

赵宪文 著 **Zhao Xian wen**



林业遥感定量估测

QUANTITATIVE METHODS
BY REMOTE SENSING IN FORESTRY

林业遥感定量估测

赵宪文 著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

林业遥感定量估测/赵宪文著. —北京: 中国林业出版社, 1996. 12
ISBN 7-5038-1712-7

I. 林… II. 赵… III. 遥感技术-应用-森林-测定 IV. S758

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 17245 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京地质印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1997 年 2 月第 1 版 1997 年 2 月第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.00

字数: 250 千字 印数: 1~1300 册

定价: 30.00 元

序 一

在人类生命的长河中,始终面临着生存空间的挑战。认识自己、认识自己居住的环境是伴随人类进步永无休止的课题。在发明指南针后,人类历经了上千年的探险、考察才大致摸清地球上的海陆轮廓。进入 20 世纪,人们开始从空中来认识自己的星球,随着 1957 年第一颗人造卫星升空,使人类了解自己生存环境的能力有了一个划时代的飞跃,至今在外层空间最少有 4000 颗以上的人造飞行物,其中一部分监测着我们居住的家园。不仅如此,人类的足迹已踏上月球,并且向太阳系的深处发射了航天器去探索地外文明,去寻找新的绿洲。前苏联科学家齐奥尔科夫斯基曾预言“地球是人类的摇篮,但人类不能永远生活在摇篮里,他们不断地征服生存世界和宇宙空间,起初小心翼翼地穿出大气层,然后就是逐步征服整个太阳系”。这正在成为现实。

森林是地球生物圈的主体,在某种意义上来讲,没有森林就没有人类。然而随着人类社会的发展与进步,森林却在大面积毁坏。在人类活动干扰前,全世界有 60 亿 hm^2 森林,1954 年世界森林和林地减少到 40 亿 hm^2 ,近 30 年来世界森林每年减少 800 万 hm^2 。森林锐减,一些物种灭绝和环境恶化,已是全人类面临的重大问题。

卫星遥感由于其分辨率高、覆盖面大、重复覆盖周期短,是监测地球资源与环境宏观变化的最佳手段。人们监测了非洲撒哈拉沙漠边缘地带绿度的变化、编制了世界植被图、监测了亚马孙和东南亚热带林中的林火和威胁非洲、近东和东南亚 60 个国家近 10 亿人口生计的沙漠蝗虫的发生数量、范围和迁移方向。

我国是一个森林覆盖率较低的国家,为改变我国北方环境恶劣的状况,1978 年我国政府决定在三北地区营造大型生态工程——防护林体系。“七五”期间,用卫星 TM 资料成功地监测了三北地区森林覆盖的变动,“九五”拟对全国土地变化(包括森林变化)进行遥感监测。

近 20 年来,林业遥感技术有了长足的进步,林业遥感已成为中国遥感技术和应用最为活跃的领域之一。本书的出版,即是这方面的一个反映。

本书作者赵宪文研究员多次参加主持国家攻关项目,将实践中的经验升华为理论。此书正是其潜心研究成果的小结,当然也包括与其同期协作的科学工作者的辛勤劳动。它从一个侧面反映出我国林业遥感事业前进的步伐,并将推动林业遥感技术和应用的发展。谨在本书出版之际表示祝贺。

中国科学院院士
(地学部)

赵宪文

1996 年 5 月

序 二

一个学科,定量描述部分占的比重越大,表明该学科越趋于成熟与进步。林学近年来因诸多模型的引入,正在改变着原来以定性描述为主的状态。作为林学的一个年轻分支——林业遥感,同样也取得了长足的进步。随着卫星升空,林业遥感特别是航天数据用于森林的定量估测方面,也取得了不少成果,但是,目前还没有一本这方面的专门著作进行系统的论述。

