

# 遥感概论·修订版·

吕国楷

洪启旺

郝允充

王文明编

高等教育出版社

分册(京)

遥 感 概 论

# 遥 感 概 论

(修订版)

吕国楷 洪启旺 郝允充 王文明 编

北京人民教育出版社

北京海淀区中关村大街25号

北京 100081

1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

787×1092 1/32 320页

高等教育出版社

01-0101

00.11.01

(京)112号

## 内 容 提 要

本书是高等师范院校地理专业本科用教材。它是在本书第一版的基础上，吸收和采纳了其它院校的建议和意见，并在总结近年来教学经验的基础上，结合当前遥感发展现状和我国的实际情况修编而成。本书是介绍遥感技术基本理论、基本知识及其应用的入门教材。

全书共七章：第一章绪论；第二章遥感的物理基础；第三章，第四章介绍了航空遥感及航空像片的判读；第五章，第六章为航天遥感及其卫星图像的目视判读；第七章是遥感图像处理与地理信息系统概述。

本书也可作为教育学院，师专地理专业的本、专科师生及中学地理教师的教学参考用书，也可供国土资源调查及整治、土地管理、环境保护、城市规划、农业、林业、地质、水利、测绘等部门专业科技人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

遥感概论/吕国楷等编. - 修订版. - 北京: 高等教育出版社, 1995. 3 (1998 重印)

ISBN 7-04-005193-1

I. 遥… II. 吕… III. 遥感技术-理论 IV. TP701

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 27588 号

\*

高等教育出版社出版  
新华书店总店北京发行所发行  
北京市顺新印刷厂印装

\*

开本 787×1092 1/16 印张 13 插页 3 字数 320 000

1986 年 5 月第 1 版

1995 年 5 月第 2 版 1998 年 4 月 3 次印刷

印数 14 153-24 162

定价 11.00 元

## 再版前言

本书第一版1986年由高等教育出版社出版发行以来,在全国高等师范院校中广泛使用。在此期间分别在昆明、济南等地举行了全国高等师范院校“遥感教学研讨会”,对本书进行了多次评议和分析,对本书给予了肯定。与此同时我们也利用各种机会向其它院校广泛地征集到一些好的意见和建议。鉴于当前遥感技术发展迅速,以及我国近年来在遥感技术方面的新进展,为了更好地适应当前教学及教改的需要,本书的修订在高等学校地理学教学指导委员会地图、遥感、计量地理教材建设组和高等教育出版社的支持帮助下,组成了《遥感概论》修订组,对本书进行了修订。

在修订过程中,为了不打乱已建立起来的教材体系,保持教学的连续性,基本保持了本书第一版的结构。在此基础上,力求使本书第一版“全面系统、深入浅出”的原有特点更为突出;在内容上则吸收和采纳了一些兄弟院校的建议和好的意见,并在总结以往教学经验的基础上,融进了近年来国内外遥感技术发展的一些新成果和新成就,以反映出本学科的最新发展水平,更好地适应当前教学的需要。

修订后全书共七章,分工如下:第一章、第七章:吕国楷(河北师大);第二章、第六章:洪启旺(福建师大);第三章、第五章:郝允充(内蒙古师大);第四章:王文明(首都师大)。全书由吕国楷统稿、定稿。

参加本书审稿会的同志有:陈丙咸、梅安新、彭望球、王世谦、许仲路。他们为提高本书质量认真负责的工作,提出了许多宝贵意见,编者表示衷心地感谢。

编者怀着敬意,对参加本书第一版编写工作的赵淑梅先生、陈由基先生、褚广荣先生,郁向阳先生给予修订工作的热情支持和帮助表示深切的感谢。同时我们还要特别感谢高等教育出版社朱新美、徐丽萍等同志提供的帮助。书中部分航空像片由测绘出版社王岩同志提供,在此也表示感谢。

