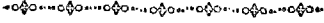


知识介绍



遥感技术及其在土壤学中的应用

戴 昌 达

(中国科学院南京土壤研究所)

“遥感”是六十年代初才正式在文献中出现的术语,至今不过十余年,已引起世界各国许多领域和部门的重视,表现了强大的生命力。

遥感的概念和发展

大家知道,地球上各种物体,包括不同类型的土壤,由于它们各自的化学组成和物理性质的不同,它们吸收、反射太阳辐射来的能量以及吸收了太阳能之后再辐射出的能量多少不等。也就是说各种物体吸收、反射或辐射电磁波谱各频段的强度不一,因而表现了不同的颜色、温度和特性。平常人们通过视、听、味、嗅、触五官感觉来获取各种物体发出的这种电磁波谱(可简称光谱)讯号,从而能识别各种物体的存在。遥感则是在遥远的地方,运用仪器代替五官捕捉物体发出的光谱讯号以感知和辨认不同的物体。所以遥感技术延伸了人们的感官,扩大了人们的眼界,对勘测自然资源、监视环境变化、侦察军事设施等等提供了一种十分有效的新的科学工具。

现代遥感技术起源于航空摄影测量判读技术。航测可以说是广义的、初级的遥感技术。进入六十年代,随着空间科学、环境科学、计算技术、光电仪表工业等的进展和相互渗透,使航测技术产生了质的飞跃,形成崭新的工程技术系统,即现代遥感技术。

遥感技术系统

现代遥感技术是一个布置在从地面到外层空间的立体观测系统。有些高空遥感难于获得的情报,通过地面遥感或无人观测站向卫星的数据收集系统发送讯号,卫星成为中继站,收集、存储,然后传输给地面接收站。这样一个立体的观测系统,就能日以继夜不停顿地向人们提供全球范围的动态讯息。整个遥感技术系统,除地面校正站(几何校正、辐射校正)、实况观测区

等以外,还包括运载工具、传感器、讯息传输处理、资料判读应用等主要组成部分[1]。

1. 运载工具 就是安置传感器的载体。地面遥感的载体主要是汽车。航空遥感的载体有飞机和气球;航天遥感的载体主要是人造卫星及其它轨道飞行器如火箭、宇宙飞船等。目前世界各国射入太空的人造卫星已超过2100个。其中苏美两霸合计1900余个。而资源卫星仅美国一家,美国于1972年7月发射了第一颗,1975年1月发射了第二颗,1978年3月又发射了第三颗主要用于勘测地球资源的技术卫星(缩写ERTS,后因该卫星尚不能解决海洋资源的勘测,故改称为陆地卫星Landsat,从中文含义考虑,我们仍称资源卫星)。

2. 传感器 即遥感仪器。早期的传感器都系摄影遥感设备,如常规航空摄影机、红外照相机、多光谱照相机等,以感光材料直接记录物体发出的光谱讯号,回收胶片后经冲印获得象片供判读使用。多光谱照相机能同时获得同一景物不同光谱带象片,使遥感讯息量显著增多。但摄影遥感存在着一些难于克服的缺陷:如光谱响应范围较窄,仅可见光和近红外光谱段(0.38~1.0微米);实际上绝大多数物体发出的光谱讯号中大量的紫外、红外、微波等非可见光,摄影遥感难于获取,这就限制了它的探测内容的深度和广度;而且摄影遥感资料一般不宜于自动分析判读,也不能以磁带储存和播送;只有回收胶片后才能复制出象片供使用,所以近年着重研制各类非摄影的传感器,其中应用最广的是多光谱扫描仪。目前许多国家使用的卫星象片绝大部分就是安置在资源卫星上的多光谱扫描仪获得的遥感资料,它分别记录了地物在波长为0.5~0.6(绿光)、0.6~0.7(红光)、0.7~0.8(近红外)、0.8~1.1微米(红外)范围内的光谱反射强度。这四种光谱带象片编号为MSS4—7,它们反映各种地物的敏锐程度有所不同。据我们实践体会,7波段象片(MS-S7)区分水陆界线清晰,反映水体特别鲜明,一、二公顷的湖泊、水库、宽仅10米的溪沟,只要有水,且不分

混浊,都必呈黑色小点或细线而能确断其存在,7波段还有助于植被的区分,如乔木、灌木、草本等不同植被类型常形成色调不同的影象;4波段象片(MSS4)色调随水体深浅发生规则变化,故可根据色调勾绘水深线;6波段象片(MSS6)有时反映土壤湿度差异比较敏锐;5波段象片(MSS5)则表达地貌类型、植被茂密程度以及不同土壤的界线比较清楚。因此各波段象片的对比分析和配合使用,对清查水土资源、判断土地开发利用条件和潜力有巨大价值。美国1973年发射的天空实验室装置的多光谱扫描仪,其通道增加到13个,6个在可见光域,7个在红外。一般说来,通道越多越窄,遥感识别的内容就越多越细越准确。

