

21世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书



地面遥感实验原理与方法

李云梅 王 桥 黄家柱 等 编著



科学出版社

21 世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书

地面遥感实验原理与方法

李云梅 王 桥 黄家柱 等 编著

地理科学国家实验教学示范中心实验教学丛书建设项目资助
“遥感地学分析”国家精品课程建设项目

科学出版社

北 京

内 容 简 介

地面遥感实验是传感器定标、遥感信息模型建立、遥感信息提取的重要技术支撑。本书介绍了地面遥感实验的一般概念、技术规范和流程,并针对植被遥感、土壤遥感、水环境遥感、大气遥感,介绍了其地面遥感实验的理论和方法,结合案例介绍了相关的遥感和非遥感仪器设备的原理及其使用方法。

本书可作为遥感专业本科生、研究生教材,也可供广大遥感应用研究工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

地面遥感实验原理与方法/李云梅等编著. —北京:科学出版社,2011.2
(21世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书)

ISBN 978-7-03-030155-0

I. ①地… II. ①李… III. ①遥感地面调查-实验-高等学校-教材
IV. ①TP79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 015435 号

责任编辑:杨 红 赵 冰 / 责任校对:林青梅

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 2 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2011 年 2 月第一次印刷 印张: 16 1/4 插页: 1

印数: 1—3 000 字数: 327 000

定价: 34.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《地理信息系统教学丛书》编委会

顾 问 陈述彭 王家耀 孙九林 李小文 李德仁
承继成 高 俊 童庆禧 廖 克

主 编 闫国年

副主编 王 桥 汤国安 盛业华 黄家柱

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁 一 王 春 王 桥 王 雷 王卫国
王建平 韦玉春 文 斌 邓勇伟 石富兰
龙 毅 厉旭东 田 冉 兰小机 毕硕本
朱明媛 乔伟峰 乔廷春 任建武 刘 剋
刘二年 刘学军 刘晓艳 刘爱利 刘基余
汤国安 许 婷 孙亚琴 孙在宏 孙如江
孙毅中 严荣华 苏乐平 杜国庆 李 硕
李 斌 李云梅 李发源 李旭文 李安波
李秀梅 杨 旭 杨 昕 杨一鹏 杨建军
杨春霞 吴长彬 吴平生 何建邦 宋亚伟
宋亚超 沈陈华 张 宏 张 婷 张 强
张 镒 张之沧 张书亮 张亦含 张亦鸣
张金善 张桂英 张海涛 陈 洋 陈 踊
陈盼盼 陈惠明 陈锁忠 林 琿 林振山
周 卫 周 晟 周伟涛 郑在洲 郑慧翎
赵建华 施苗苗 闫国年 姜永发 贺镇海
袁 丁 袁林旺 徐 敏 徐 鹏 徐网谷
徐秀华 殷丽丽 高晓黎 唐 卫 陶 陶
黄丙湖 黄家柱 戚海峰 龚敏霞 盛业华
常本春 梁 中 蒋文明 蒋海琴 焦东来
曾巧玲 温永宁 蔡 苗 缪瀚深 潘 莹

前 言

遥感以地球表层为研究对象,其研究涉及复杂的地球系统物质流、能量流和信息流,具有很大的时空变异性。遥感的应用领域也日益广泛,涉及资源勘探、环境监测、灾害预报、灾情评估等各个方面。要从遥感传感器的瞬时观测提取地表过程或现象信息,就不得不通过地物波谱特征、大气传输规律、地表信息机理等地面实验研究,掌握遥感信息的形成机理,通过对地物属性的调查,了解不同地物或地理过程与波谱特征的关系。因此,地面遥感实验是弥补遥感瞬时观测时间序列的不连续性,探索地球物理、生物、化学分异特征的遥感信息表征,为遥感解译、动态监测、传感器改进等提供科学依据的重要手段。地面遥感实验在遥感影像解译、地物电磁波特性和其形成机理研究、地物属性信息提取、传感器定标等方面都发挥着不可或缺的作用。