本书虽然几经修改,但由于编者水平所限,书中难免存在缺点,恳切希望同行和读者指正。

编者

1994年3月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 遥感概述</b> .....	1
一、遥感的概念及特点 .....	1
二、遥感的分类 .....	2
三、遥感过程及其技术系统 .....	3
<b>第二节 遥感发展概况及其展望</b> .....	4
一、遥感发展概况 .....	4
二、我国遥感发展概况及其特点 .....	6
三、当前遥感发展主要特点与展望 .....	7
<b>第三节 遥感在地理学中的作用     和意义</b> .....	8
一、遥感已成为地理研究和工作的重 要信息源 .....	8
二、遥感已成为地理研究的重要手 段和方法 .....	9
<b>第四节 遥感的应用</b> .....	9
一、遥感在资源调查方面的应用 .....	10
二、遥感在环境监测评价及对抗自然 灾害方面的应用 .....	11
三、遥感在区域分析及建设规划方 面的应用 .....	12
四、遥感在全球性宏观研究中的应 用 .....	13
五、遥感在其它方面的应用 .....	13
<b>第二章 遥感的物理基础</b> .....	15
<b>第一节 电磁波与电磁波谱</b> .....	15
一、电磁波及其特性 .....	15
二、电磁波谱 .....	16
三、电磁辐射源 .....	18
<b>第二节 地物的光谱特性</b> .....	21
一、地物的反射光谱特性 .....	22
二、地物的发射光谱特性 .....	25
三、地物的透射光谱特性 .....	31
<b>第三节 大气和环境对遥感的影     响</b> .....	32
一、大气成分和结构 .....	33
二、大气对太阳辐射的影响 .....	33
三、大气窗口 .....	36
四、环境对地物光谱特性的影响 .....	38
<b>实习 1 测定地物的光谱反射率</b> .....	39
<b>第三章 航空遥感与航空像片</b> .....	41
<b>第一节 航空摄影</b> .....	41
一、航空摄影机 .....	41
二、影像的形成 .....	41
三、航空摄影的种类 .....	42
<b>第二节 航空像片的几何特性</b> .....	45
一、航空像片属于中心投影 .....	45
二、航空像片比例尺及其测定 .....	48
三、像点位移 .....	51
<b>第三节 航空像片的立体观察与     量测</b> .....	53
一、立体观察原理 .....	53
二、像对的立体观察条件 .....	55
三、用立体镜进行像对立体观察 .....	56
四、在像片上量测像点的高程差 .....	58
<b>实习 2 航空像片比例尺测定</b> .....	60
<b>实习 3 立体观察练习</b> .....	61
<b>实习 4 反光立体镜测定像点高     程差</b> .....	62
<b>第四章 航空像片目视判读</b> .....	63
<b>第一节 航空像片目视判读的     方法和步骤</b> .....	63
一、航空像片判读标志 .....	63
二、航空像片目视判读方法 .....	67
三、航空像片目视判读步骤 .....	68
四、航空像片转绘方法 .....	69
<b>第二节 水体判读</b> .....	71
一、河流判读 .....	72
二、湖泊判读 .....	72
三、海域判读 .....	72
<b>第三节 地貌判读</b> .....	73
一、地形形态判读 .....	73
二、流水地貌判读 .....	74
三、黄土地貌判读 .....	75
四、喀斯特地貌判读 .....	77

五、风成地貌判读 .....	78
六、冰川地貌判读 .....	79
七、火山地貌判读 .....	82
<b>第四节 地质判读</b> .....	81
一、岩性判读 .....	81
二、构造判读 .....	86
<b>第五节 植被和土壤判读</b> .....	91
一、植被判读 .....	91
二、土壤判读 .....	93
<b>第六节 居民地、道路判读</b> .....	94
一、居民地判读 .....	94
二、道路判读 .....	96
<b>第七节 其它航空遥感图像及其判读</b> .....	96
一、彩色航空像片 .....	96
二、红外航空像片 .....	97
三、热红外航空图像 .....	98
四、航空侧视雷达图像 .....	104
<b>实习 5 航空像片室内地质判读</b> .....	106
<b>实习 6 土地利用判读</b> .....	107
<b>实习 7 从航空像片上转绘判读内容</b> .....	109
<b>第五章 航天遥感与卫星图像</b> .....	111
<b>第一节 陆地卫星</b> .....	111
一、陆地卫星的传感器 .....	112
二、陆地卫星的轨道与覆盖 .....	113
三、陆地卫星的地面控制、接收和处理系统 .....	116
<b>第二节 陆地卫星图像</b> .....	117
一、陆地卫星图像的物理特性 .....	117
二、陆地卫星图像的几何特性 .....	119
三、陆地卫星图像的符号及注记 .....	121
<b>第三节 地球观测实验卫星(SPOT)图像</b> .....	124
一、地球观测实验卫星(SPOT)的轨道特征 .....	124
二、SPOT 卫星图像特征 .....	126
<b>第四节 极轨气象卫星及其卫星图像</b> .....	127
一、极轨气象卫星 .....	127
二、极轨气象卫星的图像 .....	128
<b>实习 8 在卫星图像上连绘经纬线网</b> .....	129
<b>实习 9 熟悉卫星图像边框符号和注记</b> .....	130
<b>第六章 卫星图像的目视判读</b> .....	131
<b>第一节 卫星图像的判读特点</b> .....	131
一、卫星图像的特点 .....	131
二、卫星图像的判读标志 .....	132
三、卫星图像的判读方法 .....	133
四、卫星图像的判读步骤 .....	134
<b>第二节 水体判读</b> .....	134
一、水的光谱特性 .....	135
二、水体判读 .....	137
三、河流、水系的判读 .....	138
<b>第三节 地貌判读</b> .....	140
一、地貌形态判读 .....	140
二、流水地貌判读 .....	141
三、风成地貌判读 .....	142
四、黄土地貌判读 .....	142
五、喀斯特地貌判读 .....	143
六、冰川地貌判读 .....	143
七、火山及熔岩地貌判读 .....	143
<b>第四节 地质判读</b> .....	144
一、岩性判读 .....	144
二、构造判读 .....	150
<b>第五节 植被和土壤判读</b> .....	155
一、植被判读 .....	155
二、土壤判读 .....	159
<b>第六节 城镇判读</b> .....	165
一、建筑物的光谱特性 .....	165
二、道路的光谱特性 .....	166
三、城镇判读 .....	166
<b>第七节 土地利用现状判读</b> .....	167
<b>第八节 卫星图像判读举例</b> .....	169
一、边框注记阅读 .....	169
二、图像判读 .....	169
三、植被和土壤 .....	171
四、居民地 .....	172
五、交通道路 .....	172
<b>实习 10 典型卫星图像判读</b> .....	172
<b>实习 11 学校所在地卫星图像</b> .....	