红外扫描仪,结构与多光谱扫描仪类似,但通道都在红外光域。主要是利用能够较好地透过大气层的中红外(也称热红外或辐射红外)波段,即第一大气窗(3~5微米),第二大气窗(8~12微米)。这类传感器对探测作物长势、土壤温度与湿度,勘查地热、地下水,监视森林、草场火灾及环境污染等都很有用处。

侧视雷达、微波辐射计(也称无源雷达)是近年各国竞相研制的传感器,国际上已有6种机载侧视雷达投产应用。星载雷达还在研制。侧视雷达自己发射出一定波长的微波(也称脉冲讯号),在传输过程中遇到不同客体产生不同的反射与散射,然后通过回收系统记录成象;微波辐射计则被动记录各种物体在微波范围的辐射能量的强弱来探测区别不同的物体。这两类传感器都能穿透浓密的云层、雪被、植被、冰盖和疏松土层,不受昼夜晴雨影响,具有全天候作业的特点,是目前揭露热带雨林下、极地冰盖下的土壤、地貌和基岩状况的唯一工具;对精确测定土壤温度、湿度的细微变化,探查土层厚薄,划分剖面层次,了解土壤介电系数等等都可望有巨大帮助。

此外尚有反束光导摄像管、紫外辐射仪、超紫外传感器、γ射线仪、声纳、声达、激光雷达等多种传感器都陆续问世,对提高遥感水平,展示了目前尚难全面估量的前景。

3. 讯息传输、处理 太阳辐射的电磁波通过大气层会受到大气中的烟雾、尘埃、水气、CO₂、O₃等的反射散射或吸收。到达地面的电磁波,由于地物的化学组成和物理特性的不同,有的被反射,有的被透射,有的则被吸收,有的吸收之后又辐射出来。用仪器记录和量测地物反射、辐射的能量,这就是遥感技术的理论依据和基础。但地物反射、辐射的能量到达传感器,又要穿过一段大气层,又会受到大气散射、反射和吸收的影响与干扰。所以必须研究大气传输规律,选择比较透明的窗口作为确定传感器工作通道的基础。同时要通过地面辐射校正站、几何校正站及实况观测点的观测研究,

为遥感讯息处理提供辐射校正与几何校正的依据。

另外,传感器接受到的光谱讯息需经光电转换,变为视频讯号,或存储于宽频磁带,或向地面接收站传送。地面站接收后,经过粗加工,很快得出记录数据的磁带或反映图象的胶片。目前我们拿到美国的资源卫星遥感资料是粗加工的23×23厘米(1:100万)和7×7厘米(1:336万)两种规格的胶片。根据条件和需要可放大到1:20万—1:50万供使用。

4. 资料判读应用 这是使遥感技术发挥实际效用的关键。最原始的分析判读方法是目视经验判读,用肉眼或借助于简单的立体镜、放大镜观察影象特点,根据影象的形状、大小、色调、图型、阴影以及影象间的相关性等直接和间接的标志综合分析、相互补充、相互验证来识别影象所反映的客体和现象。自多光谱摄影技术和高空、航天遥感技术出现之后,遥感资料的比例尺趋小,地面分辨率有所降低,这样,影象的形状、大小、阴影等判读标志的有效性就大为减弱,而影象色调的差异则往往成了鉴别地物的主要依据。随着彩色摄影的进展,又增加了色彩这个讯息。目前国外将色彩分成263个标准等级,显然这比黑白色调仅能区分10级或15级多了几十倍的讯息量。近年彩色电视和光电仪表工业迅猛发展,可把黑白象片的色调差异转换成不同的彩色,使影象轮廓界线清晰突出,并能和计算机联机使用,进行数据抽取和面积量算;还能把黑白多光谱片中的2或3张配合不同滤光片重迭投影合成一张彩色片,使黑白象片上不易辨认的影象突出出来。从而发展了一整套以影象增强技术为中心的光学机械、光学电子分析系统,明显提高了遥感资料的判读水平,在水土生物资源勘探、环境监视等方面都表现了巨大的作用。