本书的出版将填补这一空白。作者用了较多的数学方法,选取了林业中的一些重要问题,建立了遥感数据定量表达森林的模型,模型涉及森林资源、森林与环境、森林灾害及林业区划。研究中许多构思颇具新意。如用卫星数据比值项参与估测蓄积量的多元回归方法,提高了卫星数据与蓄积量的相关关系,在不同林区不同的林分中都获得了稳定的、较好的估测精度;在宏观估测某地区枯落物储量时,用卫星数据根据植物主干重量和叶重关系,以及随时间的积分给出了估算模型,为宏观火灾的预警提供了依据。书中算例涉及到温带、亚热带和热带林区,因此有着较广泛的适用性。郁闭度是经营热带林所要考虑的一个重要因素,常规测定误差较大,为此作者提出了用卫星数据估测热带林郁闭度的方法,经实地检验精度较好。此外如遥感在防护林区土壤分布研究、防护效益评估、虫害监测、林火损失估计、定量区划,以及卫星遥感经费与效益分析等方面都不乏新颖的见解。本书重点是应用研究,也包含了必要的基础研究,并且包含具有一定规模的生产性实验实例。书中提供的大量算例,增加了本书的实用性。

作者赵宪文研究员,北京林业大学毕业后从事森林调查工作多年,足迹遍及“白山黑水”,深知森林调查工作的艰辛。改革开放的春风使他得到再一次深造的机会。他带着实践中积累的丰富经验和改变调查现状的心态走上了科学研究的殿堂。

10多年来他一直致力于将遥感技术用于森林资源监测的研究,并将研究内容拓宽到森林环境的多个方面,包括环境评价、灾害监测、森林区划、营林活动分析等。本书是他多年研究的总结。其内容丰富、数据翔实、方法实用,既便于研究生系统学习,又便于实际工作者参考使用,是一本值得推荐的参考书。本书的出版对推动我国林业遥感事业有深远意义。

中国科学院院士
(生物学部)

唐守正

1996年5月

作者简介

赵宪文 1941年9月生,辽宁省辽阳市人。1982年获硕士学位(林业遥感)。1992年享受政府特殊津贴,1994年被评为林业部有突出贡献的中、青年科技专家。研究方向为林业遥感、资源监测和数学模型。1963年大学毕业后从事资源调查16年,现为中国林业科学研究院遥感室主任,研究员,资源信息所学术委员会副主任,国家级林业查询单位特聘专家,是国际野外火协会成员和中国地理学会遥感分会常务理事。“七五”以来,多次主持国家攻关课题和国际合作项目,已获奖的有:国家科技进步三等奖一次、林业部科技进步一等奖两次、二等奖一次、三等奖两次。10多年以来发表论文40篇,内容涉及航天遥感数据估测森林蓄积量方法、森林动态图编制、图像处理及森林分类方法、森林火灾的遥感研究及损失评估、热带林遥感研究、森林生态遥感研究、林业定量区划等。主编论文集两本、系列图一套、副主编一本、编委三本。

The Author

Professor **Zhao Xianwen**, born 1941 in Liao Yang, China. Obtained his diploma in forestry at the Forestry University of Beijing. The master's degree was acquired in 1982. He has done the work of forest management investigation and planning design for 16 years (1963~1979). Since 1982 he has been working at the Department of Remote Sensing, the Chinese Academy of Forestry (CAF), in Beijing. As a project head, he has managed and joined several national key projects and tasks.

- The comprehensive inventory by means of remote sensing in the "Three North" protection forest region—the common experimental area in Pingquan county.
- The comprehensive inventory by means of remote sensing in the protection forest for blown sand prevention-rock mountains area in the north of China.
- The study on ecology benefit of the "Three North" protection forest with remote sensing data.
- The study on behavior of forest fire with various remote sensing data and estimation of forest fire damage in Amour forest bureau.
- Monitoring and assessment of forest fire in the south-west of China.
- Tropical forest assessment in south of China using satellite data.
- Application of remote sensing data in forest management inventory.

The tasks statement above have been finished and conferred the prizes of national and the ministry of forestry of China.

He is specialized in remote sensing of forestry and is the member of various working groups (both international and national) dealing with the evaluation of forest resources with monitoring forest fire with regard to environmental problems.

At present he leads the development of remote sensing theory and integration technology in forestry and establishment of GIS towards monitoring dynamic of resources.