判读 .....	173	三、遥感数字图像的分类处理 .....	186
<b>第七章 遥感图像处理及地理信息</b>		四、遥感数字图像处理设备 .....	189
<b>系统</b> .....	174	<b>第三节 地理信息系统概述</b> .....	189
<b>第一节 遥感图像的光学增强</b>		一、地理信息系统的概念 .....	189
处理 .....	174	二、地理信息系统的构成 .....	190
一、彩色合成原理 .....	174	三、地理信息系统的基本功能 .....	192
二、多波段彩色合成处理 .....	177	四、地理信息系统的主要类型 .....	194
三、图像相关掩膜增强处理 .....	179	五、地理信息系统与遥感 .....	194
<b>第二节 遥感数字图像处理</b> .....	180	<b>实习 12 彩色合成实验(选作)</b> .....	196
一、数字图像及其直方图 .....	180	<b>主要参考文献</b> .....	197
二、遥感数字图像的增强处理 .....	181		

# 第一章 绪 论

遥感技术是 20 世纪 60 年代兴起并迅速发展起来的一门综合性探测技术。它是在航空摄影测量的基础上,随着空间技术、电子计算机技术等当代科技的迅速发展,以及地学、生物学等学科发展的需要,发展形成的一门新兴技术学科。从以飞机为主要运载工具的航空遥感,发展到以人造地球卫星、宇宙飞船和航天飞机为运载工具的航天遥感,大大地扩展了人们的观察视野及观测领域,形成了对地球资源和环境进行探测和监测的立体观测体系;使地理学的研究和应用进入到一个新阶段。

## 第一节 遥感概述

### 一、遥感的概念及特点

遥感(Remote Sensing),从广义上说是泛指从远处探测、感知物体或事物的技术。即不直接接触物体本身,从远处通过仪器(传感器)探测和接收来自目标物体的信息(如电场、磁场、电磁波、地震波等信息),经过信息的传输及其处理分析,识别物体的属性及其分布等特征的技术。

通常遥感是指空对地的遥感,即从远离地面的不同工作平台上(如高塔、气球、飞机、火箭、人造地球卫星、宇宙飞船、航天飞机等)通过传感器,对地球表面的电磁波(辐射)信息进行探测,并经信息的传输、处理和判读分析,对地球的资源与环境进行探测和监测的综合性技术。

当前遥感形成了一个从地面到空中,乃至空间,从信息数据收集、处理到判读分析和应用,对全球进行探测和监测的多层次、多视角、多领域的观测体系,成为获取地球资源与环境信息的重要手段。

遥感在地理学中的应用,进一步推动和促进了地理学的研究和应用,使地理学进入到一个新的发展阶段。

遥感有如下主要特点:

1. 感测范围大,具有综合、宏观的特点。

遥感从飞机上或人造地球卫星上,居高临下获取的航空像片或卫星图像,比在地面上观察视域范围大得多。又不受地形地物阻隔的影响,景观一览无余,为人们研究地面各种自然、社会现象及其分布规律提供了便利的条件。

例如,航空像片可提供不同比例尺的地面连续景观像片,并可供像对的立体观测。图像清晰逼真,信息丰富。一张比例尺 1:35000 的 23cm×23cm 的航空像片,可展示出地面 60 余平方千米范围的地面景观实况。并且可将连续的像片镶嵌成更大区域的像片图,以便总观全区进行分析和研究。卫星图像的感测范围更大,一幅陆地卫星 TM 图像可反映出 34225 平方千米(即 185km×185km)的景观实况。我国全境仅需 500 余张这种图像,就可拼接成全国卫星影像图。因此,遥感技术为宏观研究各种现象及其相互关系,诸如区域地质构造和全球环境等问题,



提供了有利条件。

## 2. 信息量大,具有手段多,技术先进的特点。

遥感是现代科技的产物,它不仅能获得地物可见光波段的信息,而且可以获得紫外、红外、微波等波段的信息。不但能用摄影方式获得信息,而且还可以用扫描方式获得信息。遥感所获得的信息量远远超过了用常规传统方法所获得的信息量。这无疑扩大了人们的观测范围和感知领域,加深了对事物和现象的认识。

例如,微波具有穿透云层、冰层和植被的能力;红外线则能探测地表温度的变化等。因而遥感使人们对地球的监测和对地物的观测达到多方位和全天候。

## 3. 获取信息快,更新周期短,具有动态监测特点。

遥感通常为瞬时成像,可获得同一瞬间大面积区域的景观实况,现实性好;而且可通过不同时相取得的资料及像片进行对比、分析和研究地物动态变化的情况(版图3),为环境监测以及研究分析地物发展演化规律提供了基础。

