影测量和与其相关联的技术在地形测量中应用很广,并能加速地形图的编制。利用航空象片进行观测,除了以上所述获得有关地球表面几何信息外,还能对各波长范围的可见光线和近红外线反射能强度进行观测。随后又发展到只使用一台摄影机,根据胶片和滤色镜的组合,对一定波长范围的反射能进行记录的特定波段摄影,以及对同一地区用不同波段进行摄影,而得到不同波段的几张象片的多波段摄影。多波段摄影有使用多镜头的摄影机方式和使用几台摄影机的多摄影机方式。摄影机所记录的波长范围是以可见光为中心,从近紫外线到近红外线之间的波长范围。多镜头摄影机方式最多使用了9个镜头。目前,常用的基本方式是使用安置有4个镜头的摄影机,同时得到蓝、绿、红和近红外4个波段的象片的摄影方式。最近研制出的影象合成观测装置,是从这4个波段的黑白象片中选出3种:蓝、绿、红或绿、红、近红外波段的象片进行彩色合成可以得到彩色影象或假彩色影象(红外彩色影象)。

非摄影成象方式有光学影象面扫描和对物体表面扫描两种。这种方式是以以下目的而研制的:

1. 影象资料的即时传送;
2. 波长范围大;
3. 资料的自动处理。

即由摄影成象方式所得到的影象胶片,必须对它进行回收并进行摄影处理。另外,摄影成象的资料处理非常麻烦。而光学影象面扫描是用电视来传送影象的方式。这样影象的信息不仅能传送到很远的地方,而且也能在阴极射线管显示出来。因此,对由于时间而变化的现象能进行实时处理、观测。另外,信号都是记录在录象磁带上,能使影象随时再现,这样就很容易对资料进行自动处理。用光学影象面扫描方式所能观测的波长范围基本上与摄影成象方式相同。为了用这种方法得到多波段的影象需要使用几台电视摄像管摄影机。目前,对地球表面进行观测的地球资源技术卫星装载有3台反光束光导摄像管摄影机,这3台摄影机观测的波段分别为0.475~0.575、0.580~0.680和0.690~0.830微米。但是,在1972年8月6日,由于装载在第一颗地球资源技术卫星上的反光束光导摄像管摄影机中的电路发生故障,使它停止了工作。因此只剩下了对物体表面扫描装置工作,下面论述它的工作情况。

对物体表面扫描方式又叫做光-机械扫描方式。它是这样一种光学系,即扫描回转镜以一定的视域对物体表面进行扫描,这种回转扫描镜把感受到的电磁波聚焦在探测器上,并且把它转换成可见的影象。红外线影象装置就是其中一种,这种装置是由回转扫描镜所感受的红外线辐射能,通过一套抛物面反射镜的光学系,在红外线探测器上聚焦。这种红外线辐射能通过探测器变换为电信号,再把所得到的信号进行辉度变调,在扫描的同时将其影象记录在胶片上,或者将其影象记录在阴极射线管上,将象片影象先固定下来。影象信号最后记录在录象磁带上,这样除了能随时将其影象再现之外,还能将其影象进行远距离传送。使用这种对物体表面扫描方式,在装置机构完全一致时,只要把相对于观测波长范围的探测器加以变换,就能得到紫外线影象、可见光影象、红外线波长域的影象等。

除了以特定的波长域为对象的对物体表面扫描影象装置外,还有多波段同步扫描方式的装置。这种装置是把由回转扫描镜所感受的电磁波通过棱镜和光栅等分光器进行分光,然后再通过与各个波段相对应的探测器,同时取出电信号,把它们分别记录在录象磁带上。密执安大学研制的M-7扫描装置把0.32~14微米的波长域分割为12级,能够同时获得12个通道的影象资料。另外,把从近紫外线到近红外线之间的波长域分割为10级,得到10个通道的影象资料的装置,现在已在市场上出售。在这种装置中,加上了观测8~14微米远红外线的通道。在第一颗地球资源技术卫星(ERTS-A)上,装载着一台具有4个通道(0.5~0.6、0.6~0.7、0.7~0.8和0.8~1.1微米)的多波段同步扫描方式的装置,它把一个接一个的影象传送到地面接收站。而在第三颗地球资源技术卫星(ERTS-C)上按预先设计加了一个第八通道,即10.4~12.6微米的远红外线的通道。

被动方式除了以上所述之外,还有被动的微波影象。微波影象是从微波辐射计(用来进行电磁波天文星和星云的研究的)发展而来的。美国现在正在使用非影象方式的微波辐射计,从空中对地球表面进行物体温度测定的实验。

最后论述主动方式。在这种方式中包括各种影象雷达。雷达是使用天线进行微波接收和发射的,它是测定被测物体的距离和方向的装置。因此,雷达是极其重要的一种遥感方式。作为航空遥感,特别是用来对地球表面广阔区域的观测得到高度评价的还有侧视航空

