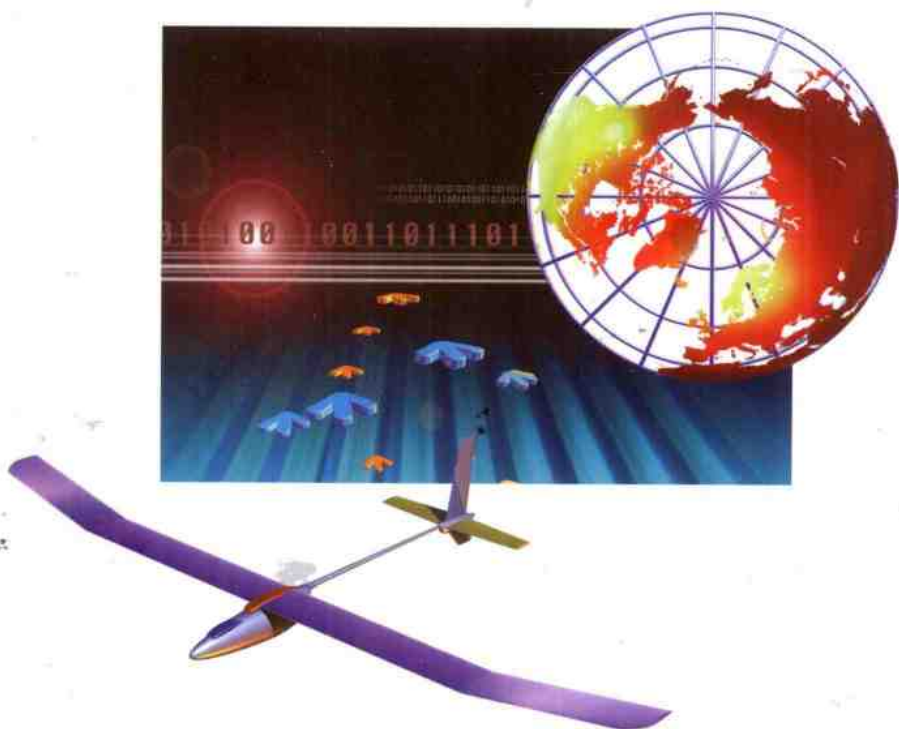




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

遥感技术应用

yaoganjishuyingyong 蒋建军 黄家柱 主编



凤凰出版传媒集团



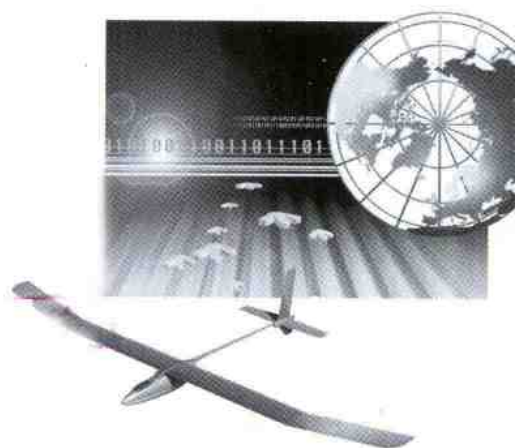
江苏教育出版社

JIANGSU EDUCATION PUBLISHING HOUSE



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

遥感技术应用



凤凰出版传媒集团



江苏教育出版社

JIANGSU EDUCATION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

遥感技术应用/蒋建军,黄家柱主编. —南京:江苏教育出版社,2010.3

ISBN 978-7-5343-9606-9

I. ①遥... II. ①蒋... ②黄... III. ①遥感技术—教材 IV. ①TP7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 032865 号

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 遥感的基本概念	1
1.2 遥感技术系统	2
1.3 遥感的分类	3
1.4 遥感的特点	5
1.5 遥感技术的发展	6
第 2 章 地物光谱特征与遥感数字图像信息提取	23
2.1 遥感图像地物光谱特征	23
2.2 典型地物的反射光谱特征	30
2.3 遥感图像目视解译	38
2.4 遥感数字图像信息提取	48
2.5 遥感数字图像定量反演	82
第 3 章 土壤遥感	89
3.1 土壤波谱特征及其变化规律	89
3.2 土壤遥感数据分析技术	95
3.3 土壤的判读	97
3.4 土壤遥感的应用	100
第 4 章 水环境遥感	116
4.1 水体的光谱特征	116