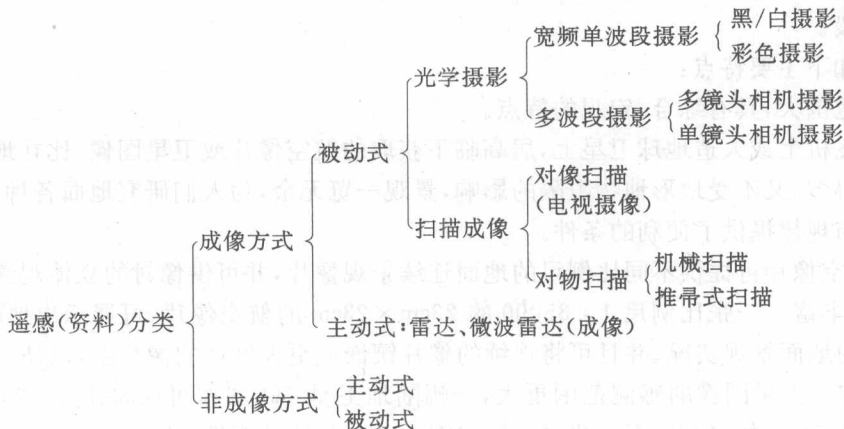
例如,陆地卫星4/5每16天即可对全球陆地表面成像一遍,气象卫星甚至可每天覆盖地球一遍。因此,可及时地发现病虫害、洪水、污染、火山和地震等自然灾害发生的前兆,为灾情的预报和抗灾救灾工作提供可靠的科学依据和资料。

此外,遥感还具有用途广,效益高的特点。遥感已广泛应用于农业、林业、地质矿产、水文、气象、地理、测绘、海洋研究、军事侦察及环境监测等领域,深入到很多学科中,应用领域在不断扩展。而遥感成果获取的快捷以及所显示出的效益,则是传统方法不可比拟的。遥感正以其强大的生命力展现出广阔的发展前景。

## 二、遥感的分类

由于分类标志的不同,遥感的分类有多种。如按遥感工作平台(即运载工具)的不同,可分为地面遥感(或近地遥感)、航空遥感、航天遥感;按探测电磁波的工作波段分类,可分为可见光遥感、红外遥感、微波遥感等;按遥感应用目的不同,又可分为环境遥感、农业遥感、林业遥感、地质遥感、海洋遥感等等。根据遥感资料的记录方式和传感器工作方式,又可作下列分类(表1-1)。

表 1-1 遥感(资料)的分类



成像方式(或称图像方式)就是将所探测到的强弱不同的地物电磁波辐射(反射或发射),

转换成深浅不同的(黑白)色调构成直观图像的遥感资料形式,如航空像片、卫星图像等。非成像方式(或非图像方式)则是将探测到的电磁辐射(反射或发射),转换成相应的模拟信号(如电压或电流信号)或数字化输出,或记录在磁带上而构成非成像方式的遥感资料。如陆地卫星 CCT 数字磁带等。

主动式遥感或被动式遥感则是按传感器工作方式的不同所作的分类。所谓主动式是指传感器带有能发射讯号(电磁波)的辐射源,工作时向目标物发射,同时接收目标物反射或散射回来的电磁波,以此所进行的探测。被动式遥感则是利用传感器直接接收来自地物反射自然辐射源(如太阳)的电磁辐射或自身发出的电磁辐射,而进行的探测。

光学摄影亦指通常的摄影,即将探测接收到的地物电磁波依据深浅不同的色调直接记录在感光材料上。扫描方式是将所探测的视场(或地物)划分为面积相等顺序排列的像元,传感器则按顺序以每个像元为探测单元记录其电磁辐射强度,并经转换、传输、处理,或转换成图像显示在屏幕或胶片上,或制成扫描数字产品。

遥感分类尽管很多,但依照其分类标志的不同,即可了解不同的遥感分类系统。

### 三、遥感过程及其技术系统

遥感过程是指遥感信息的获取、传输、处理,以及分析判读和应用的全过程。它包括遥感信息源(或地物)的物理性质、分布及其运动状态;环境背景以及电磁波光谱特性;大气的干扰和大气窗口;传感器的分辨能力、性能和信噪比;图像处理及识别;以及人们的视觉生理和心理及其专业素质等等。因此,遥感过程不但涉及到遥感本身的技术过程,以及地物景观和现象的自然发展演变过程,还涉及到人们的认识过程。这一复杂过程当前主要是通过地物波谱测试与研究,数理统计分析,模式识别,模拟试验方法,以及地学分析等方法来完成。遥感过程实施的技术保证则依赖于遥感技术系统。

遥感技术系统是一个从地面到空中直至空间;从信息收集、存贮、传输处理到分析判读、应用的完整技术体系。它主要包括以下四部分。

#### (一)遥感试验

其主要工作是对地物电磁辐射特性(光谱特性)以及信息的获取、传输及其处理分析等技术手段的试验研究。

遥感试验是整个遥感技术系统的基础,遥感探测前需要遥感试验提供地物的光谱特性,以便选择传感器的类型和工作波段;遥感探测中以及处理时,又需要遥感试验提供各种校正所需的有关信息和数据。遥感试验也可为判读应用提供基础。遥感试验在整个遥感过程中起着承上启下的重要作用。

