

全国普通高等教育师范类地理系列教材

YAOGAN YUANLI YU YINGYONG SHIYAN JIAOCHENG

遥感原理与应用实验教程

回 陈晓玲 主 编

赵红梅 黄家柱 杨波 潘建平 副主编



科学出版社

全国普通高等教育师范类地理系列教材

遥感原理与应用实验教程

陈晓玲 主 编

赵红梅 黄家柱 杨 波 潘建平 副主编



科 学 出 版 社

北 京



北航

C1638968

TP7
35

013031040

内 容 简 介

遥感实验是遥感科学发展及其应用的基础和重要支撑。本书介绍了遥感实验的基本原理和方法:其中包括特征参数的实测实验原理和方法,如地面特征参数和水体光学特性参数的测量;遥感数据预处理的原理和方法,如遥感数据准备、辐射校正、影像增强等;遥感解译原理与方法,如遥感目视解译与计算机分类;遥感应用的概念、方法、技术规范 and 流程,如植被遥感、土地遥感、水色遥感、生态环境与灾害遥感应用等。全书结合实验案例介绍了遥感及相关非遥感仪器设备的原理及使用方法,以及遥感影像处理软件在遥感实验中的具体应用。

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者使用。

图书在版编目(CIP)数据

遥感原理与应用实验教程/陈晓玲主编. —北京:科学出版社, 2013.3

全国普通高等教育师范类地理系列教材

ISBN 978-7-03-036781-5

I. ①遥… II. ①陈… III. ①遥感技术-师范大学-教材 IV. ①TP7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 036486 号

责任编辑:许 健/责任校对:宣 慧

责任印制:刘 学/封面设计:殷 靓

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>

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 3 月第 一 版 开本: 889 × 1194 1/16

2013 年 3 月第一次印刷 印张: 13 3/4

字数: 412 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



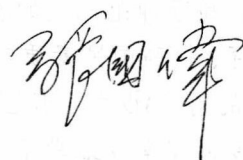
正值中国地理学会在北京人民大会堂举行百年庆典之际,欣闻科学出版社组织全国高等师范院校共同编写地理科学类系列精编教材,以适应我国高等师范院校教学改革和综合化发展的需要,我作为教育部地球科学教学指导委员会主任委员感到由衷地高兴和鼓舞。

众所周知,高等师范院校的设置和发展可以说是中国高等教育在世界上的特色之一,为我国开展基础教育、提高国民素质教育作出了杰出贡献。地理科学类专业最早于1921年在东南大学(今南京大学的前身)设立了我国大学中的第一个地理学系,随后清华大学、金陵大学、北平师范大学纷纷增设地理学或地学系,因此地理科学类专业教育迄今已有七十多年的历史,培养了一大批服务于地理、环境与社会经济的地理科学人才。现今随着日益凸显的全球性的资源环境问题与人地关系矛盾的加剧和地理信息技术的迅速兴起、发展和应用,地理科学新的快速发展与扩展,地理科学类专业由原较单一的地理教育专业发展为地理科学、地理信息系统、资源环境与城乡规划管理三个本科专业,并在综合性大学、高等师范院校、农林类高校等都有广泛开办。其中,高等师范院校较完整地设立了三个专业。在培养地理科学类的地理教学师资、地理信息系统、资源环境和城乡规划管理等人才方面发挥了主力军的作用,成为了我国培养这一类型人才的重要阵地,多被誉为“教师的摇篮”;与此同时,高等师范院校根据我国师范院校的性质和发展战略方向,以及我国高等教育改革的趋势,依托各区域的地理特点和文化沉淀,针对社会的迫切需求,办出了不同于综合性大学的立足本土与本身的基础教育师资和区域性应用人才的特色。