4.2	水资源遥感监测	118
4.3	水质遥感监测	132
4.4	海洋水色遥感研究	169
第5章	植被遥感	197
5.1	植物的光谱特征	197
5.2	植被遥感判读	200
5.3	植物生长状况的解译	203
5.4	植被指数	203
5.5	植被指数与地表参数的关系	212
5.6	植被遥感应用	220
第6章	大气遥感	227
6.1	大气的概述	227
6.2	大气遥感的原理	246
6.3	大气微波遥感	257
6.4	大气激光探测	261
6.5	对地观测卫星对大气圈的监测	269

第 1 章 绪 论

1.1 遥感的基本概念

一切地面目标,由于种类及其所处环境条件的差异,因而具有反射或辐射不同波长电磁波信息的特性。遥感正是利用地面目标反射或辐射电磁波的固有特性,通过观察目标的电磁波信息,获取目标的信息,完成远距离识别物体的技术。

遥感(Remote Sensing)作为一门综合技术是美国学者在 1960 年提出来的。Pruitt 把遥感定义为“以摄影方法或以非摄影方式获得被探测目标图像或数据的技术”。通常来说,遥感是一种远离目标物,通过非直接接触而判定、测量并分析目标性质的技术。

联合国运用卫星对地遥感研究小组对遥感的定义是:“观测物质或近地目标从紫外线到微波的某些波长的电磁反射或发射现象。”详细地说,就是运用现代的运载工具和电子光学仪器,以主动和被动方式接受地(球)表面或其以下一定深度的目标物发射或反射,从紫外线到微波能通过大气的某些波段的电磁波信息,经过加工处理,获得研究对象的有用信息,达到探测目标物的整个信息的接收、传输、处理和应用处理的目的。它是随着空间技术的出现而出现的,属于空间科学范围,被称之为宇宙中的“眼睛”。

遥感通过对目标进行探测,获取目标的信息,然后对所获取的信息进行加工处理,从而实现对目标进行定位、定性或定量的描述。目标信息的获取主要是利用从目标反射和辐射来的电磁波。接收从目标反射和辐射来的电磁波信息的设备称之为传感器(Remote Sensor),如航空摄影中的航摄相机等。搭载这些传感器的载体称之为遥感平台(Platform),如航摄飞机、人造地球卫星等。

遥感技术在地球资源的探测,地震、火山爆发的预测,环境污染的监测以及

地质矿产、石油、农业、林业、水利、测绘、气象、海洋等部门经济建设和国防建设中,都有着广泛的应用。

1.2 遥感技术系统

现代遥感技术系统一般由四部分组成:遥感平台、传感器、遥感数据接收与处理系统、遥感资料分析解译系统。其中遥感平台、传感器和数据接收与处理系统是决定遥感技术应用成败的三个主要技术因素,遥感分析应用工作者必须对它们有所了解和掌握。

1. 遥感平台(Platform)

在遥感技术中搭载传感器的工具称为平台或载体,它是传感器赖以工作的场所,平台的运行特征及其姿态稳定状况直接影响传感器的性能和遥感资料的质量。目前遥感平台主要有飞机、卫星和航天飞机等。

2. 传感器(Remote sensor)

收集、记录和传输目标信息的装置称为传感器,它是遥感的核心技术。目前应用的传感器主要有:摄影机、摄像仪、扫描仪、光谱辐射计等。平台和传感器代表着遥感技术的发展水平。

3. 遥感数据接收处理系统

为了接收从遥感平台传送来的图像和数据,必须建立遥感地面接收站。地面接收站由地面数据接收和记录系统(TRRS),图像数据处理系统(Image Digital Processing System, IDPS)两部分组成。地面数据接收和记录系统的大型抛物天线,能够接收遥感平台发回的数据。这些数据是以电信号的形式传回,经检波后,被记录在视频磁带上。然后把这些视频磁带、数据磁带或其他形式的图像资料等送往图像数据处理机构。图像处理机构的任务是将数据接收和记录系统记录在磁带上的视频图像和数据进行加工处理和贮存,最后根据用户的要求,制成一定规格的影像胶片和数据产品,作为商品分发给用户。

4. 分析处理系统

用户得到的遥感资料,是经过处理的图像胶片或数据。根据各自的应用目的,对这些资料进行分析、研究、判断解释,从中提取有用信息,并将其翻译成为我们所用的文字资料或图件,这一工作称为“解译”。目前,解译已经形成了一些规范的技术路线和方法。