相对于航空、航天遥感而言,地面遥感实验指近地表观测,不仅包括对地物电磁波信息的光谱观测,还包括对目标物属性的观测。光谱观测在支撑架、车、船、高塔等地面平台上完成,利用可见光和近红外光谱仪、微波辐射计、激光雷达、热红外辐射计等仪器获取地物电磁辐射信息,并对所获取的信息进行整理分析,提取地物波谱特征;对目标物属性的观测则需要获取目标物的物理、化学属性,如气象条件(温度、湿度、风速、风向等),土壤湿度,土壤类型,土壤组成,植被类型,植被物候季,植被冠层参数(盖度、植被指数、株高等),水质参数(叶绿素含量、悬浮物含量、氮磷含量、水温等)等。根据研究领域与目标的不同,需进行目标物属性观测的内容也有很大差异。因此,地面遥感实验不仅需要掌握电磁辐射的基础理论,掌握遥感实验仪器设备的原理及其使用方法,而且,针对不同领域和行业的需要,还必须掌握相关的专业知识和实验规范,掌握相应仪器设备的原理及其使用方法。目前,有关地面遥感实验的内容仅零星分布于一些研究文献之中,缺乏系统的介绍,对于与遥感实验配套的相关仪器设备、观测方法的介绍还非常欠缺,因此,我们编著出版本书,旨在通过对地面遥感实验的一般概念、技术规范和流程的介绍,让读者了解遥感实验的原理、方法和规范,通过对植被遥感、土壤遥感、水环境遥感、大气遥感及其地面遥感实验的介绍,为读者在未来研究中对有关实验的设计、仪器设备的选择、观测规程的制定等提供借鉴。

本书共包括7章。第1章介绍地面遥感实验的基本概念;第2章介绍电磁波理论、可见光遥感、热红外遥感、微波遥感的基本原理;第3章介绍地面遥感实验数据的采集及处理的一般方法;第4章介绍植被遥感的物理机理及地面实验的原理方法;第5章介绍土壤遥感的物理机理及地面实验的原理方法;第6章介绍水环境

遥感的物理机理及地面实验的原理方法;第7章介绍大气遥感的物理机理及地面实验的原理方法。第4~7章每章都附有应用案例,通过相关实例,对有关实验和研究方法进行详细的介绍。

本书具体分工如下:李云梅、黄家柱负责第1章的编写,李云梅、杨煜负责第2章的编写,李云梅、施坤负责第3章的编写,王桥、李云梅、伍蓝、王彦飞负责第4章的编写,黄家柱、黄昌春、金鑫、张红负责第5章的编写,李云梅、陆皖宁、孙德勇、乐成峰、王彦飞负责第6章的编写,王桥、王海君、金鑫负责第7章的编写,李云梅、王彦飞、夏睿负责全书的统稿工作。

倪绍祥教授、闫国年教授、查勇教授、蒋建军教授、韦玉春教授、吕恒教授对本书提出了宝贵的建议,在此表示感谢。

由于遥感技术发展迅速,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2010年11月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 地面遥感实验的概念与内涵	1
1.2 地面遥感实验的目的及意义	2
1.3 地面遥感实验的应用	6
思考题.....	7
主要参考文献.....	7
第 2 章 地面遥感实验基础	8
2.1 电磁波理论	8
2.1.1 电磁波的概念	8
2.1.2 电磁波谱	9
2.2 电磁辐射.....	10
2.2.1 电磁辐射源	10
2.2.2 电磁波传播的基本特性	11
2.2.3 辐射度量与单位	13
2.3 太阳辐射.....	15
2.3.1 太阳光谱、太阳常数和太阳高度角.....	15
2.3.2 太阳总辐射和直接辐射	16
2.4 电磁辐射在大气中的传输.....	17
2.4.1 地球大气的成分与分层	17
2.4.2 大气对辐射的吸收	18
2.4.3 大气散射.....	18
2.4.4 大气窗口.....	19
2.5 可见光近红外遥感基础.....	19
2.5.1 反射、吸收与透射.....	19
2.5.2 绝对黑体.....	21
2.5.3 地物反射的影响因素	21
2.6 热红外遥感基础.....	22
2.6.1 热辐射原理	22
2.6.2 热红外遥感的波段选择	24
2.6.3 热作用与温度	25