雷达 SLAR (Side Looking Airborne Radar)。

侧视航空雷达从装载在飞机上的天线发射微波信号(这种天线具有与飞机的飞行方向成直角的指向性,微波信号是以扇形向斜下方发射的),然后把从地球表面反射回来的信号进行影象记录。这种方式,从另一个角度来说作为非摄影成象方式来分类,或作为反射波影象方式来分类,即发射和接收反复交错进行。随着飞机向前飞行,沿着航线对一定范围的区域进行探测。地表面反射的微波反射可以由振幅与时间的相互关系而得到。使用阴极管对它进行辉度变调,以飞机的对地速度卷动胶片并同时使胶片依次地定向进行记录。根据这种装置的设计与飞机的飞行高度,能把微波波到达的范围从飞机的直下侧方的一公里扩大到一百公里。这种装置能够得到水平方向和垂直方向偏振(polarization)的两种不同的影象资料。

目前,美国有三个公司正在使用 SLAR 侧视航空雷达进行的商业基地的观测,使用了波长 0.86 厘米(Ka 波段)和 3 厘米(X 波段)的波长。这种波长范围的微波由于不受云和雨的影响,所以只要飞机起航就可以进行观测,因此这种方式也可称为全天候型遥感方式。另外,侧视航空雷达由于使用的是人工能源,所以在夜间也可以进行观测。

目前,遥感技术正在日新月异地发展,在应用方面都在不断地研究出新的方法。

遥感资料的应用

如上所述,遥感资料是由摄影或非摄影成象而得到的,因此这种资料包含有地表物体的几何信息和每一波段辐射特性的信息。电磁波从物体表面的辐射是由其电磁波的波长(周波数)、物体表面的化学组成及物理条件来决定的,因此要通过对从地表物体表面辐射的电磁波的特定波长范围进行记录、观测,得到与波长范围相对应的特定信息。这些几何信息和与辐射特性有关的信息是混合在一起同时获得的。狭义地说,这就是影象表示型遥感方式的特征。在此,对两种信息之间相对差异的认识与观测情况没有再论述的必要。

根据遥感方式而获得的各波段资料,从紫外线直到微波波域,具有大量的信息。即使是在一个波段的象片影象中,所包含的信息也是非常多的。另外,通过反复观测能得到有关被观测物体和被观测现象的时间变化的情报。其应用范围包括了以地球表面为对象的所有科学技术的所有领域。关于它的详细情况,在后面的章节里还要进行专门的论述,因此在这里主要是以地球科学领域为中心,对各波段资料的应用进行概述。

摄影成象的资料

用摄影成象方式所记录的波长范围是以可见光为中心,包括从近紫外线波长域到近红外线波长域的非常狭小的范围。其中可见光线与近红外线摄影已进行了很好的研究。

航空摄影在航空摄影测量和象片判读中的应用已经有很长的历史了,并且已成为一个比较成熟的技术体系。而近代遥感技术的发展正在促进航空摄影和与航空摄影有关的技术的新发展。

紫外线摄影 这个波长范围的摄影记录在遥感中的应用,与其它波长范围在遥感中的应用相比是非常落后的。目前,所能见到它的实际应用是在比 0.4 微米还要短的波长范围,即在紫外线中,碳酸盐岩石比其它岩石反射要强。另外,浮在水面上的油比其周围的水反射要强。这就告诉我们某种油污染是能够识别的。因此我们认为,紫外线摄影可以在碳酸盐

岩石分布的探测、油的勘查或油污染监视等方面加以应用,并在这方面进一步进行研究。这种波长的辐射从空中能够探测的界限,大约是2,000米。因此,这种紫外线摄影对于高空的遥感是没有用的。

普通摄影 如前所述,航空摄影之遥感(即航空遥感),通常是从两个方面来进行的。换句话说,有利用几何信息的差异、形态和象片影象浓度的差异两种方法。这两种方法并不是各不相干的,而是相互配合补充的。第一种方法是根据大约具有60%重复的连续摄影的航空象片来观测地面物体的立体模型,通过对地物的形状、大小进行比较和量测来进行地物的判读。然后,根据这些地物的不同位置和分布关系进行测量制图。在地质判读时,根据对地形起伏和地形特征的观测来区别岩石和地层的性质、地层的不同类型及其各自的分布情况。换句话说,是对地质构造进行测量制图的方法。这是根据地形学的根本原理来反映地表面的地形起伏和形状、岩石、地层的性质与类型以及动态地质学的作用等。后者是从地球表面的物质与可见光范围内的电磁波的相互作用的方向来研究的。即区分地球表面物质(岩石、土壤等)的方法是根据它们在不同波段所具有的反射率的差异(在象片上是以影象浓度差别来反映的)来区别岩石、地层的种类、形状、地表条件等。用各种密度计进行象片影象的浓度差的定量分析。可是,地球表面的倾斜的缓急在其方向上具有不同的差异,因此仅仅使用密度计来进行测定是不够的。这种方法在日本高温多湿的表层覆被和植物覆被较厚的地区应用,效果非常不好。

