

资源环境遥感探测

Remote Sensing Exploration for
Natural Resources and Environments



徐瑞松
马跃良 著
陈 彧

中国科学技术大学出版社

臺灣環境通識教育

Environmental Awareness & Education for
Taiwan and Abroad and the 21st Century Agenda



主編
副主編
編者

Environmental Awareness & Education

当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书

中国科学技术大学
校友文库

资源环境遥感探测

Remote Sensing Exploration for
Natural Resources and Environments

徐瑞松
马跃良 著
陈 彧

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是作者三十多年的科研成果和国内外近年来研究的结晶,系统地阐述资源环境遥感探测的国内外研究概况,发展趋势,基本理论,技术方法及其在地质、矿产、地球化学、环境、海洋、地震、农业、林业、土壤和全球变化等领域中的应用,并结合研究实例加以说明。

本书分绪论、资源环境遥感探测的基本原理、资源遥感探测、环境遥感探测、地震遥感探测、全球变化与遥感、遥感对人类外星生存空间的探测和结语共八部分。全书图文并茂,约四十多万字,七十多张彩色照片。

本书可供地球科学、地质、矿产、地球化学、生物学、环境科学、海洋、农业、林业、遥感技术及应用、GIS等领域的广大师生、科技工作者和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

资源环境遥感探测/徐瑞松,马跃良,陈彧著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2012.1

(当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书;中国科学技术大学校友文库)
“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-312-02235-7

I. 资… II. ①徐…②马…③陈… III. 资源遥感:环境遥感 IV. X87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 129915 号

出版发行 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址 <http://press.ustc.edu.cn>

印 刷 合肥晓星印刷有限责任公司

经 销 全国新华书店

开 本 710 mm×1000 mm 1/16

印 张 28

字 数 451 千

版 次 2012 年 1 月第 1 版

印 次 2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数 1—2500 册

定 价 88.00 元

编 委 会

顾 问 吴文俊 王志珍 谷超豪 朱清时

主 编 侯建国

编 委 (按姓氏笔画为序)

王 水	史济怀	叶向东	朱长飞
伍小平	刘 兢	刘有成	何多慧
吴 奇	张家铝	张裕恒	李曙光
杜善义	杨培东	辛厚文	陈 颢
陈 霖	陈初升	陈国良	陈晓剑
郑永飞	周又元	林 间	范维澄
侯建国	俞书勤	俞昌旋	姚 新
施蕴渝	胡友秋	骆利群	徐克尊
徐冠水	徐善驾	翁征宇	郭光灿
钱逸泰	龚 昇	龚惠兴	童秉纲
舒其望	韩肇元	窦贤康	

总 序

大学最重要的功能是向社会输送人才,培养高质量人才是高等教育发展的核心任务。大学对于一个国家、民族乃至世界的重要性和贡献度,很大程度上是通过毕业生在社会各领域所取得的成就来体现的。

中国科学技术大学建校只有短短的五十余年,之所以迅速成为享有较高国际声誉的著名大学,主要就是因为她培养出了一大批德才兼备的优秀毕业生。他们志向高远、基础扎实、综合素质高、创新能力强,在国内外科技、经济、教育等领域做出了杰出的贡献,为中国科大赢得了“科技英才的摇篮”的美誉。

2008年9月,胡锦涛总书记为中国科大建校五十周年发来贺信,对我校办学成绩赞誉有加,明确指出:半个世纪以来,中国科学技术大学依托中国科学院,按照全院办校、所系结合的方针,弘扬红专并进、理实交融的校风,努力推进教学和科研工作的改革创新,为党和国家培养了一大批科技人才,取得了一系列具有世界先进水平的原创性科技成果,为推动我国科教事业发展和社会主义现代化建设做出了重要贡献。

为反映中国科大五十年来的人才培养成果,展示我校毕业生在科技前沿的研究中所取得的最新进展,学校在建校五十周年之际,决定编辑出版《中国科学技术大学校友文库》50种。选题及书稿经过多轮严格的评审和论证,入选书稿学术水平高,被列入“十一五”国家重点图书出版规划。