(1) 常规目视解译技术。所谓常规目视解译是指人们用手持放大镜或立体镜等简单工具,凭借解译人员的经验,来识别目标物的性质和变化规律的方法。由于目视解译所用的仪器设备简单,在野外和室内都可进行。这种方法既能获得一定的效果,还可验证仪器的准确程度,所以它是一种最基本的解译方法。但是,目视解译既受解译人员专业水平和经验的影响,也受眼睛视觉功能的限制,并且速度慢,不够准确。

(2) 图像处理技术。图像处理技术是 20 世纪发展起来的一种识别地物的方法,它是利用电子计算机对遥感影像数据进行分析处理,获得目标地物的光谱信息,进而对待判地物实现自动识别和分类。该技术既快速、客观、准确,又能直接得到解译结果,是遥感分析解译的发展方向。近年来,在目标识别上,已发展到地表纹理、目标地物的形状等相结合的判别模型,从而大大提高了目标识别的可靠性。

1.3 遥感的分类

自从遥感技术问世以来,由于其应用领域广,涉及学科多,遥感传感器和平台技术的不断发展,学者们从自身角度出发,在遥感分类上尚未形成统一的分类体系,如航空与航天遥感,主动与被动遥感,红外与多光谱遥感,农业、地质遥感等。究其原因主要是人们对遥感分类所持依据不同。从遥感自身的特点及应用领域可从以下几个角度进行分类。

1.3.1 以探测平台划分

随着遥感技术发展,遥感已进入了多平台时代,因此从遥感平台进行分类可划分为:地面遥感、航空遥感、航天遥感和航宇遥感。

1. 地面遥感 是以近地表的载体作为遥感平台的探测技术。如汽车、三角架、气球和大楼等。所用的传感器可以是成像或非成像传感器。地面遥感可以获得成像或非成像方式的数据,由于它与地面其他观测数据具有绝对同步关系,可以为构建地表物理模型奠定重要基础。

2. 航空遥感 是以飞机为平台从空中对目标地进行探测的技术。主要的特点是沿航线分幅获取地面目标地物信息,因此其灵活性大,所获得的图像比例尺大,分辨率高,已形成了航空摄影完整的理论体系,为地方尺度的遥感提供

数据平台。

3. 航天遥感 是以卫星、火箭以及航天飞机为平台,从外层空间对目标地进行探测的技术系统。航天遥感是 20 世纪 70 年代发展起来的现代遥感技术,其特点是已形成从低分辨率到高分辨率的对地观测手段,不仅可用于宏观区域的自然规律与现象的研究,同时高分辨率小卫星为地方尺度的大比例尺制图与地理规律的研究提供新的数据源,另外其重复周期短,为动态监测地球表面环境提供了可能。

4. 航宇遥感 是以宇宙飞机为平台对宇宙星际的目标进行探测的遥感技术。随着运载火箭技术的不断发展,人类活动范围逐步从地球环境向宇宙星际环境的延伸,从而实现了月球、火星等星际环境的遥测。这一技术为进一步探索地球的起源提供了科学数据。

1.3.2 按探测的电磁波段划分

根据传感器所接收的电磁波谱,遥感技术可分为五种:

1. 可见光遥感 传感器仅采集与记录目标物在可见光波段的反射能量,主要有摄影机、扫描仪、摄像仪等。

2. 红外遥感 传感器采集并记录目标地物在电磁波红外波段的反射或辐射能量,主要有红外摄影机、红外扫描仪等。

3. 微波遥感 传感器采集并记录目标地物在微波波段反射的能量,所用传感器主要包括扫描仪、微波辐射计、雷达、高度计等。

4. 多光谱遥感 传感器将把目标物反射或辐射来的电磁辐射能量分割成若干个窄的光谱带,同步探测得到一个目标物不同波段的多幅图像。目前所使用的多光谱遥感传感器有多光谱摄影机、多光谱扫描仪和反束光导管摄像仪等。

5. 紫外遥感 传感器采集和记录目标物在紫外波段的辐射能量,由于太阳辐射能量到达地面的紫外线能量非常弱,因此可用波段非常窄($0.3 \sim 0.4 \mu\text{m}$),但对地质遥感有非常重要的意义。