由高等师范院校的资源环境与地理科学类的学院联合撰编系列精品教材,可紧密结合高等师范院校地理科学类专业的特点,量体裁衣,因校制宜,形成高等师范院校不同于综合性大学的自己系列精品教材;同时,可充分发挥师范院校教师们在师范院校地理科学类专业教学经验丰富和服务基础教育及地方社会经济发展等的优势,将多年来精品课程建设、实践(实验)教学、专业建设、教学研究与教学成果等成果融入其中,形成真正的精品教材;再者,高等师范院校共同搭建系列精品教材编写平台,每本教材以1~2校为主编单位,多家院校参与、相互学习、相互交流、相互借鉴,取长补短,优势互补,共同提高,不仅利于每本教材编写水平的提升,也可促进师范院校专业建设和整体教学水平的提高,将提高本科教学质量、培养高素质人才、服务于地方基础教育和社会经济发展落到实处,推动我国高等教育的改革和发展。

Preface

我相信，科学出版社和高等师范院校精诚团结，真诚合作，各院校相互交流与协作，一定能编出适合中国国情与需要，适应我国高等教育发展，适合高等师范院校的系列精品教材。



中国科学院院士

教育部高等学校地球科学教学指导委员会主任委员

前言

遥感科学与技术是在空间科学、电子科学、地球科学、计算机科学以及其他学科相互渗透、相互融合的基础上发展的交叉学科。相关技术的迅速发展,使遥感形成了多层次、立体、多角度、全方位和全天候对地观测技术体系,并逐步发展形成坚实的理论体系、灵活实用的数据接收和处理体系以及完整的组织结构体系。遥感作为地球空间信息的一种快速获取技术手段,已在资源调查、生态环境保护、灾害监测、国防建设及重大工程建设中发挥着重要作用。当前,遥感科学与技术正向着天地一体化的快速信息流形成、航天航空与地面台站多级平台互联的传感网建立、海量数据的全数字流程和图像图形的宽带网络传输、地球各圈层的动态监测等方向发展,其中的许多关键问题都需要依赖遥感技术的系统学科体系来解决。

遥感原理建立在电磁波理论及其与目标相互作用机制的基础上。从遥感传感器瞬时观测获取的信息,基本上是以影像形式作为表征向我们展示的。从遥感影像中提取定性或定量信息,需要计算机、图形图像、数学建模等技术的支撑。遥感对地观测应用,需要通过地物波谱特征、大气传输规律、地表信息机理等的实验研究,掌握遥感信息形成的机理,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,从而有效地获取目标信息。因此,遥感是一门建立在实验基础上的科学技术,遥感实验是遥感应用研究的必经途径。

根据应用领域与目标的不同,目标物所需进行的属性观测内容也有很大差异。因此,遥感实验不仅需要掌握电磁辐射的基础理论、遥感影像处理软件的算法原理和使用方法,还要针对不同领域和行业的需要,掌握相关的专业知识和实验规范,以及相应的仪器设备观测原理和使用规范。

注重遥感实验和动手能力的培养与训练,是培养遥感专业人才的关键环节。目前,有关遥感实验的原理、方法与遥感实验配套的相关软件、仪器设备、观测规范等的介绍还处于零星分布状态,缺乏系统的介绍。因此,我们编著出版本书,旨在对遥感实验的原理、基本方法、一般流程和技术规范进行较全面系统的介绍,以作为遥感实验教学的主干教材。同时,也是一部遥感实验的实用性工具书,试图弥补目前已有遥感原理与方法、遥感概论等遥感教材在遥感实验内容方面的欠缺,让读者深入了解遥感实验的原理、方法和规范,为读者的研究工作提供有关实验设计、仪器设备的选择、观测规程的制订等方面的借鉴。

本书共分五篇十三章,第一篇导论,分为两章,第一章介绍遥感实验基础,第二章介绍遥感影像处理软件;第二篇地面遥感数据采集,分为两章,第三章介绍地面主要特征参数测量,第四章介绍水体光学特性测量;第三篇遥感影像预处理,分为两章,第五章介绍数据准备,第六章介绍辐射校正;

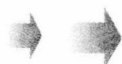
第四篇遥感影像解译,分为三章,第七章介绍影像增强,第八章介绍遥感目视解译,第九章介绍计算机遥感分类;第五篇遥感应用,分为四章,第十章介绍植被遥感,第十一章介绍土地利用与土地覆盖变化遥感监测,第十二章介绍水色遥感应用,第十三章介绍环境与灾害遥感应用。每章选用了若干实验案例,并附有实验与练习,以及建议阅读的书籍。