应当指出:这种主要应用光学机械装置的影象增强技术仍没有脱离目视经验判读的基础,判读质量一定程度上仍受到判读人员的经验所制约;而且处理遥感资料的速度还不够快,不能适应卫星上天后遥感资料源源不断涌来的局面。所以近年一些先进国家十分重视应用电子计算机对遥感数据进行自动识别分类的研究,并和数控绘图机联结,实现制图自动化,从而把遥感资料的判读应用推进到更高级的阶段。

遥感技术的特点和优越性

遥感技术的特点和优越性是十分明显的,大致可以“遥、快、真、广”四字概括。

1. 遥 人在地面观察环境,受体高和视力的限制,不能远眺。飞机的飞行高度从数百米到一、二十公里,获得了新的高度。而人造卫星的飞行轨道都远离

地面三、四百以至数千公里以上。如美国的资源卫星轨道高度为965.5—918公里,比祖先设想的千里眼还超出一倍。

2. 快 现代遥感技术工作周期短,资料积累快。美国资源卫星一天绕地球14圈,每18天就观测全球一遍。如果两颗卫星错开,9天就能覆盖全球一遍。每天可得地面景象资料188套。加之航天航空和地面遥感遥测相配合,多种仪器综合观测,则回收的数据、象片既多又快,不仅能及时反映静态现象,还可对比分析环境的动态变化。这些资料通过电子计算机处理,就可以赢得预测预报的时间,真正起到侦察兵和监视哨的作用。

3. 真 遥感获得的图象如航片、卫片,真实反映地面实况,看了象片犹如身临其境。尤其是卫星象片,实际上相当于一张正射投影的平面图,极少变形走样,所以可直接在象片上进行长度、面积等量算工作,即使是粗加工的象片稍加修订就可作为绘制各种数学精度要求不是很高的专业图的底图。

4. 广 航天遥感能在同一时刻观测广大地面。如美国资源卫星象片一张取景 185×185 公里即34225平方公里,近似一个台湾省。这就提供了相当大的视野来分析对比广阔范围内各种地物的异同点,以及它们的变化、过渡等种种情况。由于遥感技术有这些特点和优点,所以它的应用范围就十分广泛,经济效益很高。据美国人估算仅仅以下几项应用,如减少洪水损失、改进灌溉用水的预报工作、探测农作物病虫害、改进油田勘探方法、预测世界小麦产量,每年即可得益10亿美元以上。

遥感在土壤学中的应用

根据国际动向和我们的初步实践,应用遥感技术革新土壤资源勘察方法,监测土壤性状动态变化,调查土壤利用状况等方面都可望发挥重大作用[2,3,4]。

1. 革新土壤资源勘察方法 随着人口增长和生活水准提高,人类对农林牧产品的需求不断增加。为此摸清土壤资源,进行合理开发利用就成了一项带有战略性的紧迫任务。经典的土壤资源勘察方法需用同比例尺或大于成图比例尺的地形图或地块平面图作为调查制图的基础。如果没有合用的底图就得从测制底图开始。有了底图,还需到实地一一挖坑观察记载,才能勾出土壤变化界线。大量没有走到看到的地方全凭规律推测,以致许多按等高线勾绘的山地森林土,既没有林,甚至没有土,而是石质嶙峋的裸岩;不少划为各类草原土的地段却是寸草不长的沙丘或砾石滩等。按这种土壤图统计土壤资源很不准确,且工作周期长,花费的人力物力财力多,代价高,根本不能适应四个现

代化的需要。遥感技术的应用对土壤资源勘察是一次革命,就以我们在文化大革命前应用航判成图技术进行土壤调查制图试验来看,无论在南方红壤丘陵区,或北方半干旱丘陵和平原区,都显示了多、快、好、省的优越性,提高工效4—9倍,还大大增加图幅的详尽度和精确性。近年在新疆荒地资源考察中配合使用航片、卫片,尽管拿到的航片比较陈旧,卫片不全,缺乏判读和转绘的光学机械仪器,仅有立体镜、放大镜等简单设备,借以辅助目视经验判读和目估转绘,就是这样也发挥了航、卫片的重大作用。许多土壤类型和界线、荒地分布范围及开发利用条件优劣等等,大致都可判读出来。通过室内预判,勾出草图,然后针对性的去野外校核和补充调查,采集典型样品供深入研究,从而大大减少了野外工作量,工效提高五倍以上,也明显提高了图件质量,使界线更加精确。特别是许多交通不便人迹难于到达的地区的情况,通过象片分析都可基本掌握,不致无根据的推测。所以,遥感技术的发展,地球上再也没有什么神秘莫测的禁区了。