红外摄影 红外胶片是除了卤化银固有的分光感光度外,在比0.7微米长的波长范围具有极大的感光度的一种增感胶片的总称。用这种胶片所能记录的波长范围最大可达1.4微米。在这波长域,用摄影机摄取的影象属红外波段,根据这一点,把这个范围称之为近红外线或摄影红外线。

这种波长范围的电磁波所具有的最大特征之一是它不受雾、气、烟以及其它大气中细微粒子的影响,因此它能透过很厚的大气层得到清晰的摄影影象,在高温和高湿度的热带地区进行红外摄影是有效的。此外,从宇宙空间对地球表面进行摄影也是非常有效的。

另一个特征是这种波长范围(实际上是0.7~0.9微米之间)的红外线在水的表面到水下数厘米之间几乎完全被吸收。因此,在红外象片上水域呈暗黑色。利用这种特性,红外胶片在沿岸的水路测量和最低潮位线的测图用的航空象片摄影中得到广泛的应用。另外,在防止灾害和灾害调查、在低湿地区识别洪水、掌握被害地区等方面,已经证明红外摄影是非常有效的。在地质调查方面,期望在作为判读地质构造的重要手段之一的水系识别和制图方面得到良好的效果。

生长茂盛的植物叶片对近红外线具有非常强的反射特性,并且随着植物的种类、生育情况、季节等不同,其反射率也不同。这在可见光范围中也能看到很大的变化。通过这些植物叶子对红外线的“夸大”记录,就可以把植物覆被同其它被摄物体区别开。

彩色摄影 最近随着彩色摄影的发展,不同种类和不同类型航空摄影所使用的彩色胶片也非常容易购买到,因此在不同的判读领域中得到了广泛应用。这是因为彩色象片具有最好的判读效果,普通的黑白象片是用灰色的浓淡来表示被摄物体颜色的不同与明暗,而彩色像片则将自然界的一切颜色、明暗以及浓淡原原本本地呈现出来;因此对于被摄物体的识别非常容易,并且彩色象片所包含的信息也比黑白象片所包含的信息要多得多。

不久,业余摄影爱好者能普及彩色摄影。同样以判读为目的的彩色象片将更加普遍地

被使用。但是,与黑白摄影相比,彩色摄影的价格要昂贵得多。因此,必须根据所需摄影地区的条件和目的,十分慎重地使用彩色摄影。只有这样才能在矿物资源勘探和石油的探查等方面获得经济效益。

在已经有正确地图而又需要调查的区域,只是以判读为目的而又特别需要进行反复调查时,因考虑到经费开支,可使用70毫米彩色胶片进行摄影,然后再进行彩色放大。使用38毫米或40毫米焦距透镜的摄影机进行摄影,经放大后可得到放大4倍的彩色象片。使用焦距为150毫米的航空摄影机摄取23×23厘米象幅的航空象片,可以得到与标准象片的空中摄影具有大致相等的诸要素的象片。

彩色胶片具有三层感光度极大的蓝、绿、红三波长范围的乳剂层,因此它又能叫做三通道的遥感。例如,对以海域或湖水为对象所摄取的彩色胶片进行分析,海域或湖水能在不同波长范围的蓝、绿、红三层乳剂层上得到相应的信息,即在红波段只是提供表层部的信息,然后绿、蓝波段提供深部的信息。这里,波长较短的可见光在水中的透过率大,但由于大气中或水中微粒的干扰波长较短的光容易发生散射。对于在水中摄影水或从空中摄影水,需要去掉感受蓝光部分,为此研制出感光乳剂层具有高感光度的两色彩色胶片并已提供使用。关于两色彩色胶片将在下面予以论述。

伪彩色摄影 尽可能使被摄物体的颜色忠实再现的摄影称谓彩色摄影或天然彩色摄影。但对于特定的被摄物体,在色彩上需要加以强调或突出,或者为了提高其判读效果,采用偏离被摄物体的原色的彩色摄影,这种彩色摄影的总称是伪彩色摄影(deviated color photograph)。这种摄影包含使用滤色镜滤掉某一波段对普通彩色胶片进行摄影的方法,和有意将其曝光时间缩短或延长而进行摄影的方法。为了与使用目的相适应,已研制出特殊的胶片。

A. 假彩色摄影 假彩色摄影来源于红外彩色摄影这一名称,它是在第二次世界大战中研制出来的。开始是用来对伪装物的探测。从研制到现在约经过了20年,1960年初红外彩色胶片得到了改进,特别是为了满足林业和农业的需要而在市场上公开出售。这种胶片在日本由于用来探测因大气污染引起的植物被害而轰动一时。