#### (二)遥感信息获取

遥感信息获取是遥感技术系统的中心工作。遥感工作平台以及传感器是确保遥感信息获取的物质保证。

遥感(工作)平台是指装载传感器进行遥感探测的运载工具,如飞机、人造地球卫星、宇宙飞船等。按其飞行高度的不同可分为近地(面)工作平台,航空平台和航天平台。这三种平台各有不同的特点和用途,根据需要可单独使用,也可配合启用,组成多层次立体观测系统。各种平台如图 1-1 所示。

传感器是指收集和记录地物电磁辐射(反射或发射)能量信息的装置,如航空摄影机、多光

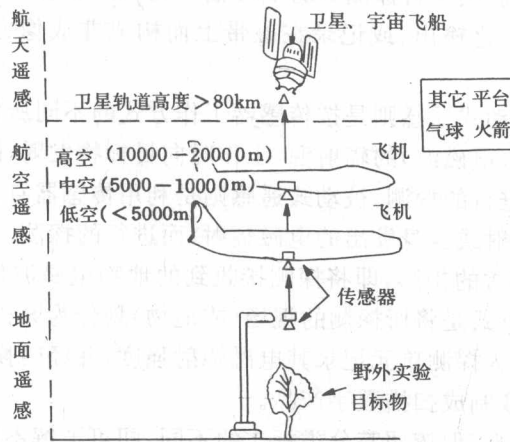


图 1-1 各种遥感平台示意图

谱扫描仪等。它是信息获取的核心部件,在遥感平台上装载上传感器,按照确定的飞行路线飞行或运转进行探测,即可获得所需的遥感信息。

### (三) 遥感信息处理

遥感信息处理是指通过各种技术手段对遥感探测所获得的信息进行的各种处理。例如,为了消除探测中各种干扰和影响,使其信息更准确可靠而进行的各种校正(辐射校正、几何校正等)处理,为了使所获遥感图像更清晰,以便于识别和判读,提取信息而进行的各种增强处理等。为了确保遥感信息应用时的质量和精度,以及为了充分发挥遥感信息的应用潜力,遥感信息处理是必不可少的。

### (四) 遥感信息应用

遥感信息应用是遥感的最终目的。遥感应用则应根据专业目标的需要,选择适宜的遥感信息及其工作方法进行,以取得较好的社会效益和经济效益。

遥感技术系统是个完整的统一体。它是建筑在空间技术、电子技术、计算机技术以及生物学、地学等现代科学技术的基础上的,是完成遥感过程的有力技术保证。

## 第二节 遥感发展概况及其展望

### 一、遥感发展概况

“Remote Sensing”(遥感)一词首先是由美国海军科学研究部的布鲁依特(E·L·Pruitt)提出来的。60年代初在由美国密执安大学等组织发起的环境科学讨论会上正式被采用,此后“遥感”这一术语得到科学技术界的普遍认同和接受,而被广泛运用。而遥感的渊源则可追溯到很久远以前,其发展可大致分为二大时期。

#### (一) 遥感的萌芽及其初期发展时期

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,那末,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(Niepce)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。

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,遥感迎来了一个全新的现代遥感的发展时期。

## 2.2 现代遥感发展时期

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。这些图像大大地开扩了人们的视野,引起了广泛关注。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(1972.7.23)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了各种人造地球卫星已超过3000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的不同类型的传感器,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,遥感应用的领域及应用的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,前景远大。

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 卫星系列,日本的 JERS 和 MOS 系列卫星(版图 2)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。

纵观遥感近 30 年来的发展,总的看来,当前遥感仍处于从实验阶段向生产型和商业化过渡的阶段,在其实时监测处理能力、观测精度及定量化水平,以及遥感信息机理、应用模型建立等方面仍不能或不能完全满足实际应用要求。因此,今后遥感的发展将进入一个更为艰巨的发展历程,为此需要各个学科领域的科技人员协同努力,深入研究和实践,共同促进遥感的更大发展。

## 二、我国遥感发展概况及其特点

我国国土辽阔,地形复杂,自然资源丰富。为了清查和掌握我国土地、森林、矿产、水利等自然资源,更好地配合国家建设。我国对遥感的发展一直给予重视和支持。

50 年代,我国就组织了专业飞行队伍,开展了航空摄影和应用工作。60 年代,我国航空摄影工作已初具规模,完成了我国大部分地区的航空摄影测量工作,应用范围不断扩展。有关院校设立了航空摄影专业或课程。培养了一批专业人材,专业队伍得到巩固和发展,为我国遥感事业的发展打下了基础。

70 年代,随着国际上空间技术和遥感技术的发展,我国的遥感事业迎来了一个新的发展时期。70 年代初(1970. 4. 24)我国成功地发射了第一颗人造地球卫星。继而,1975 年 11 月 26 日我国发射的卫星在正常运行之后,按计划返回地面,并获得了质量良好。清晰的卫星像片。随着美国陆地卫星图像以及数字图像处理系统等遥感资料 and 设备的引进,特别是我国经济建设的恢复和发展需要,80 年代遥感事业在我国空前地活跃起来。经 80 年代及 90 年代初的发展,我国相继完成了从单一黑白摄影向彩色、彩红外、多波段摄影等多手段探测的航空遥感的转变;特别是数项大型综合遥感试验和遥感工程的完成,使我国遥感事业得到长足的发展,大大缩短了与世界先进水平的差距,有些项目已进入世界先进水平行列。我国遥感事业的发展前途似锦。