黄家柱负责第一章的编写;张琨、方朝阳负责第二章的编写;赵红梅、陈晓玲负责第三章的编写;陈晓玲、陈莉琼、于之锋负责第四章的编写;代侦勇、胡德勇、赵红梅负责第五章的编写;胡德勇、赵红梅、李先华负责第六章的编写;方朝阳、赵红梅、齐述华负责第七章的编写;潘建平负责第八章的编写;潘建平、曾群负责第九章的编写;杨波负责第十章的编写;王鹏新、张超负责第十一章的编写;陈晓玲、张伟、李先华、陈莉琼负责第十二章的编写;陈晓玲、杨波、方朝阳负责第十三章的编写。张琨负责全书的插图、表格整饰,陈晓玲、黄家柱、赵红梅、张琨负责全书统稿,袁小红、朱凤凤负责收集整理初稿。

由于时间与水平所限,本书在编撰过程中难免有不妥之处,尚与预期目标存在差距,需要在教学与研究实践中不断补充完善,欢迎广大读者不吝赐教。

《全国普通高等教育师范类地理系列教材》

专家委员会



主 任

曾从盛（福建师范大学）

副主编

明庆忠（云南师范大学）

任建兰（山东师范大学）

周国华（湖南师范大学）

委 员

(按姓氏笔画排序)

万鲁河（哈尔滨师范大学）

毛德华（湖南师范大学）

石培基（西北师范大学）

全 川（福建师范大学）

毕 华（海南师范大学）

杨 新（湖南师范大学）

杨玉盛（福建师范大学）

李小娟（首都师范大学）

李玉江（山东师范大学）

李永化（辽宁师范大学）

沙晋明（福建师范大学）

张 戈（辽宁师范大学）

张 果（四川师范大学）

张永清（山西师范大学）

张军海（河北师范大学）

张述林（重庆师范大学）

张祖陆（山东师范大学）

张雪萍（哈尔滨师范大学）

陆 林（安徽师范大学）

陈晓玲（江西师范大学）

陈健飞（广州大学）

金海龙（新疆师范大学）

姜世中（四川师范大学）

宫辉力（首都师范大学）

骆高远（浙江师范大学）

秦树辉（内蒙古师范大学）

袁书琪（福建师范大学）

高 峻（上海师范大学）

高传喜（天津师范大学）

海春兴（内蒙古师范大学）

康建成（上海师范大学）

梁雨华（吉林师范大学）

葛京凤（河北师范大学）

程道平（山东师范大学）

舒晓波（江西师范大学）

温家洪（上海师范大学）

管 华（徐州师范大学）

翟有龙（西华师范大学）

《遥感原理与应用实验教程》编委会名单



主 编

陈晓玲

副主编

赵红梅 黄家柱 杨 波 潘建平

编 委

(按姓氏笔画排序)

于之锋 王鹏新 方朝阳 代侦勇

齐述华 李先华 杨 波 张 伟

张 琍 陈莉琼 胡德勇 曾 群

目 录

序
前言

第一篇 导 论

第一章 遥感实验基础

.....	1
第一节 遥感物理基础 /1	
第二节 遥感信息源 /6	
第三节 遥感实验的主要类型和一般流程 /12	
实验与练习 /13	
主要参考文献/13	
建议阅读书目 /13	

第二章 遥感影像处理软件

.....	14
第一节 遥感影像处理软件简介 /14	
第二节 ERDAS IMAGINE 软件简介 /16	
第三节 其他软件简介 /22	
实验与练习 /25	
主要参考文献 /25	
建议阅读书目 /25	

第二篇 地面遥感数据采集

第三章 地面主要特征参数测量

.....	26
第一节 遥感常用仪器简介 /26	

Contents

第二节 主要地面特征参数测量 /30
实验与练习 /36
主要参考文献 /36
建议阅读书目 /37

第四章 水体光学特性测量

..... 38
第一节 水体光学观测简介 /38
第二节 表观光学量观测 /38
第三节 固有光学量观测 /43
第四节 大气气溶胶与气象水文辅助参数观测 /51
第五节 水质参数观测与实验室分析 /53
实验与练习 /55
主要参考文献 /56
建议阅读书目 /57