这种胶片与普通的反转彩色片一样具有黄、品红、青三色形成的三层乳剂层。但是,这三层感光乳剂层不同之点是在绿、红和近红外(0.7~0.9微米)范围具有感光特性。实际上,这三层感光乳剂层由于每一层都感受蓝波长范围的光,所以在摄影时,往往在镜头前加上一个黄色滤色镜来吸收蓝波长范围的光。这样一来,被摄影的胶片经过摄影处理后,感受绿光部分呈蓝色,感受近红外线部分呈绿色,感受从植物叶片反射的红外线部分呈红色,从而使原来的彩色胶片的每一层都具有了伪彩色的效果。

植物的叶片具有很强的近红外线反射,这是由于叶片内含有叶绿素的缘故。普通的全色胶片是不能感受红外反射的,而在红外彩色片上却作为红色的影象而呈现。

由上述可知,这种红外彩色摄影对于为伪装而涂上绿色涂料是很容易区别的。因为涂上的绿色涂料不含有叶绿素,所以在红外彩色片上呈现出蓝色的影象,而植物的绿色体在红外彩色片上却呈现出红色的影象。这种摄影在植物的调查和研究上,过去已取得了一定成绩,今后仍期待取得更大进展。但是,人造卫星对地球表面探测时,除去了较短波长,得到了反差良好的象片外,由于红外线被水吸收,在红外彩色片上,可以非常清楚地识别水域与陆地的界线。另外,在黑白象片上以相同的灰色调记录,使得与其它被摄物体难以区别的植物

覆被,在红外彩色片上却可以很容易地加以识别。在实际应用中,红外彩色片的这些特性得到了很高的评价。

B. 两色彩色摄影 两色彩色摄影又叫做蓝色不灵敏彩色摄影 (blue insensitive color photograph)。从空中向水中或从水中向水中的物体进行摄影时,由于包含在大气中或水中的微粒散射蓝光波长范围的光线,这对摄影是很不利的。在这种情况下,如果仍使用普通三层乳剂的彩色胶片进行摄影,则需要使用黄色滤色镜将蓝光波长范围的光线滤掉。这时,感受蓝光波段的乳剂在未感光前就形成黄色,因此所得到的象片呈黄色。另外,由于使用了滤色镜,胶片的有效感光度降低了。

从空中向水中摄影与从水中向水中摄影,虽然两者所必须的条件是不同的,但却具有各种相关关系。第一,从光量的关系来看,只需要胶片的感光度高;第二,大气中或水中的散射使得反差降低,因此期望把短波长范围即蓝色部分的光线限制在最小的限度内。另外水中的景色一般看到的是蓝色至绿色,因此使用没有黄色演色性的胶片是理想的。具有某种程度的演色性,实际上是从具有感受胶片中绿和红的乳剂层产生的。

从密执安大学研制的多波段同步扫描装置所获得的海域的图象结果来看,在绿和红波长范围的 0.55~0.58 微米、0.62~0.68 微米的影象上,得到最大的透过率,并得到了反差的影象。

两色彩色胶片是根据美国海军海洋研究所的要求而研制的,其应用目的是进行沿海浅海域的海底调查。透过海水对海底进行摄影虽然受各种因素的影响,但主要是受海水的透明度和水深的影响。

多波段同步摄影 根据上面所述,我们知道,从近紫外线到近红外线波长范围里,地球表面的物质及其相互作用,在各个不同的波段中都具有差异。前面已经谈到多波段同步摄影是使用几个不同的波段对同一地区同时进行摄影,同时得到各个不同波段各自所特有的信息。目前,一般是使用有 4 个镜头的多镜头摄影机和在大范围的波长域中具有同一感光度的胶片,并在每个镜头前装上相应的滤色镜,同时拍摄蓝、绿、红和近红外波段的黑白象片方法。

使用这种方法得到的蓝、绿、红和近红外 4 个波段的黑白象片,从中把蓝、绿、红三波段进行三色彩色合成,使被摄物体的颜色再现,从而得到与摄影时被摄物体同样色彩的象片影象。另外,用绿、红、近红外三波段进行三色彩色合成,得到了假彩色合成象片影象。这些合成的彩色象片分别叫做真彩色合成象片和假彩色合成象片。目前,一般都是使用由彩色影像合成的简单的观测装置来对蓝、绿、红和红外 4 个波段(实际是其中的 3 个波段)的黑白象片(透明正片)进行彩色合成的。

多摄影机方式是使用 4 个或 6 个摄影机,对同一地物进行同步摄影。这种方式可以使用各种不同种类或各种不同类型的胶片。阿波罗 9 号是使用 4 个摄影机进行摄影的,其中 3 个摄影机所得到的资料是蓝、绿和红 3 个波段的黑白象片,而另一个摄影机是装上假彩色胶片来进行摄影的。用 6 个摄影机摄影时,除了上述情况外,还要加上紫外线摄影和普通的彩色摄影。