总观我国近年来遥感的发展,体现出以下主要特点:

1. 国家的重视和支持,以及实行集中统一领导和统一规划,为遥感的快速发展奠定了基础。

我国遥感的发展起步较晚,在 70 年代初期和中期,仍明显地表现出部门自发的积极性上,以及低水平的重复等初期发展的特点。为此,国家科委组织了全国性的调研,并在此基础上组织筹建了全国遥感协调领导组织,继而发展成立了国家遥感中心,集中领导及协调了全国的遥感发展,编制了我国遥感发展的中远期规划,确定了近期主攻的目标。与此同时,国家在 80—85 年度第六个五年计划(六五)中,将遥感列入国家重点科技攻关课题,给予重点的支持,为遥感及时步入正轨以及快速的发展奠定了基础。

2. 集中人力、物力进行科技攻关,重点突破,为缩短我国与国际遥感先进水平的差距,赶超国际先进水平打下了基础。

在 80—85 年期间,国家安排了传感器研制、图像处理、基础理论及应用研究等四个领域,近百个专题进行攻关研究和开发。集中投入了资金和使用了国际援助的项目经费,集结了全国一部分科技人员经过 5 年的科技攻关,所取得的效益是明显的。即不但大大缩短了与国际遥感先进水平的差距,而且,在个别应用领域赶上了国际先进水平,形成了我国独具特色的遥感事业。

在 85—90 年期间,遥感技术开发与应用继续被列入国家重点科技攻关项目,并在高空机载遥感系统的研制及配套,多种遥感数据的综合分析方法研究,资源与环境信息系统(即 GIS)的开发以及遥感技术在黄土高原和“三北”防护林调查的应用等五个课题进行了协作攻关研究,共取得 102 项研究成果,其中重大成果 55 项,使我国遥感发展得到了长足的进步,促进和推动了我国遥感受实验研究阶段向实用生产型转化的进程。

通过科技攻关,我国遥感技术的发展能力已全面形成,遥感专业队伍得到进一步的锻炼和壮大,我们已完全有能力对遥感的世界性前沿课题进行自主开发研究。

3. 全国性、大区域遥感工程的实施完成,充分显示出我国遥感的特色和水平。

我国疆域辽阔,自然环境复杂,为开展遥感的实验研究,提供了优越的环境条件。我国又是一个发展中国家,经济建设和发展急需遥感在提供及时准确的各种资源与环境信息方面发挥作用。这些无疑为我国遥感的发展,创造了良好的条件。因此,我国在遥感起步之初即紧紧围绕着为国民经济建设服务这一宗旨开展工作,并先后组织实施了几项大型或跨省区大区域的遥感工程。例如,北京大学等高校完成的山西省农业资源遥感综合调查,以及内蒙古草场资源遥感调查;以中国科学院系统为主要力量完成的黄土高原遥感综合调查,及“三北”防护林遥感综合调查等。这些调查的完成不但为区域的治理开发及规划提供了重要科学依据,而且在遥感技术的应用方法方面取得重大成果和重要进展,产生明显的社会经济效益。充分显示了我国遥感的特色,以及我国在遥感应用方面的水平。

90 年代及今后我国遥感发展的前景将更为广阔,90—95 年期间,国家重点科技攻关项目的遥感课题“自然灾害监测与评估和主要作物估产运行系统的设计实验”的实施和运作;我国将积极参与的地球系统全球宏观综合研究工作;以及进行广泛的国际学术交流合作等,将进一步证明我国在遥感技术领域具有参与国际竞争,自立于世界民族之林的能力。

### 三、当前遥感发展主要特点与展望

随着遥感技术的发展,获取地球环境信息的手段越来越多,信息越来越丰富。因此,为了充分利用这些信息,建立全面收集、整理、检索以及科学管理这些信息的空间数据库和管理系统,加快进行遥感信息机理研究,研制定量分析模型及实用的地学模型,进行多种信息源的信息复合及环境信息的综合分析等,构成了当前遥感发展的前沿研究课题。这些问题解决和研究进展的程度,将关系到遥感技术与应用从实验阶段向生产商品化阶段转化的进程,构成了今后遥感发展的主要趋向。当前遥感发展的特点主要表现在以下几个方面:

(一)新一代传感器的研制,以获得分辨率更高,质量更好遥感图象和数据

随着遥感应用的广泛和深入,对遥感图象和数据的质量提出了更高的要求,其空间分辨率,光谱分辨率及时相分辨率的指标均有待进一步地提高。当前,多波段扫描仪已从机械扫描,发展到电荷耦合器件(CCD)的推帚式扫描,空间分辨率从 80 米增高到 20 米,个别可达 10 米;还有的能获取三维空间的数据(SPOT 卫星)。另外,成像光谱仪的问世及实际应用,不但提高