6. 高光谱遥感 高光谱遥感是近年发展起来的新型遥感探测技术,它是在某一波长范围内,以小于 10 nm 波长间隔对地观察,探测地表某目标地物的反射或发射能量的探测技术。高光谱遥感通常来讲,可分为成像高光谱和非成像高光谱遥感。非成像高光谱遥感,是指利用高光谱非成像光谱(辐射)仪在野外或实验室测量特征地物的反射率、透射率及其辐射率,从而从不同侧面揭示特征地

表波谱特征以及其性质。野外或实验室高光谱研究,为进一步模拟成像光谱仪,确定传感器测量光谱范围、波段设置(波段数、波宽及位置)和评价遥感数据的应用潜力奠定基础,常用的非成像光谱仪有 ASD、LI-1800 等。成像高光谱遥感,是指以小于 10 nm 的光谱波宽,探测地面目标地物的波段特征的技术,目前成像高光谱仪大都在 9~10 nm 的波宽,有 128 以上的波段对地表进行探测其反射能量。如 AIS 高光谱传感器有 128 个波段,波宽为 9.6 nm; AVIRIS 高光谱传感器有 224 个波段,波宽为 10 nm。

1.3.3 按电磁辐射源划分

根据传感器所接收的能量来源,遥感技术可划分为主动和被动遥感两种。

1. 被动遥感 指传感器探测和记录目标地物对太阳辐射的反射或是目标地物自身发射的热辐射和微波的能量。其中目标物反射的电磁波能量,其输入能量是太阳自然辐射而非人工辐射源,热红外和微波波段的发射能量是地物吸收太阳辐射能量后的再辐射过程。

2. 主动遥感 是指传感带有电磁波发射装置,在探测过程中,向目标地物发射电磁波辐射能量,然后接收和记录目标物反射或散射回来的电磁波的遥感。如雷达、闪光摄影等属此类。

1.3.4 按应用目的划分

根据遥感信息源的应用进行划分,可分为地质遥感、农业遥感、林业遥感、水利遥感、海洋遥感、环境遥感、灾害遥感等。

1.4 遥感的特点

从遥感传感器与遥感平台的发展来看,在性能、经济效益等方面遥感技术有以下六个方面的特点:

1. 探测范围广,获取信息的范围大。一幅陆地卫星照片对应地面约三万四千多平方公里,覆盖我国全部领土仅需五百多张,而覆盖我国全部领土所需航片则是近一百万张。前者可连续不断且无一遗漏地重复获得,后者实际上不可能连续重复探测。因此这个特点对国土资源概查有着重大意义,同时宏观的特点使得大面积以至全球范围研究生态环境和资源问题成为可能。许多大的特征形

迹如长达几千公里的地壳深部断裂,直径上千公里的大环形构造等只有在卫片上才能显现出来。

2. 获取的信息内容丰富、新颖,能迅速反映动态变化。正因为遥感探测范围广,所以获取的信息内容丰富。卫星周期性对地球各处进行观察,使得有可能进行动态观测,获取新颖的资料,从而实现对地的动态变化监测。

3. 获取信息方便而且快速。利用遥感获取信息不受地形限制。对于高山冰川、戈壁沙漠、海洋等地区,一般方法不易获得的资料,卫星像片则可以获得大量有用的资料。同时,卫星还可以不受任何政治、地理条件的限制,覆盖地球的任何一角。这使得能够及时地获得各种地表信息,使得过去对农田、森林、城市等大区域成图所需几年到十几年的时间大为缩短。例如英国过去对其 24 万平方公里的国土进行常规地面调查需 6 000 人工作 6 年,现在采用卫星遥感只需 4 个人工作 9 个月。

4. 综合性。遥感技术构成对地球观察监测的多层空间、多波段、多时相的探测网。它从三个空间:地理空间(经、纬、高程)、光谱空间、时间空间提供给我们五维信息,使得能更加全面深入地观察、分析问题。

5. 成本低。例如某水渠规划设计,航空勘测花费为 26 美元/平方公里,而利用卫片只需 0.6 美分/平方公里。

6. 高分辨率、高光谱遥感发展逐步走向成熟。当代遥感技术已能全面覆盖大气窗口,包括可见光、近红外和短波红外区域。热红外遥感的波长可达 $8\sim 14\ \mu\text{m}$;微波遥感观测目标物电磁波的辐射和散射,分被动微波遥感和主动微波遥感,波长范围为 $0.1\sim 100\ \text{cm}$ 。目前卫星遥感的空间分辨率已从原来的几公里、几百米、几十米逐步发展几米和几十厘米。光谱分辨率从单一波段、多光谱遥感逐步发展到高光谱遥感。