2.6.4	地物热辐射的影响因素	26
2.7	微波遥感基础	28
2.7.1	概述	28
2.7.2	雷达遥感原理	28
2.7.3	雷达回波强度的影响因素	30
	思考题	32
	主要参考文献	32
第3章	地面遥感实验方法	33
3.1	地面遥感实验规则	33
3.1.1	地面遥感实验流程	33
3.1.2	地面遥感实验规范	34
3.2	野外光谱仪的数据采集	36
3.2.1	光谱仪性能	36
3.2.2	常用光谱仪简介	37
3.2.3	光谱仪的基本配置	39
3.3	野外光谱测试	39
3.3.1	光谱测试设计	39
3.3.2	光谱测试流程	40
3.4	光谱数据处理	41
3.4.1	数据整理	41
3.4.2	常用光谱数据处理方法	42
	思考题	46
	主要参考文献	46
第4章	植被遥感	47
4.1	植被遥感的物理机理	47
4.1.1	绿色植物单张叶片的光谱特征及影响因素	50
4.1.2	绿色植被冠层的光谱特征及影响因素	55
4.1.3	植物的发射波谱特征	58
4.2	植被遥感的主要内容	58
4.2.1	植被分类	58
4.2.2	植被参数反演	64
4.2.3	与植物光合作用有关的物理量的估算	72
4.3	植被遥感地面实验	76
4.3.1	地面实验的内容	76
4.3.2	常用遥感及非遥感地面辅助仪器的原理和使用	77
4.4	应用实例	95

思考题	104
主要参考文献	105
第 5 章 土壤遥感	106
5.1 土壤遥感的物理机理	106
5.1.1 土壤光谱特征	106
5.1.2 土壤的辐射传输	106
5.2 土壤光谱特征的影响因素	107
5.2.1 土壤组分的影响	107
5.2.2 土壤物理属性的影响	111
5.2.3 入射及散射方向的影响	113
5.2.4 地表覆盖对土壤光谱的影响	113
5.3 土壤遥感的主要内容	114
5.3.1 土壤分类	114
5.3.2 土壤组分遥感反演	115
5.3.3 土壤盐碱化遥感	121
5.3.4 土壤污染遥感监测	124
5.3.5 土壤侵蚀遥感监测	125
5.4 土壤遥感地面实验	127
5.4.1 土壤遥感地面实验的内容	127
5.4.2 常用遥感及非遥感地面辅助仪器的原理和使用	127
5.5 应用实例	139
思考题	147
主要参考文献	147
第 6 章 水环境遥感	149
6.1 水环境遥感的物理机理	149
6.1.1 水体遥感的物理机制	149
6.1.2 水体及其组分的光学特性	150
6.1.3 水体的辐射传输	153
6.2 水环境遥感的主要内容	154
6.2.1 水体提取	155
6.2.2 水深探测	157
6.2.3 水温探测	158
6.2.4 水质遥感监测	159
6.3 水环境遥感地面实验	167
6.3.1 水环境遥感地面实验的主要内容	167
6.3.2 常用遥感及非遥感地面辅助仪器	167