前 言

航天遥感技术引入中国已 20 多年,与业已使用多年的航空遥感统称为遥感。航天遥感已在我国许多领域广为应用,如气象、农业、地矿、石油、海洋、渔业等,在某些领域已成为进行监测或评估所不可缺少的手段。

林业部门应用航天遥感也有 10 余年的时间了。由于林业中航空遥感的应用已达到较高水平,而航天遥感刚刚起步,加之航天遥感资料的宏观性和技术处理的复杂性,使得如何在林业中应用航天遥感技术成为令人棘手的问题。有鉴于此 10 多年来作者对航天遥感数据在林业定量估计中的应用进行了系统研究,并以林业资源为核心,拓宽到一些与林业相关的领域,如:经比值处理的卫星数据与地面测定数据联合估测森林蓄积量的方法,可减少野外工作量,并提高了局部估测值的可信度,在不同森林地带进行试验都取得了较好结果;在林业灾害监测中,建立的模型,用遥感数据可较准确地表达灾害的过程和后果;在环境监测和评估中,如土地属性分布、水土流失、沙漠化、防护林带效益及宏观布局等方面,用遥感数据定量地表达其现状及变化,进行了有益的尝试。为了将遥感资料用于定量区划和经营活动分析,作者做了独特的探索。在完成上述理论研究同时,始终把科技为经济建设服务作为研究的指导思想,特别是近年来着重研究了在现行调查体系中应用遥感技术的方法,以及为包容新技术,改变现行体系的构想,为科技迅速转化为生产力作出了努力,书中大量的算例正表明了作者的这一意图。

通过研究实践,认识到在林业中应用航天遥感资料是不可或缺的,关键是怎样应用。航天遥感数据在林业中应用,面临两方面问题:第一,要不断从遥感学科本身进行研究,如森林的波谱规律;如何改善分类技术以求更有效地传递林业信息;提高分辨率,更好地区分不同类型的森林。第二,把遥感数据与各种森林因子(或环境因子)通过数学方法建立起关系。这二者是相辅相成的,缺一不可。第一方面已有众多的人涉足,而本书则侧重于第二方面的研究论述。

本书是作者 10 余年来在这方面研究的总结,并参阅了“七五”、“八五”攻关项目的一些研究成果以及某些研究者在这方面的探索与见解。衷心希望本书能为有兴趣研究林业遥感定量估测方面的人提供一些有益的参考。本书将不泛泛地讲述

一般性的遥感知识和统计方法,认为读者在这方面已具备一定的基础。

在成书过程中,得到中国林业科学研究院华网坤教授的大力支持,并对部分内容提出建议。徐冠华、唐守正院士在百忙之中为本书作序,中国林业出版社李德林副编审为本书出版付出不少心血,在此一并致谢。由于作者受知识领域的局限,加之资料掌握不足,难免有错漏之处,敬请读者不吝赐教。

作者

1996年6月

目 录

序一	徐冠华
序二	唐守正
前言	
第一章 绪言	(1)
一、遥感知知识	(1)
(一) 遥感与卫星	(1)
(二) 基本概念	(2)
(三) 与植被有关的遥感知知识	(3)
(四) 航空遥感的有关知识	(5)
二、林业定量估测沿革	(6)
三、卫星数据的应用给我国森林资源调查带来产业化变革	(9)
(一) 卫星数据用于森林资源调查的可能性	(9)
(二) 卫星数据用于森林资源调查的必要性	(10)
(三) 利用卫星数据给森林资源调查带来产业变革	(11)
第二章 遥感定量估测的基础研究	(13)
一、用卫星数据区分林地	(13)
(一) 问题的提出	(13)
(二) 构思与预研究	(13)
(三) 波段比在改善林地分类中的作用	(14)
二、数学方法处理卫星数据的试验	(16)
(一) 聚类分析法	(16)
(二) 主成分分析法	(18)
第三章 森林蓄积量估测	(24)
一、方法	(24)
(一) 用卫星数据的多元估测方法	(24)
(二) 卫星与航空遥感数据相结合的二阶抽样	(27)
(三) 卫星与航空遥感数据相结合的三阶抽样	(31)
(四) 航空遥感数据提高估测精度的方法	(34)
(五) 精度与效率	(37)
(六) 用卫星数据估测蓄积量的其他研究	(38)
二、在不同森林地带的的应用	(40)
(一) 不同森林地带试验情况	(40)
(二) 通过蓄积量对热带林郁闭度估测的遥感方法	(42)
(三) 热带林区的多阶估测试验	(43)
第四章 面积估测	(45)