1.5 遥感技术的发展

任何一门科学和技术的形成与发展,总是和时代的发展和要求相一致的,遥感技术的发展当然也不例外。它的形成是与传感器技术、宇航技术、通讯技术以及电子计算机技术的发展相联系,与军事侦察、环境监测、资源开发利用和全球变化的需要相适应的。

20 世纪 50 年代以来,随着科学技术的发展,在普通照相机和飞机的基础

上,一些新的信息探测系统相继出现。“遥感(Remote Seinsing)”这一术语是1960年美国学者伊林 L. 布鲁伊特(Evelyn L. Pruitt)首先提出的。1962年在美国密执安大学召开的国际环境科学遥感讨论会上,这一术语被正式通过,从此就标志着遥感这门新学科的形成。随着遥感技术的不断发展,人类观测电磁辐射的能力从可见光扩展到了紫外、红外、微波等。对目标物信息的收集方式从摄影成像到扫描仪;资料由成像到数据(非图像);平台由汽车、飞机发展到了卫星、火箭、宇宙飞船;应用研究从军事、测绘领域扩展到了农、林、水、气象、地质、地理、环境和工程等部门。

遥感技术的应用大致可划分三个阶段:航空遥感、航天遥感与遥感信息定量化。

1.5.1 航空遥感

如果说人类最早的遥感意识是懂得了凭借人的眼、耳、鼻等感觉器官来感知周围环境的形、声、味等信息,从而辨认出周围物体的属性和位置分布的话,那么,人类自古以来就在想方设法不断地扩大自身的感知能力和范围。古代神话中的“千里眼”、“顺风耳”即是人类这种意识的表达和流露,体现了人们梦寐以求的美好幻想。1610年意大利科学家伽利略研制的望远镜及其对月球的首次观测,以及1794年气球首次升空侦察,可视为是遥感的最初尝试和实践。而1839年达格雷(Daguerre)和尼普斯(Niepcce)的第一张摄影像片的发表则是遥感成果的首次展示。

随着摄影术的诞生和照相机的使用,以及信鸽、风筝及气球等简陋平台的应用,构成了初期遥感技术系统的雏形。空中像片的魅力,得到更多人的首肯和赞许。1903年飞机的发明,以及1909年怀特(Wilbour · Wright)第一次从飞机上拍摄意大利西恩多西利(Centocelli)地区空中像片,从此揭开了航空摄影测量遥感初期发展的序幕。

在第一次进行航空摄影以后,1913年开普顿·塔迪沃(Captain · Tardivo)发表论文首次描述了用飞机摄影绘制地图的问题。第一次世界大战的爆发,使航空摄影因军事上的需要而得到迅速的发展,并逐渐发展形成了独立的航空摄影测量学的学科体系。其应用进一步扩大到森林、土地利用调查及地质勘探等方面。

1826年摄影技术的发明标志着遥感技术的诞生。1903年 W. 莱特和 O. 莱

特发明了飞机,并在 1903 年 4 月 24 日意大利威尔伯·赖特驾驶飞机拍摄了第一张航空像片,1913 年根据摄影像片制作了地形图并研制了立体制图仪,1915 年开始生产航摄相机,1924 年生产了彩色胶片和航空摄影机正式问世,逐步为航空摄影与摄影测量奠定基础。

随着航空摄影测量学的发展及其应用领域的扩展,特别是第二次世界大战爆发军事上的需要,以及科学技术的不断进展,使彩色摄影、红外摄影、雷达技术及多光谱摄影和扫描技术相继问世,传感器的研制得到迅速的发展,遥感探测手段取得了显著的进步,从而超越了航空摄影测量只记录可见光谱段的局限,向紫外和红外扩展,并扩大到微波。同时,运载工具以及判读成图设备等也都得到相应的完善和发展。随着科学技术的飞跃发展,遥感技术迎来了一个全新的现代遥感发展时期。