6.3.3	水体表面光学特性观测	168
6.3.4	水体固有光学特性观测	173
6.3.5	水质参数常规观测	180
6.4	应用实例	187
	思考题	196
	主要参考文献	196
第7章	大气遥感	198
7.1	大气遥感的物理机理	198
7.1.1	大气成分	199
7.1.2	大气的物理性质	201
7.1.3	大气光学遥感的物理机理	204
7.1.4	大气红外遥感的物理机理	209
7.1.5	大气微波遥感的物理机理	210
7.1.6	大气激光遥感的物理机理	214
7.2	大气遥感的主要内容	217
7.2.1	大气参数反演理论与方法	218
7.2.2	大气温度分布的遥感探测	220
7.2.3	大气水汽分布与总量遥感探测	223
7.2.4	气溶胶的大气遥感探测	225
7.2.5	大气组分遥感监测	228
7.3	大气遥感地面实验	230
7.3.1	地面实验的主要内容	230
7.3.2	常用地面遥感及非遥感仪器	230
7.3.3	太阳分光光度计的原理和使用	232
7.3.4	激光雷达的原理和使用	236
7.3.5	能见度仪的原理和使用	239
7.3.6	大气物理参数的常规测量	241
7.4	应用实例	244
	思考题	249
	主要参考文献	249

彩图

第 1 章 绪 论

1.1 地面遥感实验的概念与内涵

遥感主要指从远距离、高空以至外层空间的平台上,利用可见光、红外、微波等探测器,通过摄影或扫描、信息感应、传输和处理获取地物信息,从而识别地面物质的性质及其运动状态的现代化技术系统。

根据遥感的定义,遥感系统主要由四大部分组成。①信息源。信息源是遥感需要对其进行探测的目标物。任何目标物都具有反射、吸收、透射及辐射电磁波的特性,当目标物与电磁波发生相互作用时,会形成目标物的电磁波特性,这就为遥感探测提供了获取信息的依据。②信息获取。信息获取是指运用遥感技术装备接收、记录目标物电磁波特性的探测过程。信息获取所采用的遥感技术装备主要包括遥感平台和传感器。其中,遥感平台是用来搭载传感器的运载工具,常用的有高塔、遥感车、气球、飞机和人造卫星等;传感器是用来探测目标物电磁波特性的仪器设备,常用的有照相机、光谱仪、扫描仪和成像雷达等。③信息处理。信息处理是指运用光学仪器和计算机设备对所获取的遥感信息进行校正、分析和解译处理的技术过程。信息处理的作用是通过通过对遥感信息的校正、分析和解译处理,掌握或清除遥感原始信息的误差,梳理、归纳出被探测目标物的信息特征,然后依据其特征从遥感信息中识别并提取所需的有用信息。④信息应用。信息应用是指专业人员按不同的目的将遥感信息应用于各业务领域的使用过程。信息应用涉及资源调查、城乡规划、环境保护、灾害监测与预警等诸多领域。

遥感按其观测平台,可划分为地面遥感、航空遥感和航天遥感。遥感传感器设置在地面平台上,如高塔、车船、观测架等,称为地面遥感;设置在航空平台上,如飞机、气球等,称为航空遥感;设置在航天平台上,如人造地球卫星、载人飞船、航天飞机、探空火箭等,称为航天遥感。

相对于航空遥感、航天遥感而言,地面遥感实验指近地表观测,不仅包括对地物电磁波信息的光谱观测,而且还包括对目标物属性的观测。光谱观测指在地面平台上,利用可见光和近红外光谱仪、微波辐射计、热红外辐射计等仪器获取地物的电磁辐射信息,并对所获取的信息进行整理分析,提取地物波谱特征。对目标物属性的观测指在了解地物波谱特征、获取目标物遥感影像的同时,获取目标物的物理、化学属性,例如,当利用遥感影像进行水质监测时,往往还需要进行地面同步采样,获取卫星过境时的气象数据、水质参数分析数据等。在地面遥感实验中,经常

需要获取的地物属性信息包括气象条件(温度、湿度、风速、风向等),土壤湿度,土壤类型,植被类型,植被物候季,植被冠层参数(盖度、植被指数、株高等),水质参数等。根据研究领域与目标的不同,需进行目标物属性观测的内容也会有很大差异。