非摄影成象方式

由被动的非摄影成象方式所得到的遥感资料,有光学影象面扫描影象和对物体表面扫描影象两种。两者之中,光学影象面扫描影象资料是以能使用光学透镜系统形成被摄物体

的光学影像的波段为对象的。其应用方面,除了资料信息即时传送和资料的自动处理这两点外,摄影影像资料与对物体表面扫描影像资料几乎是没有什么差别的。

在遥感方式的分类一节中,已经论述过关于 ERTS 中 4 个通道多波段同步扫描方式的装置的安装。使用这种装置获得的影像资料与使用装有 4 个镜头的多波段同步摄影方式所获得的资料几乎没有差异。密执安大学研制的多波段同步扫描装置具有 12 个通道。24 个通道的装置正在研制之中。这种装置试图飞行一圈能一次获得最大波长域的资料。普顿大学等单位正利用这些影像资料研究土壤分类、农作物分类以及资料自动处理等问题。即除了各个通道本身之外,还通过对各通道之间的相关的几种资料进行组合,来提高对目标物的识别效果和精度。为此,就必须使用电子计算机来进行资料处理。

在第三颗陆地卫星中的第八通道(10.4~12.6 微米)或在密执安大学研制的 M-7 扫描装置以及几种装在飞机上用的多波段同步扫描装置上增加的 8~14 微米通道,目的是为了对温度分布进行观测。因此,它的作用和其它通道不一样。

远红外线波段中 8~14 微米波段多用于单通道的红外线扫描影像装置的观测,其目的只是为了对地表物体表面常温附近的温度分布进行观测。如上所述,物体表面扫描影像装置是由红外线扫描影像装置发展而来的。

红外线影像 如上所述,近红外线的波长大约到 1.4 微米,而航空摄影胶片的感光度大约到 0.9 微米。使用光导摄像管进行观测的波长范围虽然到目前为止已扩大到 2~2.6 微米,但实际上航空遥感可以应用的范围却只能到 1.2 微米。比这种波长长的波段,只能通过扫描装置所获得的影像进行记录,因此,为了与红外摄影加以区别,把这种波段的影像称之为红外线影像。

大气中的 CO_2 、 N_2O 、 H_2O 和 O_3 等气体在红外线范围中表示出各种不同特性的吸收光谱,这种波长范围是不能透过大气层的。因此,从空中能透过大气层对地球表面进行探测记录的辐射波段有: 0.7~1.35、1.35~1.8、2.0~2.4、3.5~4.1、4.5~5.5、8~14、16~21 和 750~1,000 微米。这些波段都称之为大气层中的红外“窗”。

红外遥感在地球资源环境调查和监视方面的应用的显著成绩,是利用中红外线到远红外线的一部分(到 14 微米)来进行温度测定和地球表面温度分布的观测。所使用的观测装置有红外辐射温度计和影像型红外辐射计(通常称为红外线扫描装置——infrared line scanner)。红外辐射温度计属于非接触型温度计,它用于从空中进行地表物体表面温度的测定,而影像型红外辐射计则是安置有光学-机械扫描装置的红外线辐射计,它用影像的形式表示地物表面的温度分布。

红外线装置所进行的温度观测是以 Stefan-Boltzmann 法则为基础的,〔Stefan-Boltzmann 法则是“绝对温度 0°K (-273.16°C) 以上的物体所辐射的红外线能量 (W) 是与整个物体表面温度 T 的 4 次方 (T^4) 以及其辐射率 (ϵ) 成正比的。”〕因此要根据 Wien 偏位法则来选择波长范围。〔Wien 偏位法则是“表示最大辐射的波长 (λ_m) 与黑体的绝对温度 (T) 的乘积是一个常数值 K ($K=2,897$ 微米度)。”〕

例如,炽热的熔岩 ($1,200^\circ\text{C}$), $\lambda_m=2897/(1,200+273)=1.98$ 微米或 2 微米,在中红外线波长范围具有辐射峰值。常温附近(约 30°C)的物体表面 $\lambda_m=2,897/30+273=9.56$ 微米或 10 微米,在远红外波长范围具有辐射峰值。由上述可知,在一般环境内的温度观测,使用非常广泛的是 8~14 微米这个红外“窗”。