第三篇 遥感影像预处理

第五章 数据准备

..... 58
第一节 影像格式转换 /58
第二节 几何纠正 /63
第三节 影像镶嵌与裁切 /70
实验与练习 /71
主要参考文献 /72
建议阅读书目 /73

第六章 辐射校正

..... 74
第一节 遥感影像辐射定标 /74

目 录

第二节 大气校正 /76

第三节 地形校正 /83

实验与练习 /87

主要参考文献 /87

建议阅读书目 /88

第四篇 遥感影像解译

第七章 影像增强

89

第一节 空间增强 /89

第二节 辐射增强 /98

第三节 光谱增强 /102

实验与练习 /105

主要参考文献 /105

建议阅读书目 /105

第八章 遥感目视解译

106

第一节 解译标志 /106

第二节 解译方法与步骤 /108

第三节 遥感解译与专题矢量文件制作 /109

实验与练习 /114

主要参考文献 /114

建议阅读书目 /114

第九章 计算机遥感分类

115

第一节 分类原理和基本流程 /115

第二节 非监督分类 /116

Contents

第三节 监督分类 /118	
第四节 面向对象的分类 /121	
第五节 遥感影像解译专家系统 /123	
第六节 分类后处理与精度评价 /130	
实验与练习 /133	
主要参考文献 /133	
建议阅读书目 /133	

第五篇 遥感应用

第十章 植被遥感

.....	134
-------	-----

第一节 植被指数及其提取 /134	
第二节 农作物估产 /140	
实验与练习 /145	
主要参考文献 /145	
建议阅读书目 /146	

第十一章 土地利用与土地覆盖变化遥感监测

.....	147
-------	-----

第一节 概述 /147	
第二节 土地利用与土地覆盖变化遥感监测方法 /147	
实验与练习 /150	
主要参考文献 /150	
建议阅读书目 /150	

第十二章 水色遥感应用

.....	151
-------	-----

第一节 卫星水色传感器的发展 /151	
第二节 水色大气校正方法 /154	

目 录

第三节 叶绿素浓度反演及其应用 /158
第四节 悬浮泥沙浓度反演及其应用 /162
实验与练习 /166
主要参考文献 /167
建议阅读书目 /169

第十三章 环境与灾害遥感应用

.....	170	
第一节 洪涝灾害遥感监测应用 /170		
第二节 基于 MODIS 数据的干旱制图 /180		
第三节 海洋溢油遥感监测 /189		
实验与练习 /192		
主要参考文献 /192		
建议阅读书目 /193		
附录 世界各国各类卫星发射情况及有关技术参数 /194		

第一篇 导 论

第一章 遥感实验基础

本章导读

本章系统分析遥感实验的原理,概述遥感应用与原理之间的关系,介绍目前常用的主被动传感器和数据产品、遥感实验体系以及对学生的培养目标及其拓展意义。重点强调遥感应用流程及其应用的遥感基础。

第一节 遥感物理基础

遥感是利用各种物体具有反射或辐射不同波长电磁波信息的特性,通过探测目标的电磁波信息,获取目标信息,进行远距离物体识别的技术。地表目标反射、发射的电磁辐射能,经与大气、地表相互作用后,被各种传感器所接收并记录下来,成为解释目标性质和现象的原始信息。遥感原理就是建立在电磁波理论及其与物体相互作用机制的基础上的。

一、电磁辐射与物体的相互作用

当电磁辐射能量入射到地物表面上,将会出现三种过程:一部分入射能量被地物反射;一部分入射能量被地物吸收,成为地物本身内能或部分再发射出来,还有一部分入射能量被地物透射。

根据能量守恒定律可得

$$E_0 = E_\rho + E_\alpha + E_\tau \quad (1-1)$$

式中, E_0 为入射的总能量; E_ρ 为地物的反射能量; E_α 为地物的吸收能量; E_τ 为地物的透射能量。

式(1-1)两端同除以 E_0 , 得

$$\frac{E_\rho}{E_0} + \frac{E_\alpha}{E_0} + \frac{E_\tau}{E_0} = 1 \quad (1-2)$$

令 $\rho = E_\rho/E_0 \times 100\%$, 即地物反射能量与入射总能量的百分率,称之为反射率;