1.2 地面遥感实验的目的及意义

地面遥感实验在遥感影像解释、遥感信息模型构建、遥感定标、辐射传输机理研究中都具有重要意义。

1. 为遥感影像解译提供支持

通过对地表目标物的实地调查,加强对目标物特征的理解,为遥感影像解译提供参考和依据。对遥感影像进行分类之前,通常要进行地面实地调查,了解当地植被分布、土地覆盖特点,并结合色调、形状、阴影、纹理及影像结构等特征建立遥感解译标志。例如,对某城市将被提取的绿化物、水体、道路、建筑物四类基本地物要素进行实地调查和影像定性分析、归纳后,总结出这些地物要素具有如下影像特征。

绿化物:健康生长的绿化类地物要素的色调通常呈饱和度不同的红色。绿化物还可细分为乔木、灌木和草地。其中,乔木、灌木的影像形状多为尖状、冠状、团簇状或绒球状,草地则为块状。乔木一般都有明显的阴影;灌木也有阴影,但不太明显,且长度较短;草地则无阴影。人工构筑的公园、苗圃的几何形状常为矩形或不规则的多边形。

水体:内陆水体由于光线反射角度及水体深度的不同,其色调往往也有所不同,但大多呈青蓝色、蓝色和深蓝色。内陆水体还可细分为河流、湖泊和池塘。其中,河流的几何形状为条带状,且常有弯曲;湖泊的几何形状为不规则的面状;池塘的几何形状为长方型的面状,且分布较集中,排列较规则。

道路:城市道路分为水泥路和沥青路。其中,水泥路呈灰白色,沥青路呈灰黑色。城市道路的几何形状通常为条带状。城市道路的边缘比较清楚,道路上一般能看到汽车,路上还常常有明显的车道分隔线,市区道路的两旁往往伴有建筑物和行道树,郊区的高等级公路一般中间设有隔离带或两侧配有绿化带。

建筑物:建筑物有多种类型。城市中常见的建筑物有高层建筑、花园式住宅等。从遥感影像上看,高层建筑带有狭长的阴影;花园式住宅为一幢幢排列整齐的单体建筑,且每幢建筑拥有自己的花园。

这些解译标志的建立为遥感影像目视判别、监督分类选取训练区、确定非监督分类的类别提供了依据,并可以用于解译精度的检验。

此外,通过地面光谱实测,了解目标物光谱特征,并将其作为先验知识,还能为影像分类解译提供理论支持,降低影像分类的不确定性。

2. 建立遥感反演模型

遥感对目标属性的反演,应用得最广的模型是经验和半经验模型。例如,要利用机载或星载传感器获取的遥感信息反演叶面积指数(LAI),往往通过与影像同步获取的地面数十个样点的 LAI 值与遥感信息建立统计模型,再将该模型推广应用到整景影像,实现区域 LAI 的反演。因此,地面同步遥感实验是遥感定量反演的重要支撑,也是定量反演不可或缺的部分。

3. 对地物电磁波特性及其形成机理进行深入研究

传感器接收到的遥感信息除了与大气条件、仪器性能、观测几何等因素有关外,还与地物对电磁波的反射和发射辐射特性有着密切的关联,如地物对电磁波的反射或发射辐射与其物理、化学属性(如表面粗糙度、水分含量、叶绿素含量等)密切相关。然而由于影响地物反射辐射和发射辐射信息的因素错综复杂,再加上遥感影像获取的通常为混合像元的信息,同时,人类对地物电磁波特性的产生机理的认识还不够深入,因此,如何量化描述这些关系,一直是遥感信息提取研究的难点。地面实验采用近地表观测,排除了大量的大气干扰,获得更加纯净的像元,为机理研究提供了良好的技术手段。不同目标物的波谱特征如何?电磁辐射在地物表层及内部的传输机制是什么?对这些问题的回答,都有赖于大量地面实验的支撑。

4. 建立地物光谱数据库

地物光谱数据库主要是指对地面光谱仪采集的地面物体目标的光谱数据以及配套的相关参数数据进行存储、管理、显示和检索的数据库系统。数据库的建立,通过大量收集地物波谱和物理属性资料,为建立目标物光谱诊断模型以及遥感反演地物参数提供实验数据。