一、成数抽样法求算森林面积	(45)
(一) 样本单元数的确定	(45)
(二) 航空像片成数抽样	(46)
(三) 卫星像片成数抽样	(46)
(四) 试验结果分析	(46)
(五) 非成图成数抽样估测各类面积成数修正方法	(47)
二、带状及小块林地面积求算	(48)
(一) 农田林网的双重抽样估测方法	(48)
(二) 林网系数求算及应用实例	(50)
(三) “四旁”树面积估测	(50)
第五章 环境因子评估	(51)
一、防护林生态效益遥感研究	(51)
(一) 研究方法	(51)
(二) 结果与分析	(52)
二、防护林生态效益动态监测方法	(56)
(一) 利用多时相遥感图像进行动态监测	(56)
(二) 反映生态环境及其变化的又一方法	(57)
三、防护林区土壤属性分布遥感研究	(58)
(一) TM 信息与土壤属性的关系模型	(58)
(二) 林网内 TM 主成分值分布趋势及土壤属性的预测	(61)
四、植被覆盖对水库淤积影响的遥感评估方法	(63)
(一) 自变量和因变量的选择	(63)
(二) 水库淤积量的预估模型	(64)
五、土地沙漠化的遥感监测	(66)
(一) 沙漠化空间与过程的量化	(66)
(二) 马尔科夫模型在沙漠化监测中应用	(67)
六、用遥感方法间接评估气候	(70)
七、遥感方法在生态环境改善(变动)中的可能应用	(72)
第六章 森林灾害的监测	(73)
一、森林虫灾监测	(73)
(一) 遥感方法监测虫害的原理	(73)
(二) 航天遥感在森林病虫害监测中的应用	(75)
(三) 马尾松毛虫遥感监测模型建立	(77)
二、森林火灾监测	(81)
(一) 可燃物贮量的遥感预测	(81)
(二) 火灾造成林木损失预估	(83)
(三) 森林火灾后环境的评估	(88)
(四) 航空多光谱数据的火热模型	(91)
第七章 林业区划	(97)
一、灰色系统理论在林业区划中的应用	(97)
(一) 地区概况	(97)
(二) 方法介绍	(97)

(三) 结果与分析	(105)
(四) 小结	(106)
二、聚类方法在县级林业区划中的应用	(106)
(一) 地区概况	(106)
(二) 分类因子及其选择	(107)
(三) 方法介绍	(107)
(四) 背景材料及准备工作	(109)
(五) 区划结果及初步分析	(109)
(六) 区划方法探讨	(111)
第八章 遥感数据和双重筛选方法在林业经营活动分析中的应用	(114)
一、研究方法	(114)
二、结果与分析	(115)
(一) 多对一的逐步回归	(115)
(二) 多对多的逐步回归 (单选)	(116)
(三) 多对多的逐步回归 (双选)	(118)
三、结论与建议	(119)
第九章 航天遥感数据在森林经理调查中应用实例	(120)
一、引言	(120)
二、基本情况	(121)
三、研究内容	(121)
四、卫星影像在判读调查因子、区划林班、小班、野外手图调绘方面的应用	(121)
(一) TM 影像应用于调查因子的判读	(122)
(二) 区划林班、小班并作为野外调绘手图	(123)
五、面积估测	(125)
(一) 研究方法	(125)
(二) 结果与分析	(125)
六、蓄积量估测	(128)
(一) 研究方法	(128)
(二) 结果与分析	(129)
七、测树因子的遥感估测	(134)
(一) 研究方法	(134)
(二) 结果与分析	(135)
八、遥感方法效益的评估和分析	(136)
(一) 区划与调绘	(136)
(二) 面积量算	(137)
(三) 蓄积量估测	(138)
(四) 小班因子估测	(138)
(五) 总体效益分析	(139)
(六) 与新摄航片的比较	(139)
九、结论	(141)
参考文献	(142)
英文摘要	(146)