$\alpha = E_\alpha/E_0 \times 100\%$, 即地物吸收能量与入射总能量的百分率,称之为吸收率;

$\tau = E_\tau/E_0 \times 100\%$, 即地物透射的能量与入射总能量的百分率,称之为透射率。

则式(1-2)可写成:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (1-3)$$

对于不透明的地物,透射率 $\tau = 0$, 则式(1-3)可改写成为

$$\rho + \alpha = 1 \quad (1-4)$$

式(1-4)表明,对于某一波段反射率高的地物,其吸收率就低,即为弱辐射体;反之,吸收率高的地物,其反射率就低。

二、地物波谱特性

自然界中任何地物都具有其自身的电磁辐射规律,如具有反射,吸收外来的紫外线、可见光、红外线和微波的某些波段的特性;它们又都具有发射某些红外线、微波的特性;少数地物还具有透射电

磁波的特性,这种特性称为地物的光谱特性。

1. 地物的反射光谱特性

不同地物对入射电磁波的反射能力是不一样的,通常采用反射率来表示。当电磁辐射能到达两种不同介质的分界面时,入射能量的一部分或全部返回原介质的现象,称之为反射。反射的特征可以通过反射率表示,它是波长的函数,故称为光谱反射率 $\rho(\lambda)$,被定义为

$$\rho(\lambda) = E_R(\lambda)/E_I(\lambda) \quad (1-5)$$

式中, $E_R(\lambda)$ 为反射能; $E_I(\lambda)$ 为入射能; 反射率 $\rho(\lambda)$ 以百分数表示, 其值为 0~1。

反射率不仅是波长的函数,同时也是入射角、物体的电学性质(电导、介电、磁学性质等)以及表面粗糙度、质地等的函数。一般来说,当入射电磁波波长一定时,反射能力强的地物,反射率大,在黑白遥感影像上呈现的色调就浅。反之,反射入射光能力弱的地物,反射率小,在黑白遥感影像上呈现的色调加深。在遥感影像上色调的差异是判读遥感影像的重要标志。

2. 地物的发射光谱特性

(1) 发射率 任何地物当温度高于绝对温度 0K 时,组成物质的原子、分子等微粒,在不停地做热运动,都有向周围空间辐射红外线和微波的能力。通常地物发射电磁辐射的能力是以发射率作为衡量标准。地物的发射率是以黑体辐射作为基准。

斯特藩-玻耳兹曼定律、维恩位移定律只适用黑体辐射,但是,在自然界中,黑体辐射是不存在的,一般地物辐射能量总要比黑体辐射能量小。如果利用黑体辐射有关公式,则需要增加一个因子,这个因子就是发射率(ε_λ),或称“比辐射率”。

对于某一波长来说,发射率定义如下:

$$\varepsilon_\lambda = M' / M \quad (1-6)$$

式中, M' 为单位面积上观测地物发射的某一波长的辐射通量密度; M 为与观测地物同温度下黑体的辐射通量密度。

发射率根据物质的介电常数、表面的粗糙度、温度、波长、观测方向等条件而变化,取 0~1 的值。地物发射率的差异也是遥感探测的基础和出发点。

(2) 地物发射光谱 地物的发射率随波长变化的规律,称为地物的发射光谱。按地物发射率与波长间的关系绘成的曲线(横坐标为波长,纵坐标为发射率)称为地物发射光谱曲线。

3. 地物的透射光谱特性

当电磁波入射到两种介质的分界面时,部分入射能穿越两介质的分界面的现象称为透射。透射的能量穿越介质时,往往部分被介质吸收并转换成热能再发射。

透射能量的能力用透射率 τ 来表示。透射率就是入射光透射过地物的能量与入射总能量的百分比。地物的透射率随着电磁波的波长和地物的性质而不同。例如,水体对 0.45~0.56 μm 的蓝绿光波具有一定的透射能力,较混浊水体的透射深度为 1~2 m,一般水体的透射深度可达 10~20 m。又例如,波长大于 1 mm 的微波对冰体具有透射能力。