地物波谱特性研究可以追溯到 20 世纪三四十年代,当时苏联对 370 种地物的可见光光谱进行了测量,1947 年出版了国际上第一部地物光谱反射特性的专著——《自然物体的光谱反射特征》,书中包括植被、土壤、岩矿、水体四大类地物的光谱反射特性,它也成为研制各类专用胶片、发展航空摄影遥感的主要参考书。美国 NASA 在 60 年代末到 70 年代初建立了地球资源信息系统,共包括植被、土壤、岩石矿物和水体等四大类地物的电磁波波谱特性数据。80 年代后期,由美国地质调查局 USGS 牵头,十几个国家参与建立了 USGS 光谱库,对各种主要岩石类型和部分植被类型进行了比较系统的光谱测量,其中包含 218 种矿物 444 个样本的近 500 条特征矿物与典型植被光谱数据。美国喷气推进实验室(JPL)对矿物的反射光谱进行了实验室测量研究,建立了三个光谱数据库:JPL1、JPL2、JPL3,对 160

种矿物提供了三种不同粒径的反射光谱,以区分粒子尺寸对光谱的影响。1987年,中国科学院空间科学技术中心编写了《中国地球资源光谱信息资料汇编》,包含岩石、土壤、水体、植被、农作物等地物的光谱曲线 1000 条。90 年代,美国约翰霍普金斯大学(JHU)建立了包括 15 个子库的光谱库,这些子库分别包含岩石(火成岩、变形岩、沉积岩)、矿物、地球土壤、月球土壤、人工材料、陨石、植被、水体、雪和冰以及人工目标的共 619 条光谱数据。美国 IGCP-264 项目于 1990 年收集建立了 IGCP-264 光谱库,包括由 5 种光谱仪测量得到的 5 个光谱库,可以比较光谱分辨率和采样间隔对光谱特征的影响。2000 年 5 月,美国加利福尼亚技术研究所建立了 ASTER 光谱库,该数据库带有搜索功能,用户能查询 USGS、JPL、JHU 三个光谱库的 8 类光谱数据,即矿物类(1348 种)、岩石类(244 种)、土壤类(58 种)、月球类(17 种)、陨石类(60 种)、植物类(4 种)、水、冰、雪(9 种)和人造材料(56 种)。1987 年,中国科学院空间科学技术中心出版了《中国地球资源光谱信息资料汇编》,含岩石、土壤、水体、植被、农作物等地物的波谱曲线共 100 条,并有相应的实验分析报告,波长范围主要为 $0.4\sim 1.0\mu\text{m}$,部分为 $0.4\sim 2.4\mu\text{m}$ 。90 年代,中国科学院安徽光机所、遥感所、南京土壤所、兰州冰川所等单位,在全国范围内组建 13 个遥感基础研究实验场的基础上,对大量的典型地物进行了波谱采集,建立了我国第一个综合性的光谱数据库,共收集地物光谱数据 5000 余条,包括针叶林、阔叶林、灌木草丛、草原、荒漠、高山植被、草甸、沼泽和水生植被、草本类、木本类等十几大类 182 种植被以及小麦、玉米、大豆、棉花等主要农作物的多时相波谱;土壤波谱数据 2000 余条,主要来自我国几个不同生物气候的典型地区,共有 138 种;岩矿波谱数据 156 种 1600 余条曲线;水体波谱包含清洁水(咸水和淡水)、浑浊水、污染水、积雪、粒雪、冰川冰等 34 种 900 余条曲线;人工目标主要是城市的人工建筑物,包括道路、桥梁、屋顶、广场、工矿区等,共有近 300 条波谱曲线。2005 年,在国家“863”计划的资助下,又完成了“我国典型地物标准波谱数据库”的建设。