第一章 绪 言

1957 年第一颗人造卫星升空,揭开了人类应用卫星技术的序幕,30 多年来其应用技术迅猛发展,在国民经济、国防、环境监测中所起的作用,越来越被人们所认识,以卫星及卫星应用技术为主的“遥感”是一个新兴的领域,而且已在快速走向产业化。

林业遥感是众多应用中的一种,有着其特有的规律,表现为遥感技术与林业学科结合起来。本书是在林业定量估测方面的总结,是林业遥感应用的一部分。林业遥感也具有遥感的共性:需要物理、数学、计算机、林学和测绘多学科的支持。因此绪言中介绍一些遥感知识,当然,只能是介绍阅读本书所必备的基本知识,否则就太浩繁了。

一、遥感知识

(一)遥感与卫星

遥感广义而言,泛指各种非接触的,远距离的探测技术。狭义而言,主要指从远距离、高空,以至在外层空间的平台上,利用可见光、红外、微波等探测仪器,通过摄影或扫描、信息感应、传输和处理,从而识别地面物质的性质和运动状态的现代化技术体系。任何物体在绝对温度零度(-273°C)以上,都会反射或辐射不同波长的电磁波。人眼或普通照相机,只能感受其中的可见光谱段,而特殊的遥感仪器却能把紫外、红外或微波的信息强弱及其空间差异记录下来。经过计算机或光电设备处理再现这些物体的影像,变成人眼可以识别的图形。1962 年美国密执安大学召开专题讨论会,提出遥感的概念,从此,“遥感”就成为从高空探测地球表面及其环境的信息获取、处理及其应用技术的专门术语。遥感使人类从一个全新的角度来审视、观测人类居住久远的家园——地球。

业已存在 100 多年的航空器和监测技术体系,按遥感定义统称航空遥感,旨在区别卫星遥感。当前人们主要是通过地物波谱测试,数理统计相关分析和模拟试验的方法、模式识别和视觉效应的方法结合地学,分析、应用遥感所获取的信息。

各种卫星所获得信息的参数是不同的。对本书中所涉及的几种卫星及其产品应用简介如下:

1. 陆地卫星(Landsat)

其产品(影像和数据)主要应用于对地球陆地的观测和研究。该种卫星 1970 年开始研制,1972 年升空,由“雨云气象卫星”改进而成,原名“地球资源技术卫星”。1975 年改名为“陆地卫星”,已发射 6 颗卫星(第六颗已停用),陆地卫星 4、5 运行于距地 700km 的近圆形的与太阳同步轨道,每 16 天覆盖全球一次,星载传感器有:①三台返束光导摄像机,以 3 个不同谱段每隔 25 秒对准同一地区进行同步成像,地面分辨率为 100m。②多谱段扫描仪(MSS),在绿、红和近红外区的 4 个谱段工作,地面分辨率为 80m。③专题成像扫描仪(TM),可在包括可见光、近红

外和热红外在内的 7 个谱段工作,每幅图像的信息量达 300 兆比特,是多谱段扫描仪图像的近 10 倍,地面分辨率为 30m(其中第六谱段的地面分辨率为 120m)。扫描带宽 185km。分幅 185km×170km。观测参数如表 1-1。

表 1-1 MSS 及 TM 的观测参数

传感器	波段	波长(μm)	分辨率(m)
MSS	4	0.5~0.6 绿色	80
	5	0.6~0.7 红色	80
	6	0.7~0.8 近红外	80
	7	0.8~1.1 近红外	80
TM	1	0.42~0.52 蓝色	30
	2	0.52~0.60 绿色	30
	3	0.63~0.69 红色	30
	4	0.76~0.90 近红外	30
	5	1.55~1.75 短波红外	30
	6	10.4~12.5 热红外	120
	7	2.08~2.35 短波红外	30

2. “诺阿”(NOAA)卫星

NOAA 是美国国家海洋与大气局的缩写,属于第二代、第三代实用气象卫星。NOAA 是接近正圆形的太阳同步轨道,轨道高度为 870km 及 833km,现在运行的为 11 号和 12 号星,一天内对同一地区可进行 4 次观测,主要传感器是改进型甚高分辨率辐射计 AVHRR/2,包括可见光到热红外的 5 个波段。