20 世纪 30 年代起,航空像片除用于军事外,被广泛用于地学领域,主要为认识地理环境和编制各类专题地图服务。1930 年美国开始进行全国航测,编制中小比例尺地形图和为农业服务的大比例尺专题地图。随后,西欧、苏联等也开始了全国性的航测,与此同时航测理论与技术都有了较大的发展。1931 年出现了感红外的航摄胶片,首次获得了目标物的不可见光信息。1937 年进行了首次彩色航空摄影,并进行多光谱和紫外航空摄影。到了 20 世纪 50 年代,非摄影成像的扫描技术和侧视雷达技术开始应用,打破了用胶片所能响应的波段范围限制,使遥感技术发展到了航空遥感阶段。

随着探测技术的进步,大量专业人员和理论研究工作也得到了相应的发展,相继出版了一些著作,如《航空像片:应用与判读》(A. J. 厄德莱,1941),《航空摄影与航空测量》(J. W. 巴格莱,1949),美国于 1949 年在大学开始开设航摄和像片判读课程,国际地理学会于 1949 年设立了航片应用委员会,1945 年美国创刊了《摄影测量工程学》第一本专业杂志,1975 年改名为《摄影测量工程与遥感》。

航空遥感问世以后,在国民经济的各个领域,尤其是环境科学、地质学、地理学、农学、林学及军事等方面得到了广泛应用,更重要的是对于不同比例尺的地形图测量,航空摄影测量起到了非常重要的作用,我国不同比例尺的地形图在无人区大多是根据航空摄影平面图结合大地测量点进行勾绘制图的。

1.5.2 航天遥感

1957 年 10 月 4 日前苏联发射了人类第一颗人造地球卫星,标志着遥感新

时期的开始。1959年前苏联宇宙飞船“月球3号”拍摄了第一批月球像片。60年代初人类第一次实现了从太空观察地球的壮举,并取得了第一批从宇宙空间拍摄的地球卫星图像。这些图像扩展了人们的视野,引起了广泛的关注。随着新型传感器的研制成功和应用、信息传输与处理技术的发展,美国在一系列试验的基础上,于70年代初(1972年7月23日)发射了用于探测地球资源和环境的地球资源技术卫星“ERTS-1”(即陆地卫星-1),为航天遥感的发展及广泛应用开创了一个新局面。至今世界各国共发射各种人造地球卫星超过3 000颗,其中大部分为军事侦察卫星(约占60%),用于科学研究及地球资源探测和环境监测的有气象卫星系列、陆地卫星系列、海洋卫星系列、测地卫星系列、天文观测卫星系列和通讯卫星系列等。通过不同高度的卫星及其载有不同类型的传感器,不间断地获得地球上的各种信息。现代遥感充分发挥航空遥感和航天遥感的各自优势,并融合为一个整体,构成了现代遥感技术系统。为进一步认识和研究地球,合理开发地球资源和保护地球环境,提供了强有力的现代化手段。

现代遥感技术的发展引起了世界各国的普遍重视,遥感应应用领域及应用深度在不断扩大和延伸,取得了丰硕的成果和显著的经济效益。国际学术交流日益频繁,遥感的发展方兴未艾。这一时期遥感的发展主要表现在以下几个方面:

1. 遥感平台方面除航空遥感已成业务化外,航天平台也形成了系列,20世纪已有5 000余颗人造卫星升空。有飞出太阳系的“旅行者”1号、2号等航天平台;也有以空间轨道卫星为主的航天平台,包括载人空间站、空间实验室、返回式卫星,以及往返于空间与地面间的航天飞机(Spaceshuttle)。在空间轨道卫星中,有地球同步卫星、太阳同步卫星,还有一些低轨和高轨卫星。有综合目标较大的卫星,也有专题目标明确的小卫星群。不同高度、不同用途的卫星构成了对地球和宇宙空间的多度角、多周期观测。

2. 传感器方面,探测的波段范围不断延伸,波段的分割愈来愈精细,从单一谱段向多谱段发展。成像光谱技术的出现把感测波段从数百个推向上千个,探测目标的电磁波特性更全面地反映出目标物的性质,它使本来在宽波段遥感中不可探测的物质被探测出来。成像雷达所获取的信息也向多频率、多角度、多极化、多分辨率的方向发展。激光测距与遥感成像的结合使得三维实时成像成为可能;各种传感器空间分辨率不断提高,特别是像IKONOS这样1 m级高空间分辨率航天图像的出现,使航天遥感与航空遥感的界线变得模糊;数字成像技术的发展,突破了传统摄影与扫描成像的界线。此外,多种探测技术的集成日趋成