一般情况下,绝大多数地物对可见光都没有透射能力。红外线只对具有半导体特征的地物,才有一定的透射能力。微波对地物具有明显的透射能力,这种透射能力主要由入射波的波长而定。因此,在遥感技术中,可以根据它们的特性,选择适当的传感器来探测水下、冰下某些地物的信息。

4. 典型地物波谱特性

地物波谱——地物的反射、发射、透射电磁波的特征是随波长而变化的,即是波长的函数。因此,往往以波谱曲线的形式表示,简称地物波谱。

地物波谱和许多因素密切相关,如果忽略了对其他环境因子的相关研究,地物波谱研究也就失去实用价值。地物波谱特性是随时间、地点、环境背景等的变化而变化,影响因素很多,是一种综合作用的结果。那么,对于任一特定的地表特征(或覆盖类型)就不可能存在一种唯一的、不变的“光谱标志”——标准光谱值。因此,除了需要了解各类地物一般的波谱特性,即典型地物波谱特性外(图 1-1~图 1-3),在实际工作中,还需要有针对性地进行地物波谱测量。地物波谱可以通过各种光谱测量仪器,

如分光光度计、光谱仪、摄谱仪、光谱辐射计等，经实验室或野外测量获得。

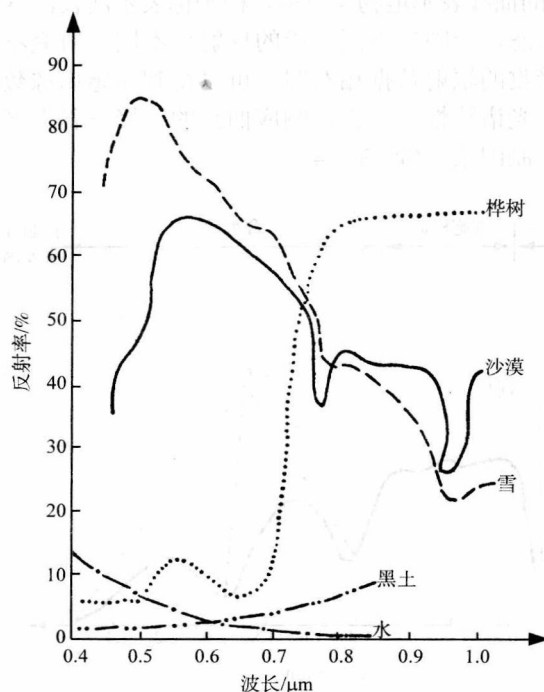


图 1-1 几种主要地物典型反射波谱

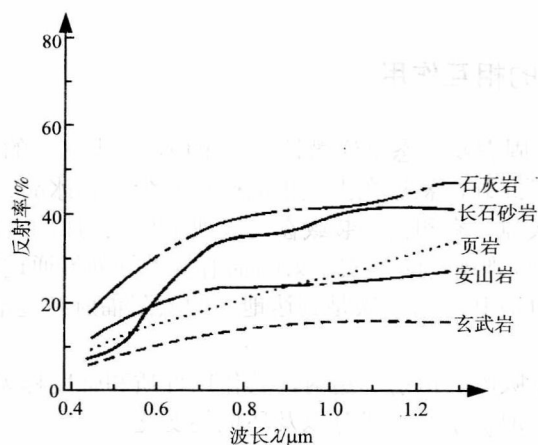


图 1-2 几种岩石的典型反射波谱

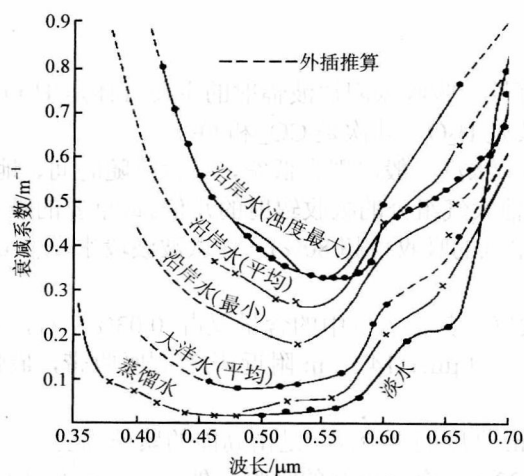


图 1-3 水的光谱衰减特性