分辨率(星下点)1.1km,观测宽度 2800km;卫星携带的探测仪器有高级甚高分辨率辐射计、“泰罗斯”实用垂直探测器、数据收集和平台定位系统以及太空环境监测仪,其中“泰罗斯”实用垂直探测器(TOVS),又包括 3 个仪器,2 型高分辨率红外辐射探测器(HIRS/2,分辨率 20km,观测宽度 2200km),平流层探测装置(SSU,分辨率 147km,观测宽度 736km)和微波探测装置(MSU,分辨率 110km,观测宽度 2347km)。观测参数如表 1-2:

表 1-2 AVHRR/2 的参数

波段	波长(μm)	分辨率
1	0.58~0.68 (可见光)	1.1km
2	0.725~1.10 (近红外)	
3	3.55~3.93 (中红外)	
4	10.3~11.3 (热红外)	
5	11.5~12.5 (热红外)	

(二)基本概念

在了解了遥感和卫星的初步知识后,还需了解一些概念。先从像元讲起。

像元:它是光电扫描影像的基本单位,即扫描影像中最小的可分辨面积。像元的实地面积就是影像的地面分辨率,如前所述 TM 每个像元为 30m×30m。NOAA 每个像元 1.1km²(星下点)。每个像元表示相应面积范围的地物反射(辐射)值的平均值,以数字形式记录在磁带上,像元内如有两种以上地物则称混合像元。当这个值通过一定的方法记录在胶片上就成为遥感

影像,其每个小单位(像元)都具有相应的密度值,可以用相应的设备测定其值。

每一个卫星都涵盖一定范围的波段,用以反映不同地物的特性(参见表 1-1 和表 1-2),波段又叫谱段、频带。同一地物在各波段上反映出的密度值是不一样的。选取同一位置的地物在不同波段影像上密度值或地物反射值,进行以除为主的一些计算以求达到图像增强的方法称比值法。

分辨率是使用卫星资料时要考虑的重要参数,它标志在遥感系统中用以表示获取、传送或显示图像细节的能力,除地面分辨率(又称空间分辨率)已在前面谈及外,还常用时间分辨率和光谱分辨率。时间分辨率是遥感影像间隔时间的一项性能指标,即连续分析、判读目标所具有的最小时间间隔。如气象卫星(NOAA)时间分辨率高于陆地卫星。光谱分辨率,是机载或星载光学遥感器的一项性能指标,指遥感器在接受目标辐射光谱时,能分辨的最小波长间隔,能分辨的波长间隔越窄,则光谱分辨率越高。

卫星影像在提供使用前需经过必要的预处理。将遥感图像各谱段的数据进行辐射校正,飞行器姿态几何校正、分幅、注记等复原、辅助处理的工作称之为粗处理,这种图像经增强后可供判读用。利用地面控制点测量数据对粗处理后的卫星图像进行几何校正和辐射量校正的工作称精处理。精处理后的图像可用于制图,上面所提到的几何校正包括对由于遥感器自身结构性能非理想化或其指标偏离其标称值以及遥感器位置、姿态和目标所引起图像几何畸变所进行的校正。

为了遥感图像便于使用,往往先需进行增强,这是一种计算机或光学设备改善图像视觉效果的处理,目的是为了突出所需要的信息,抑制不需要的信息。处理工作往往从全景中先选一小部分图像进行处理称之为开窗口。处理方法很多,在此仅举一例说明。

K—L 变换,又称主成分分析。由 Karhunen 和 Loeve 分别提出的一种变换方法。多波段图像各波段之间相关密切时概率密度函数的轴不满足正交,应用此变换可将图像变为一组不相关的表征函数序列,其作用是:①压缩信息,减少波段数,便于表达。②图像特征提取,突出地物类别。

经过上述过程,就可得到可用的卫星图像。实践中大量使用的是“假彩色”图像,有悖于人们的观察习惯,把植被表现为红色。目的是提高对影像的判读效果。使用截止滤光片截掉某些波长的彩色摄影,或用彩红外胶片将人们肉眼看不到的红外光和可见光感光所得的彩色影像均为假彩色。