熟。如雷达、多光谱成像与激光测高、GPS 的集成可以同时取得经纬度坐标和地面高程数据,用于实时测图,并且随着遥感技术的发展,集成度将更高。

3. 遥感信息处理方面,在摄影成像、胶片记录的年代,光学处理和光电子学影像处理起着主导的作用。随着数字成像技术和计算机图像处理技术的迅速发展,众多的传感器和日益增长的大量探测数据使得信息处理更为重要。光存储器的的发展,使“信息爆炸”问题有所缓解。大容量、高速度的计算机与功能强大的专业图像处理软件的结合成为主流。PCI、ERDAS、ENVI、ER-MAPPER 和 IDRISI 等商品化软件已为广大用户所熟知。这些软件本身也在不断完善以适应遥感技术的发展,如可以读取多种数据格式,设置专门模块处理雷达图像,具有三维显示、贯穿飞行等功能,并与多种 GIS 软件和数据库兼容。在信息提取、模式识别等方面也不断引入相邻学科的信息处理方法,丰富了遥感图像处理内容,如分形理论、小波变换、人工神经网络等方法,逐步融入人的知识,使信息处理更趋智能化;为适应高分辨率遥感图像和雷达图像处理的要求,除了在光谱分类方面改善图像处理方法之外,结构信息的处理和多源遥感数据及遥感与非遥感数据的融合也得到重视和发展。

4. 遥感应用方面,经过近 30 多年的发展,遥感技术已广泛渗透到国民经济的各个领域,对于推动经济建设、社会进步、环境的改善和国防建设起到了积极作用。在外层空间探测方面,从轨道卫星和宇宙飞船的传感器上所能获取的信息是地面观测所不能取得的。空间遥感对地观测得到的全球变化信息已被证明有不可替代性。由遥感观测到的全球气候变化、厄尔尼诺现象及影响、全球沙漠化、绿波(指植被)推移、海洋冰山漂流等的动态变化现象已经引起人们广泛的重视;海洋渔业、海上交通、海洋生态等方面的研究中,遥感已成为重要角色;矿产资源、土地资源、森林草场资源、野生动物资源、水资源的调查和农作物的估产都缺少不了遥感手段的应用;遥感在解决各种环境变化,如城市化、沙漠化、土地退化、盐渍化、环境污染等问题有独特的作用。此外,在灾害监测,如水灾、火灾、多种气象灾害和农作物病虫害的预测、预报与灾情评估等方面,遥感都发挥了巨大的作用。在各种工程建设中,不同尺度、不同类型的遥感数据在不同层次发挥了作用,如大型水利工程、港口工程、核电站、路网、机场建设、城市规划等。必须指出的是,近十多年来国际上几次重大的军事行动,都综合地运用了遥感技术获取重要的信息。

随着遥感应用向广度和深度发展,遥感探测更趋于实用化、商业化和国

际化。

当前,就遥感的总体发展而言,美国在运载工具、传感器研制、图像处理、基础理论及应用等遥感各个领域(包括数量、质量及规模上)均处于领先地位,体现了现今遥感技术发展的水平。前苏联也曾是遥感的超级大国,尤其在其运载工具的发射能力上,以及遥感资料的数量及应用上都具有一定的优势。此外,西欧、加拿大、日本等发达国家也都在积极地发展各自的空间技术,研制和发射自己的卫星系统,例如法国的 SPOT 系列卫星,日本的 JERS 和 MOS 系列卫星等。许多第三世界国家对遥感技术的发展也极为重视,纷纷将其列入国家发展规划中,大力发展本国的遥感基础研究和应用,如中国、巴西、泰国、印度、埃及和墨西哥等,都已建立起专业化的研究应用中心和管理机构,形成了一定规模的专业化遥感技术队伍,取得了一批较高水平的成果,显示出第三世界国家在遥感发展方面的实力及其应用上的巨大潜力。