使用红外线扫描装置所得到的影象,是一种表示温度的影象,其影象的浓淡是与温度的分布相对应的(严格地说,是与红外线辐射能的相对强度相对应的)。也就是说,地球上的物质不是完全的黑体,其辐射率(ϵ)是在1.0以下,因此必须考虑到由于物质、波长范围产生的变化。对于象水面那样均匀的物质,能得到非常真实的温度分布的影象,如果不是那么严格的话,可以把这种影象看作是地球表面温度的影象。根据这种方式所得到的影象能迅速地地球表面的温度分布进行反复观测。正是由于这一点,其利用范围正在加速扩大。另外,在夜间,地球表面的温度达到平衡,这时根据物质的辐射率的差异来识别地物,并将其分布进行制图是非常有利的。红外线扫描装置是由被动式雷达而发展起来的。

侧视航空雷达(SLAR)影象 侧视航空雷达(SLAR)影象如上面所述,虽然是作为主动方式分类的,但从另一方面来分类也可叫做非摄影成象方式。影象雷达有各种不同的型式。从空中对地球表面的调查,特别是地质调查认为侧视航空雷达影象最有效。除了军事目的以外,SLAR最初的应用是美国空军1967年在巴拿马共和国 Darien 地区的测量制图。通过一年的时间,对于由于雪层覆盖而不可能进行航空摄影与测量制图的地区,开始使用了新方法。

1970年由 Webeingnause 公司和 Autometivic 公司合作使用 K 波段(波长 0.86 厘米)的装置(安置在 Do-6 上使用)对印度尼西亚、新几内亚和澳大利亚数千平方英里的地区进行了探测。1971 年使用 Goodyeay 102 (X 波段,波长 3 厘米)雷达完成了测量制图。使用 LASA 公司和 Aero Serrice 公司研制的 Carareile 喷气式飞机对拉丁美洲几个国家进行了测量制图。在进行这种测量制图时,飞机的时速为 400 英里,一个象幅包括 20 英里,每一飞行时间覆盖(探测) 8,000 平方英里的面积。相当于上面所述的巴拿马共和国 Darien 地区那么大的地区只需 4 个小时就能完成。

侧视航空雷达在地图编制和地质调查方面的应用效果,除了能在短时间内对上述大范围地区进行探测之外,在某种程度上能透过植物覆被和地表层覆被而得到地下情报信息。对于在地形、地貌中所出现的地质构造,采取与地质构造相平行的飞行方向飞行,由于阴影的效果,这种地质构造能突出表现出来。因此,对热带原始森林下的地质构造的测量制图,使用其它方法是无法得到的,而侧视航空雷达影象却显示了它的威力。侧视航空雷达与航空摄影不同,优点是:侧视航空雷达能得到大区域的连续影象,因此就很容易掌握水中孤泉、岩礁等的相对位置或地质构造之间的相关关系。

侧视航空雷达影象的地质判读,从本质上来说是与航空象片一样的。在侧视航空雷达影象中,由于得到的影象具有 60% 的重迭度,因此也可以进行立体观测,这样不仅减轻了劳动力(因为从航空摄影所获得的零星资料中进行情报资料的汇编需要花费大量的劳动力),而且能得到透过云、雨和植物覆被以及某种程度穿过地表层覆被的情报,所以在判读上所需要的劳力就大大减少。

邹磊节译自《Remote Sensing》, p. 39~58

王黎杰校

野外光谱测定

江森康文 安田嘉纯

摘要 在遥感技术中,为了更精确地判读多光谱图象,掌握地面上各种不同物体的光谱辐射特性是十分重要的。本文在说明影响地面物体反射能的各种主要因素的同时,还概要地论述了测定地面光谱所必需的光谱辐射计的测定原理和应用实例。

序 言

用红外彩色象片能预先测定植物的病虫害,这是人们早已知道的。与彩色象片一样,多光谱象片或多光谱扫描图象的资料对测定各种植物生长、土壤和水文等光谱非常有效。这一点,很多文章都已经详细地作了论述,如果现在能进一步对树木病虫害的发展情况和树种进行探测,那么包含这些图象的遥感资料在这方面的应用效果就更为突出了。另外,要是掌握了地面上这些物体的光谱反射特性随时间和季节有哪些变化,以及这些变化又怎样透过大气层被观测到,那么用遥感来进行判读和分析,其效果就更为明显。

虽然遥感技术已引进日本几年,但几乎没有发表过在林木和植物生长方面的应用试验论文。其原因很多,例如多光谱摄影机不易购置和飞机的飞行受到限制等。

本文主要对植物生长、土壤、不同林木的生长现状进行简述,同时还要论述野外的光谱测定。因为野外光谱测定对遥感技术在农业、土壤和水文方面的应用是关键的关键,所以,还要对野外光谱测定所必需的光谱辐射计和测定结果的应用加以说明。

野外光谱反射率测定的必要性

为了使用遥感技术来达到预定的目的,掌握目标地物对电磁波具有什么样的反应是非常重要的。一般来说,遥感利用了电磁波的四个特性:

1. 光谱特性 就可见光来说,它是相当于物体颜色的波长,所以又称为波长特性。
2. 空间特性 相当于物体的形状、大小和细部结构。
3. 偏振光特性 在物体表面,电磁波入射和反射时所产生的偏振光面的变化。
4. 时间特性 相当于物体移动等等在短时间内的变化以及在以小时、天、月、季节为单位的长时期内的变化。

以往,使用航空摄影进行侦察和测量,主要是利用电磁波的空间特性和时间特性。而现代遥感技术则可以说是再加上电磁波的光谱特性来进行物体的判读的技术。因此,首先掌握林木、土壤或环境等反射什么样的电磁波、反射率及其相互关系是非常重要的。其次,掌握这些相互关系对光谱特性带来什么样的影响也是非常必要的。例如,充分掌握由于病虫

害而引起的植物光谱反射特性的变化或由于含水量不同的土壤光谱反射特性的变化规律等,都是非常重要的。然而,要掌握这些变化规律是非常困难的,其中包含许多复杂因素。

下面就以植物的叶片为例加以说明。

叶片的光谱、空间的光谱反射特性

图1表示在实验室里对棉花、西红柿、桔子、玉米的一片绿叶用普通分光光度计测定的光谱反射率。这里把MgO标准白板的反射率定为100%。这些植物的叶片在波长为0.55微米附近具有最大值,并都呈绿色。在0.68微米附近的吸收是由于包含在叶片中的叶绿素的吸收所引起的。在0.7~1.4微米和1.50~1.90微米的近红外部分具有最大的反射。由图1可以知道,这些不同类型的植物叶片是作为在可见光波域的绿色部分和近红外波域的光谱反射率的差异而呈现出来的。

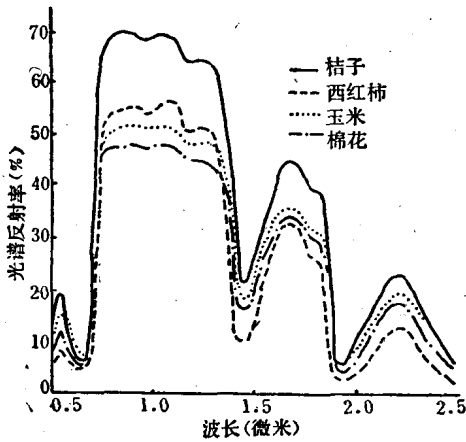


图1 西红柿、桔子、玉米、棉花的光谱反射率

图2是同一种植物的叶片在成长期和不同季节中光谱反射率变化的例子。从图中可以看出,在0.55微米处的最大值的变动大,以一个星期为单位进行变动,并且叶绿素的吸收也发生变化。近红外波域的反射率在植物的发芽期最高,随着植物的生长一度下降之后,光谱反射率保持一定的值。5~10月间,在可见光波长域和近红外波长域的光谱反射值基本上是一定的,而到了落叶期,0.7~0.8微米波长域的光谱反射值变大,几乎看不出叶绿素的吸收。

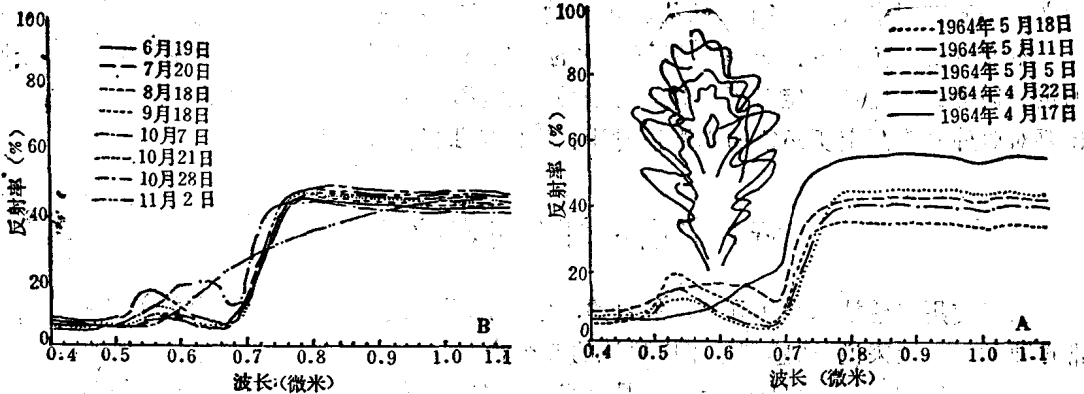


图2 随季节变化的白橡树叶片的光谱反射率

图3表示把同一种植物的数片叶重迭放在一起时的光谱反射率。由图可以知道,数片重迭的叶片在可见光波长域的光谱反射几乎没有什么变化,而在近红外波长域则恰好相反,其光谱反射率增加了20%,这可以认为是叶片对于近红外线的透射率高,透射的光被下层的叶片反射后再透射出来成为反射光的缘故。另外,根据叶片的表面构造,使反射光变成了散射光,由于入射光的方向不同,引起了反射光的空间分布的很大变化。图4就是一个例子。它表示当光线垂直入射到大豆叶面时,以波长的函数所表示的反射光和透射光的分布。入射光被散射,大致以圆形的分布向所有方向反射,它表示叶片的表面对垂直入射的光具有