对于所得到的合格图像,据各专业的要求,运用判读标志的实践经验,或借助各种技术手段和方法对遥感图像进行研究,识别出所需要的地物或测算出某种数量指标的过程叫判读,或叫解译、判译。据信息特征可分为定性判读与定量判读,据技术方法可分目视判读与自动化判读,据内容可分为一般判读和专题判读。

(三)与植被有关的遥感知识

1. 绿色植物光谱响应

光谱是按波长大小依次排列的谱系列。

太阳表面是具有近 6000°K 的炽热火球,其表面向外发出大量短波辐射,经过太空、大气层到地球表面,产生地物反射和吸收,吸收的能量再转变为热能的长波辐射。由于物体的物理化学特性不同,它对电磁波的吸收、反射和发射规律也大不一样,这就是区别、识别地面地物的

光学基础,也是解译遥感影像的基础。

绿色植物具有一系列特有的光谱响应特性。在前面叙述的基础上,有必要对绿色植物的光谱特性进行介绍。植物光谱基本上可分为3个区段,即 $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ 的可见光反射区, $0.7\sim 1.3\mu\text{m}$ 近红外反射区和 $1.3\sim 3.0\mu\text{m}$ 的中红外反射区。一般说来,绿色植被对紫外光吸收率高达88%以上,反射率小于10%,可见光部分70%~80%被吸收,反射率10%~20%,红外部分反射率高达40%~60%,对日光的反射,在可见光部分主要受色素影响,在近红外受细胞构造的影响,中红外和反射红外受水分含量影响(图1-1)。

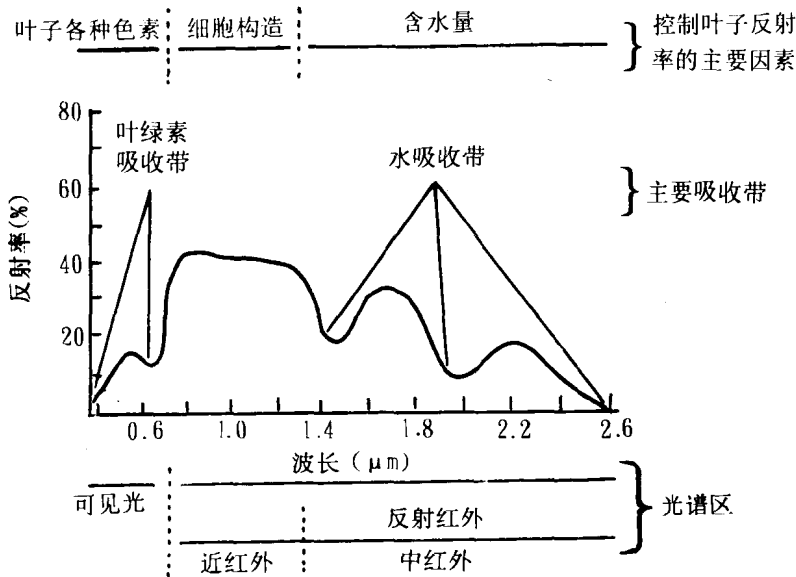


图 1-1 植物的反射波谱曲线

从图 1-1 可看到:

(1) $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ 可见光范围内,有两个吸收谷,即 $0.45\mu\text{m}$ 的蓝光与 $0.65\mu\text{m}$ 的红光,后者是光合作用的能量基础。有一个反射峰即 $0.55\mu\text{m}$ 的绿色,它是绿色植物呈绿色的光学原因。

(2) $0.7\sim 1.3\mu\text{m}$ 近红外区,呈强烈反射,主要是绿色植物叶内海绵组织许多空腔有很大的反射表面,且叶绿素呈水溶胶状态对红外有强烈的反射所致。吸蓝、吸红、反射红外光的现象称为“叶绿素效应”。

(3) 在 $1.3\sim 3.0\mu\text{m}$ 有 3 个水分吸收带,当植物含水量 $<54\%$ 时,叶绿素消亡,植物死亡,则曲线均呈现反射率增大趋势,称为“转移效应”。