此外,针对特定的应用研究也建立了地物光谱数据库。例如,美国环境保护局和空军部门针对大气污染和空气成分的诊断建立了 AFDC/EPA 光谱数据库;英国针对海水颜色研究建立了海水光谱数据库,以研究海水光谱分析模型等;1998 年,中国国土资源航空物探与遥感中心建立了“典型岩石矿物波谱数据库”,包含我国主要的典型岩石和矿物 500 余种,并建立了若干岩矿光谱特征分析模型;中国科学院安徽光机所在太湖、巢湖、辽河等内陆污染水体波谱采集的基础上,建立了“水体光谱数据库”。

目前公开提供电子版数据的光谱库有 USGS(<http://speclab.cr.usgs.gov/>)、JPL(<http://speclib.jpl.nasa.gov/>)、JHU(<http://www.jhu.edu/>)、IGCP-264、ASTER、CSIRO(<http://www.syd.dem.csiro.au/research/MMTG/>)等。此外,主要的遥感图像处理软件都挂接了国际上比较通用的光谱库,例如,ENVI、PCI、

ERDAS、ERMAPER 等软件都挂接了 USGS 光谱库, ENVI 软件还挂接了喷气推进实验室的 JPL 标准物质成分波谱库、John Hopking 大学的光谱库以及 1990 年作为 IGCP264 计划的一部分收集的光谱。这些波谱库的挂接为用户进行波谱匹配、特征提取、波谱分析等提供了有力的支持,并在地质、水文、海洋、大气科学研究中发挥了巨大作用。

5. 地物属性信息提取

除辅助航空、航天遥感应用之外,地面遥感实验所获取的光谱数据能够直接应用于某些目标物信息的提取。例如,在地面地质矿物识别方面,利用矿物特殊的光谱吸收特点,通过对测量光谱进行分析,可以直接实现对地面矿物和矿物集合的识别。这比从野外取回样本做实验室理化分析要更加有效率,并且更加经济实用。在环境监测领域中,通过直接利用光谱数据反演叶绿素、悬浮颗粒物等各种成分的含量,能够迅速快捷地对水质进行监测,这比传统的水体取样后做化学分析要更加简捷、快速,具有更高的时效性。

6. 遥感定标

遥感定标是在遥感信息获取、仪器设计和运行中均要考虑的重要问题。一般而言,仪器在发射前要进行严格的定标,例如,NOAA-AVHRR 的 1、2 通道在发射前都进行了定标;也有一些仪器安装了内定标系统,可以进行轨内定标,例如,NOAA-AVHRR 的 3、5 通道都装有内定标系统。但是由于仪器在空间中的老化、污染和性能变化等问题,还必须进行地面定标和校准。例如,在可见光和近红外波段,NOAA-AVHRR 仪器的增益平均每年衰减 5% 左右,因此,需要建立地面定标场,选择典型的均匀、稳定目标,用高精度仪器在地面进行同步测量,从而实现对仪器的定标。ERS-1 和 JERS-1 都分别建立了校准试验场,提供绝对校准的星载 SAR 数据。我国在敦煌和青海湖分别建立了定标场,能够对资源卫星等进行地面定标。

除了对已发射的遥感传感器进行定标以外,地面遥感实验也是研究传感器仪器性能、通道设置等必不可少的基础实验研究。20 世纪 60 年代,美国的密执安大学等开始进行大规模的地物波谱特性测量,从传感器通道设置的合理性和传感器性能参数等方面对陆地卫星计划的可行性进行研究,使地物波谱测量的波段扩展到中红外甚至微波,并进行了一系列卫星遥感器航空样机的飞行试验。至 1971 年已在全国建立了 289 个试验场,进行遥感器应用评价和辐射校正,其中的白沙导弹靶场直到现在一直是美国和欧空局的重要辐射校正场。