美国早在60年前已开始应用航片进行土壤调查制图,1938年规定全国土壤调查制图的标准方法,必须使用航片。近年大范围的土壤资源勘测则越来越多地应用卫星遥感资料。英国一个遥感小组承包伊朗荒地资源勘测任务,用资源卫星和遥感飞机取得的资料,花很少的人力和时间,就摸清了伊朗全国的土、水、资源,并通过水土平衡计算和水土平衡条件的分析,找出尚能开发的优质荒地及其分布,绘制出相应的图件。在南美洲,为了开发亚马逊河流域,以航空遥感手段(侧视雷达等)为主测制了该地区1:25万的地质、地貌、土壤、植被、土地利用潜力等图幅,几年完成的工作量远远超过常规方法一百年。

2. 监测土壤性状的动态变化 如前所述现代遥感技术是从地面到外层空间的立体观测体系,卫星入轨后,不停地发回有关地面状况的情报。这就创造了对随着时间的推移而变化的现象进行反复观测、反复比较研究的良好条件,如土壤水分、温度的变化,土壤盐分的消长,土壤侵蚀的演变,砂丘的移动等等,均可利用卫星发回的资料进行动态观测研究。美国利用遥感遥测监视土壤水分变化,以指导合理灌溉和排水,已取得实际效益。我们在新疆荒地资源考察中虽然只拿到一次航拍的象片和一次扫描获得的卫片,但由于航、卫片分别记录了两个年份遥感瞬时的地面实况,这次室内判读后再去野外校核和补充调查,等于掌握了三个时期的状况,就发现了一些有规律的变化,如开都河中下游,在五十年代大面积垦荒后,某些地段一度出现高条田盐化,低条田沼泽化的趋势。这种情况在航片上留下了清晰的影象,盐斑呈现灰白色的不

规则斑块,沼泽化土壤呈现暗黑色影象。这次去实地考察,原来盐斑比较集中的条田现在盐斑大多消失,有的还成了高产田;而原来沼泽化的条田,其局部排水仍不够通畅或土壤质地较粘重的地段则出现苏打和镁盐的积累,成为物理性状恶劣的低产地;博斯腾湖沿岸有些洼地,从1959年10月的航片和1972年10月的卫片看,它与湖面相连,从4波段卫片上还看出系浅水区,1975年10月去实地考察时,却成了白茫茫的盐滩。说明近十年来,特别是1972年冬以来,博湖水位明显下降,湖面退缩后出现的新滩,在没有河流淡水补给的情况下已迅速盐化。这些情况的掌握对于总结垦荒经验,预测自然条件演变趋势都有重大意义。

3. 研究土壤利用现状和生产潜力 近年国外应用遥感技术调查土地利用、识别作物种类、评定作物长势、预测作物产量等方面都开展了广泛的研究,特别是美国围绕着预测世界小麦收成开展的工作,取得不少成果。他们得出结论:根据不同时期遥感资料的分析判读,能够掌握作物生长条件及长势的变化,可以相当精确地预测产量。并认为对光谱特性差异的进一步研究,还能诊断作物生长受抑制的原因系遭病虫害,还是养分不足或旱、涝灾害所致。

在我所土壤遥感组开展的工作中,尽管缺乏深入分析研究的手段和条件,但初浅的探讨,也足以表明,在遥感资料上辨别农地、林地、草地、有开发价值的荒

地是不难的;针阔叶林的区分,草甸、沼泽、草原的认辨,水田、旱地的判断一般也是有一定把握的。对南疆四个波段卫星象片辐射值变化规律的初步分析研究(见曾志远等:根据多光谱卫片辐射值判读土壤景观的初步研究。未刊稿)可以看出:不同土壤景观类型,其波段辐射曲线都各有特色,作出的相关方程,具有彼此不一的特征常数;而且还发现这种辐射值的变化和土壤某些特性如腐殖质含量、全氮量等都有一定的相关性,可以作出它们之间的相关方程。

以上初步研究成果意味着:应用遥感遥测技术不仅有可能区分不同类型、不同利用方式的土壤,而且有可能检测某些土壤性状及养分含量,对采用遥感手段监测土壤特性和肥力动态变化的可能性展示了令人鼓舞的前景。

参 考 文 献

- [1] 陈述彭, 遥感, 现代科学技术简介, 73—85页, 科学出版社, 1978。
- [2] NASA, Skylab, Experiments, Vol, 2 (Remote Sensing of Earth Resources), 1973。
- [3] Abraham Anson ed., Management and Utilization on Remote Sensing data (Proceeding of a Symposium on Remote Sinsing), Virginia, 1973。
- [4] White, L.P., Aerial photography and Remote Sensing for Soil Survey, Oxford, 1977。