卫星波段的设置主要依据其任务和所观测对象的波谱特性,现以 Landsat TM 和 NOAA 为例,从卫星波段与地物对应关系看植被遥感监测的可能性(表 1-3)。

从表 1-3 可以看出,所列两种卫星对植被有用的波段,虽然不是专门为林业设置的,但适当组合,以及某些图像处理技术或模型的采用会突出林业(植被)信息或林木的某些变化,当然在这种应用中林学背景知识是至关重要的。

表 1-3 TM 波段和 NOAA 波段的主要应用

波段	TM 应用	波段	NOAA 应用
1	水质、水深、沿海水流区别土壤植被	1	天气预报、云边界图、冰雪探测
2	水质、健康植物反射绿光	2	水体位置、冰雪溶化、植被和农作物评价、草场调查
3	水质、建筑物、植被覆盖度、植物叶绿素吸收	3	海面温度、夜间云覆盖、水陆边界、森林火灾、 禾草燃烧探测
4	水体边界、生物量测定	4	海面温度、昼夜云量、土壤湿度
5	植物、土壤含水量测定	5	海面温度、昼夜云量、土壤湿度
6	热异常探测、热分布制图、水与植物的热量测定		
7	地质、岩性及土壤类别识别、人工建筑物		

2. 植被指数(VI)

植被指数(绿波指数)即由多光谱数据,经线性、非线性组合构成的能反映绿色植物生长状况和分布特征的指数。绿色植物对可见光(R)和近红外(IR)谱段截然不同的吸收和反射特性是植被监测的物理基础,也是构造植被指数的主要波段。近红外波段对植被差异和长势反映敏感,指示植物光合作用能否正常进行。可见光红波段被植物叶绿素强吸收,进行光合作用,是光合作用的代表性波段,植被指数与长势、生物量、覆盖度、季相变动都有很好的相关关系,因此是研究植被的重要指标,同时植被指数在一定程度上有助于减少外界因素带来的数据误差,利于植被专题信息提取。

(1)归一化差值植被指数(NVI) 又称标准化植被指数(NVI),也称标准差异植被指数(NDVI),或标准绿度(ND)。

$ND = (IR - R) / (IR + R)$,对于 MSS 即 $ND = (M7 - M5) / (M7 + M5)$,对于 AVHRR 则 $ND = (CH2 - CH1) / (CH2 + CH1)$,对于 TM 则 $ND = (T4 - T3) / (T4 + T3)$,它与植物分布密度呈线性相关,因此又称之为生物量指标,适于任何覆盖度植被监测。

(2)比值植被指数(RVI) $RVI = IR / R$ 。对于 MSS, $RVI = M7 / M5$,对于 AVHRR, $RVI = CH2 / CH1$,对于 TM, $RVI = T4 / T3$,适于高覆盖度植被监测,最好用大气校正数据。

(3)环境植被指数(EVI) 又称差值植被指数(AVI), $EVI = IR - R$,对于 MSS, $EVI = M7 - M5$,AVHRR = $CH2 - CH1$,在 TM 中, $EVI = T4 - T3$ 。EVI 多用于 AVHRR 的植被遥感中。

(4)正交植被指数(PVI) 为排除 ND 与 EVI 中土壤背景干扰,通过正交变换使得土壤与植被光谱分离。

在 MSS 中, $PVI = 0.939M7 - 0.344M5 + 0.09$

在 AVHRR 中, $PVI = 1.6225CH2 - 2.2978CH1 + 11.0656$

3. 数量化林分蓄积量(材积表)

为求得不同林分每公顷蓄积,通过 TM 影像上判读的定性和定量因子所编制的多元数量化林分材积表。

(四)航空遥感的有关知识

航空遥感已应用多年,无需赘述,在此仅介绍与本书有关的必要的概念。

(1)超小比例尺航空照片 指摄影比例尺比 1 : 12 万更小者。

(2)机载 AADS-1268 多光谱扫描数据 计 11 波段,包括了 Landsat TM 及 NOAA 卫星全部波段,在航高 2500m 时,地面分辨率 6.25m,航带宽 4475m,每条扫描线 716 个像元。