1.5.3 遥感信息量化

遥感信息量化是指通过实验或物理模型将遥感信息与观测目标参量联系起来,将遥感信息定量地反演或推算为某些地学、生物学及大气等观测目标参量。

遥感信息的量化有两重含义:其一是遥感信息在电磁波不同波段内给出的地表物质定量的物理量和准确的空间位置(顾行发,2005)。例如:在可见光—近红外—短波红外波段内的地表反射比,热红外波段内地表辐射温度和真实温度,在微波波段内地表物体的亮度温度和发射率及物体的后向散射系数等定量数值。在地表温度的反演方面,在已知比辐射率的前提下,利用各种对大气辐射传输方程的近似和假设,相继提出了多种地表温度反演算法。如单通道法、多通道法、单通道多角度法、多通道多角度法等(李召良,1999)。但是由于以下几个方面的原因,陆地表面温度的反演相当困难。第一,陆地表面比辐射率具有不确定性,它依赖于地表组分,并与物理状态(如含水量、粗糙度)和观测角等因素有关,在时空上变化大。陆面一般具有不均质性,像元尺度内比辐射率整体差异大,难以预先确定。加之温度与比辐射率的分离更为复杂。第二,大气效应中必须考虑到大气下行辐射效应(环境辐照度)以及陆面上方气溶胶的局地变化;地表热辐射的方向性,需要从亚像元结构和组分温度/波谱尺度加以解释(李小微,1996)。为了解决陆地表面温度反演问题,国内外学者提出多种不同的多通道、

多角度方法和温度反演策略。有的考虑增加波段,引入 $3.5\sim 4.5\ \mu\text{m}$ 的中红外,并考虑应用昼/夜多时相数据等。如:Becker 等(1990)在地表温度反演中加入了 NOAA/AVHRR 的第 3 通道($3.55\sim 3.93\ \mu\text{m}$)的中红外信息,并应用昼/夜数据提出一个与温度无关的独立因子。又如:万正明、李召良(1997)利用 MODIS 7 个热红外通道(其中 $8\sim 14\ \mu\text{m}$ 窗口内的 4 个远红外通道, $3.4\sim 4.5\ \mu\text{m}$ 窗口内的 3 个中红外通道)的昼/夜数据,建立方程组,同时反演地表温度、通道平均比辐射率和大气参数。有的从热辐射方向性入手,运用地物辐射的多角度信息,进行非同温像元热辐射特性和比辐射率方向性研究,来反演地表温度(陈良富,1999;李小文,1999)。还有运用先验知识相应的反演技巧或策略,以提高地表温度遥感反演精度(李小文,1999)。如柳钦火等用双通道法对大气进行非线性校正,并用“双温度相邻像元”的技巧进行比辐射率和地表温度的同步反演。

其二是从这些定量的遥感信息中,通过实验或物理模型将遥感信息与地学参量联系起来,定量地反演或推算某些地学或生物学的参量。例如,植被的生物量、叶面积指数、农田的蒸散量、森林积蓄量、土地利用面积、积雪厚度、洋面风速和风向、海面温度、海洋叶绿素含量、水体泥沙含量等(顾行发,2005)。例如:倪绍祥、蒋建军等(倪绍祥,2002)以青海湖地区为研究区,通过对 Landsat TM 图像处理,并借助地理信息系统技术,通过数年的实地调查和资料收集,对青海地区草地蝗虫生境类型进行了划分,并对这些生境类型的草地蝗虫潜在发生和成灾的可能性进行了评估。此外,在草地蝗虫发生与各类生境因子关系分析的基础上,初步建立了草地蝗虫发生的预测预报模型和技术系统。在土壤质量信息提取方面,刘伟东(刘伟东,2002)通过高光谱遥感探讨了土壤的光谱特征与土壤矿物成分、土壤颜色、土壤表面湿度、土壤有机质以及氧化铁的关系。在水体叶绿素 a 浓度反演方面,其方法大致可分为经验方法(empirical method)、半经验方法(semi-empirical method)和分析方法(analytical method)三种(Dekker, 1993)。20 世纪 80~90 年代以经验方法为主,90 年代后以半经验方法为主,目前关于分析方法的研究有所上升。分析方法虽然受条件限制发展比较缓慢,但是代表着未来水质遥感定量反演的趋势。Allee(Allee, 1999)等通过经验方法利用不同时段的 TM 数据建立对数多元回归模型,估测美国 Bull Shoals 水库表面的叶绿素 a 浓度和悬浮物浓度,并对不同时期的藻类组成进行分析。杨一鹏(杨一鹏,2004)通过半经验方法对内陆二类水体叶绿素 a 浓度定量遥感反演模型的研究,对叶绿素 a 的遥感反演方法从地面高光谱到卫星影像做了细致分析。