了光谱分辨率(波段增多,变窄),而且为研究信息形成机制,定量分析提供了基础。

当前,星载主动式(微波)遥感的发展,引起了人们的注意,如成像雷达、激光雷达等的发展,使探测手段更趋多样化。获取多种信息,适应遥感不同应用需要,是传感器研制方面的又一动向和进展。

总之,不断提高传感器的功能和性能指标,开拓新的工作波段,研制新型传感器,提高获取信息的精度和质量,将是今后遥感发展的一个长期任务和发展方向。

### (二) 遥感应用不断深化

在遥感应用的深度和广度不断扩展的情况下,微波遥感应用领域的开拓,遥感应用成套技术的发展,以及地球系统的全球综合研究等成为当前遥感发展的又一动向。具体表现为,从单一信息源(或单一传感器)的信息(或数据)分析向多种信息源的信息(包括非遥感信息)复合及综合分析应用发展;从静态分析研究向多时相的动态研究,以及预测预报方向发展;从定性判读、制图向定量分析发展;从对地球局部地区及其各组成部分的专题研究向地球系统的全球综合研究方向发展。

因此,在社会日益对遥感应用提出更高要求的现实情况下,为了充分利用遥感及非遥感手段获得的丰富地理信息,从而促成和推动了地理信息系统(GIS)的发展以及推动了遥感与地理信息系统的结合。

### (三) 地理信息系统的发展与支持是遥感发展的又一进展和动向

地理信息系统(GIS)是60年代初发展起来的一种新技术,它是以地理分析和应用为目标,在计算机软、硬件支持下,进行地理空间信息(或数据)的输入存贮,查询检索,分析处理及输出显示的技术系统,地理信息系统(GIS)是一种管理和分析空间数据的有效工具。因此,由遥感手段获取的丰富信息资源有赖于地理信息系统(GIS)加以科学地管理,遥感的应用亦有赖于信息系统提供多种信息源(非遥感信息)进行信息复合及其综合分析,以提高遥感识别分类的精度,遥感的定量分析更需信息系统提供应用模型,以及专家系统的支持等。因此,可以说,地理信息系统是遥感的进一步发展和延伸,成为遥感从实验阶段向生产型商品化转化历程中的又一新进展,成为当前遥感发展的又一个新动向。

## 第三节 遥感在地理学中的作用和意义

长期以来,地理学主要是以地图作为地理信息存贮及成果展示的工具,以地图和实地观测作为地理研究的主要手段。随着当前科学技术和社会的迅速发展,单纯传统的工作手段已不能适应地理学的发展,遥感技术的引进和应用,成为当前地理学发展中具有重要意义的变化和动向之一。

### 一、遥感已成为地理研究和工作的重要信息源

长期以来,地理学主要是依靠实地观测获得地理研究的第一手(信息)资料。这种传统的手段,无论在其提供信息的数量上,还是在其质量上,以及信息的实时及时性等方面,都不能适应或不能满足当前地理学发展,以及迅速发展的新形势的需要,遥感的引入及在地理学中的应用,使地理学增加了一种获取信息的现代化手段。

遥感能迅速及时地获取大量准确客观的地理信息,在获取信息的实时及时性上以及信息

的准确客观性上,传统方法是无法比拟的。遥感信息的准确客观性表现在客观准确地记录了地表地物的电磁波辐射(反射和发射)特征,客观实时地反映出地表景观的实况。例如,作为展现遥感信息的遥感图像,可真实形象地反映地物分布的现状,地物或现象间的相互关系,以及地物间相互影响变化的情况。因此,遥感手段的引入,为地理学的区域综合分析,区域动态分析的进一步深入研究,以及提高成果的实际应用价值和效益提供了便利和基础。

遥感在提供及时、准确信息上,即可提供可见光波段的信息,又可提供红外、紫外、微波波段的信息以及多波段信息;可提供图像形式的信息,又可提供模拟或数字化的数据信息;不但能获得实时的二维平面信息,又能得到三维空间信息等等。从而使所获地理信息形成多层次、多方式、多侧面全方位,大大拓宽了地理研究的广度和深度,为当今地理学的发展开辟了道路。

基于遥感信息所具有的难以替代的特点和优越性,遥感信息已成为地理研究和工作的重要信息来源。但是,在应用遥感信息时,一定要根据地理研究工作的目的任务,选择适宜的遥感信息,并注意与其它非遥感信息的相互配合应用,以充分发挥遥感信息在地理研究中的作用,提高地理研究成果的社会经济效益。

## 二、遥感已成为地理研究的重要手段和方法

以往地理学传统的工作方法常是从点、线实地观测入手,从点线逐渐过渡到区域面上的分析研究。现今,由于遥感信息的应用,则可首先从面上区域分析研究入手,然后有重点地选择若干点线进行野外验证和检查。这样,不仅大大减少了实地观测的野外工作量,节省了人力财力,提高了效率,而且也提高了研究工作的精度和质量。