1.3 地面遥感实验的应用

从遥感信息模型的建立到信息的提取,从传感器的研制到定标,无不贯穿了地面

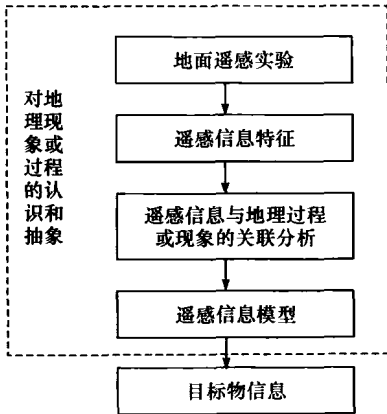


图 1.1 遥感信息模型的构建及其应用流程

遥感实验的数据获取和分析。以下仅以遥感信息模型的建立为例说明地面遥感实验的应用。遥感信息模型利用遥感技术,对地理过程和现象进行模拟,研究内容涉及大气圈、水圈、生物圈、岩石圈各个圈层,遥感信息模型的构建及其应用的一般流程如图 1.1 所示。

例 1.1 海水表面温度(SST)的遥感信息模型构建

马藹乃(1997)利用 NOAA AVHRR 数据建立了海水表面温度遥感信息模型。

首先,根据实测的海水表面温度,分析可用于海水表面温度反演的遥感波段。NOAA AVHRR 有两个热红外通道: ch. 4 和 ch. 5,其波长分别为 $10.5 \sim 11.3 \mu\text{m}$ 和 $11.5 \sim 12.5 \mu\text{m}$,它们能够反映 $276 \sim 232\text{K}$ 的海水表面辐射亮温;此外,中红外通道 ch. 3 波长为 $3.55 \sim 3.93 \mu\text{m}$,能够反映海水表面的反射与辐射。其次,利用海水表面实测温度数据与不同的 AVHRR 波段,可建立如式(1.1)、式(1.2)的海水表面温度遥感信息模型。

$$\text{SST} = a_0 + a_1 T_{\text{ch.4}} + a_2 (T_{\text{ch.4}} - T_{\text{ch.5}}) \tag{1.1}$$

式中: $a_0 = -283.93$; $a_1 = 1.0351$; $a_2 = 3.046$; $T_{\text{ch.4}}$ 、 $T_{\text{ch.5}}$ 分别为 NOAA AVHRR 4、5 通道的亮度值。

$$\text{SST} = a_0 + a_1 T_{\text{ch.4}} + a_2 (T_{\text{ch.3}} - T_{\text{ch.5}}) \tag{1.2}$$

式中: $a_0 = -278.46$; $a_1 = 1.0239$; $a_2 = 0.9936$ 。

更进一步地,结合对海洋温度空间场的分析以及海水垂向温度变化规律,还可利用反演的海水表面温度建立海水垂向温度遥感信息模型。

本例中,由于海水表面温度经常变化,给星-地同步数据的获取带来了困难,因此,地面遥感实验需要利用浮标数据采集系统获取多个样点与 AVHRR 同步的海水温度数据。

目前,在不同的研究领域已经建立了各种遥感信息模型,如植被指数遥感信息模型、蒸散发遥感信息模型、作物旱灾损失估算遥感信息模型、土壤含水量遥感信息模型、悬浮泥沙含量遥感信息模型、土壤侵蚀量遥感信息模型、土地生产潜力遥感信息模型、海洋温度遥感信息模型、表观热惯量遥感信息模型等。可以说,地面

遥感实验在充分的实验观测的基础上,已经在农业、林业、土地管理、城乡规划、环境保护、灾害监测和预警等各个领域发挥了重要的作用。

思 考 题

- (1) 简述进行地面遥感实验的目的和意义。
- (2) 地面遥感实验包含哪些内容?

主要参考文献

- 陈述彭,童庆禧,郭华东. 1998. 遥感信息机理研究. 北京:科学出版社
- 马蔼乃. 1997. 遥感信息模型. 北京:北京大学出版社
- 田庆久,宫鹏. 2002. 地物波谱数据库研究现状与发展趋势. 遥感信息,3:1-6
- 万余庆,谭克龙,周日平. 2006. 高光谱遥感应用研究. 北京:科学出版社
- 张仁华. 1996. 实验遥感模型及地面基础. 北京:科学出版社