完全散射的性质。但是,随着入射光线的偏斜(图4-6),绝大部分的光线就朝着完全相反的方向反射,变为具有方向性的散射光。至于透射光,由图4可以看到,几乎没有方向性,透射的光完全被叶片的内部细胞所散射。另外,从波长的角度来看,我们知道对于0.7微米以上的波长,由于叶片表面构造和厚度几乎与波长变为同一数量级,所以反射光不具有方向性。

以上所述表明,在实际应用中,由太阳位置(即照明光)倾斜和物体与探测器的相对位置而得到的反射光的光量具有很大的变动。以上只不过是有关大豆叶片的一个例子,要特别注意的是,只要植物的种类不同,其分布也就完全不同。

图5是当光以45°倾斜照射、观测角分别为0°、45°、180°时的光谱反射率曲线。由图可以知道,即使是同一叶片,其光谱反射率在可见光波长域的变化也是很大的。但是,如上所说,在红外波长域却没有那么大的变化。另外,叶片背面的光谱反射与叶片表面的光谱反射是不同的,空间光谱反射率和透射率的分布也是不同的。取一片叶子试验一下,就可以知道,一片叶子的光谱反射特性是多么复杂。因为是在实验室进行研究,不论是照明

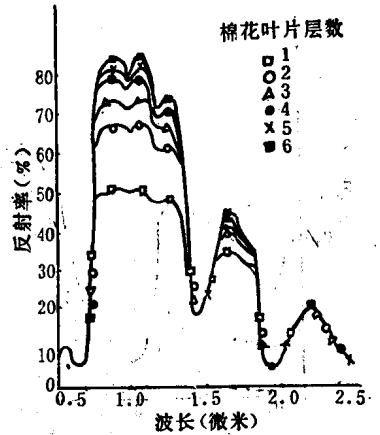


图3 棉花重迭叶片慢反射率的变化

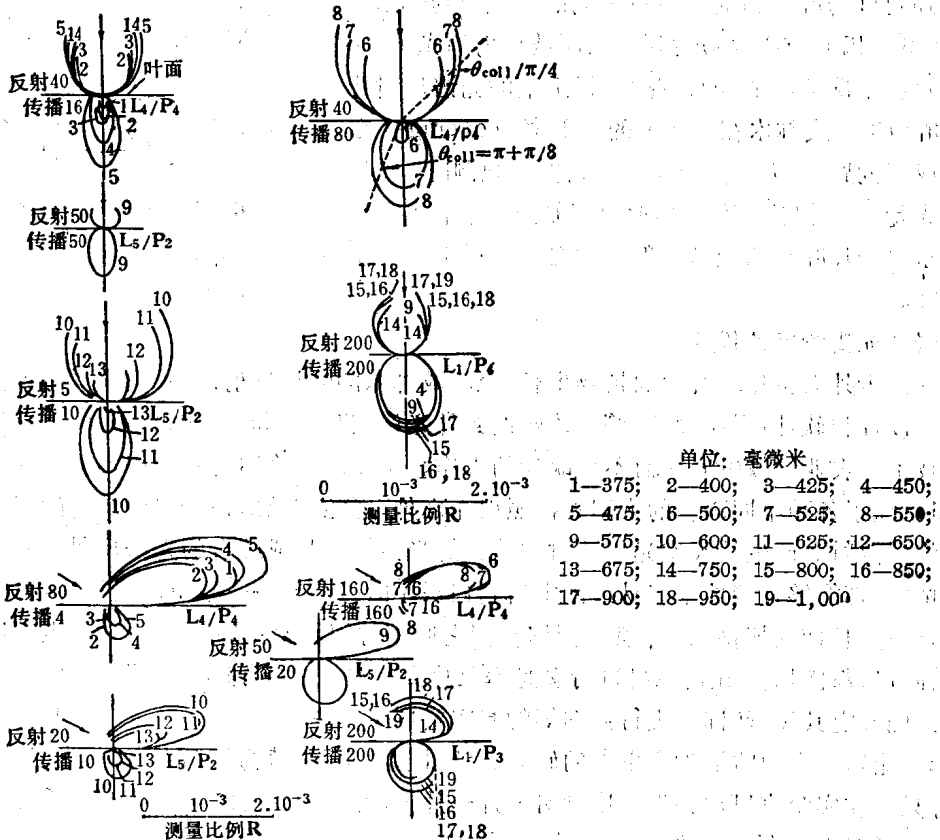


图4 大豆的反射率分布