地理学研究的核心是地理区域分析,只有通过地理分析才能了解和掌握各个自然要素和人文要素间的关系,以及它们的相互影响及其转化演变的规律,从而揭示区域的特征,提出改造利用的前景。地理分析的前提是地理信息,只有建立在大量丰富准确的地理信息基础上,地理分析才具有意义,才有实际价值。当前遥感信息作为现代地理学进行地理学分析的重要信息来源,不但为地理分析提供了基础,同时也为地理分析从定性到定量,从静态到动态,从过程到模式的转化和发展,提供了条件,从而为地理学研究开拓了一个新的更为广阔的领域。

当前,作为地理学和现代科技相结合产物的地理信息系统(GIS)的兴起及应用推动和加速了地理学的发展。地理信息系统不仅是一种存贮和管理空间数据、地理信息的有效工具和手段,也是地理学进行区域分析及综合分析的重要手段和工具。遥感作为地理信息系统的重要信息源和强有力的信息更新手段,使地理信息系统的活力和应用大为增强。同时地理信息系统也为遥感提供各种有用的辅助信息和分析手段等支持,提高了遥感信息的识别和分类精度,为遥感的应用和发展提供了一个良好的环境。因此,在现代地理学的科学园地中并蒂开放的两枝科技奇葩——遥感技术和地理信息系统,它们的相互结合及相互支持,必然为地理学科学园地增光添彩,为地理学的发展一展宏图伟业。

## 第四节 遥感的应用

遥感技术自本世纪60年代初兴起并迅速得到发展以来,遥感应用的领域在不断地扩展。遥感应用从其内容上可概括为资源调查与应用、环境监测评价、区域分析规划,及全球宏观研究四大领域。



## 一、遥感在资源调查方面的应用

遥感在资源调查中可发挥很大的作用,特别在自然资源调查中,近年来做了很多工作,取得了丰硕的成果和可观的效益。其主要表现在国民经济建设中的农业、林业、地质矿产及水利建设等部门中。

### (一)在农业、林业方面的应用

遥感在农林方面的应用主要是在农、林土地资源调查、土地利用现状调查、农林病虫害、土壤干旱、盐化、沙化的调查及监测,以及农作物长势的监测与估产、森林资源的清查等方面。近年来,在牧场草场资源调查、短中期农林灾害、农用水资源,以及野生动物生态环境调查等方面也相继开展工作,取得了成果。

遥感在土地资源与土壤调查中,得到广泛应用。遥感加快了调查工作的进度,工作精度、质量也有很大提高。例如,我国利用 560 幅陆地卫星图像,仅用两年时间完成了全国 15 种土地利用类型的分析和量算统计工作,提供了全国和分省的土地利用基本数据和有关图件。

作物估产是体现遥感在农业方面综合应用的最好例证。自 1974 年以来,美国、前苏联、阿根廷、中国、日本、印度等国先后进行了不同范围、不同作物的估产工作。美国对世界小麦产量的估产精度已达 90% 以上,并扩大到对玉米、大豆等八种以上作物的估产。我国于 1983—1986 年在京津冀进行跨省市的统一网络较大范围冬小麦遥感估产试验,精度也超过 90%。

遥感在林业上的应用也很广泛。例如,我国近年完成的“三北”防护林遥感综合调查。在包括西北大部、华北北部和东北西北部总面积为 128 万平方公里的“三北”造林一期工程的调查中,完成了对现有防护林类型、分布、面积和保存率;草地数量、质量和分布;土地资源类型、分布、数量及利用现状的调查。提供了 200 余幅各类遥感专题系列图,并建成了全区资源与环境信息系统,为掌握防护林区现状、林区的进一步发展和规划奠定了基础。

### (二)在地质矿产方面的应用

遥感在地质及其矿产资源方面的应用主要表现在基础地质工作、矿产地质工作,以及工程地质、地震地质、灾害地质的地质综合调查等方面的应用。遥感已成为地质矿产调查研究中的一种先进工作手段和重要方法。

遥感图像视域宽阔,客观真实地反映出各种地质现象及其相互间的关系,形象地反映出区域地质构造,以及区域构造间的空间关系,为跨区域甚至全球的区域地质研究提供了极有利的条件和基础。例如近年来对雅鲁藏布江深断裂带的延伸和走向的研究、郯庐断裂的延伸和走向问题的论证,以及重新修编的 1:400 万中国构造体系图的工作,都是建立在遥感图像基础上的新的认识和发现的体现,解决了一些地质学界长期争论或按常规很难解决的问题。遥感为持不同学术观点的地质学者提供了一个可共同参照的基础,推动和促进了地质学的发展。

遥感在矿产地质工作中的应用已取得许多成果,获得了一致的好评。例如,我国地矿系统采用遥感地质调查方法,在小秦岭金矿田地区划分出线性构造 1030 条,环形构造 138 个,古采洞 1000 余处;综合化探、物探成果提出 13 个远景地段。经检查发现含金石英脉带、蚀变构造带 22 条,已见金矿 3 处,全部工作仅历时一年时间。又如:煤田总公司在东北大兴安岭西坡,采用遥感地质方法圈定出 17 个含煤盆地,其中 4 个属新发现,新增储量 540 亿吨。类似的实例不胜枚举,遥感地质方法已成为矿产地质工作的重要方法。

工程地质、地震地质、水文地质以及灾害地质等综合地质调查中也广泛地应用了遥感这一