入选作者中,有北京初创时期的第一代学生,也有意气风发的少年班毕业生;有“两院”院士,也有中组部“千人计划”引进人才;有海内外科研院所、大专院校的教授,也有金融、IT行业的英才;有默默奉献、矢志报国的科技将军,也有在国际前沿奋力拼搏的科研将才;有“文革”后留

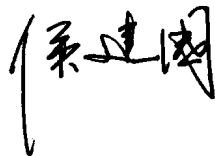
美学者中第一位担任美国大学系主任的青年教授,也有首批获得新中国博士学位的中年学者……在母校五十周年华诞之际,他们通过著书立说的独特方式,向母校献礼,其深情厚谊,令人感佩!

《文库》于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,现已出书53部,在学术界产生了很好的反响。其中,《北京谱仪Ⅱ:正负电子物理》获得中国出版政府奖;中国物理学会每年面向海内外遴选10部“值得推荐的物理学新书”,2009年和2010年,《文库》先后有3部专著入选;新闻出版总署总结“‘十一五’国家重点图书出版规划”科技类出版成果时,重点表彰了《文库》的2部著作;新华书店总店《新华书目报》也以一本书一个整版的篇幅,多期访谈《文库》作者。此外,尚有十数种图书分别获得中国大学出版社协会、安徽省人民政府、华东地区大学出版社研究会等政府和行业协会的奖励。

这套发端于五十周年校庆之际的文库,能在两年的时间里形成现在的规模,并取得这样的成绩,凝聚了广大校友的智慧和母校的感情。学校决定,将《中国科学技术大学校友文库》作为广大校友集中发表创新成果的平台,长期出版。此外,国家新闻出版总署已将该选题继续列为“十二五”国家重点图书出版规划,希望出版社认真做好编辑出版工作,打造我国高水平科技著作的品牌。

成绩属于过去,辉煌仍待新创。中国科大的创办与发展,首要目标就是围绕国家战略需求,培养造就世界一流科学家和科技领军人才。五十年来,我们一直遵循这一目标定位,积极探索科教紧密结合、培养创新拔尖人才的成功之路,取得了令人瞩目的成就,也受到社会各界的肯定。在未来的发展中,我们依然要牢牢把握“育人是大学第一要务”的宗旨,在坚守优良传统的基础上,不断改革创新,进一步提高教育教学质量,努力践行严济慈老校长提出的“创寰宇学府,育天下英才”的使命。

是为序。



中国科学技术大学校长
中国科学院院士
第三世界科学院院士

2010年12月

前 言

遥感技术及应用以磅礴之势屹立于人类文明之林,但在其前进的征途上,遇到了一些极难逾越的障碍。人们通常认为,遥感只可以获取地表信息,仅能解决地表问题,因而使其研究前景暗淡,应用领域受到限制。遥感能否穿过地球表层屏障,透视屏障层之下的地质、矿产、环境等特征信息?能否有效地提取这些特征信息为地质、矿产、环境、海洋、农业、林业、地下水、土壤、全球变化等调查项目服务?《资源环境遥感探测》一书就是作者与同仁们一起,对以上问题进行的一些有益的探索。有些问题在书中已做了肯定的回答,有些问题则有待我们在今后的研究中去探讨。《资源环境遥感探测》是作者近几十年来在地质、矿产、地球化学、环境、遥感理论、遥感技术和应用等领域研究成果的结晶。资源与环境是人们研究成矿元素在地球岩石圈、生物圈和大气圈中迁移、富集、演化规律及应用和生态环境时空分布演化及对人类生存影响的科学,遥感是根据地物电磁波谱理论发展起来的远距离探测技术。两者结合发挥了各自的优势,即资源与环境丰富了遥感理论,开拓了遥感的应用领域,给遥感研究注入了新的活力,推动了遥感理论、技术及应用研究的发展;遥感加速了资源与环境理论和应用研究的进程,使其不断向研究开发的深度和广度进军。资源环境遥感探测离不开科学的进步和社会、经济发展的需求,科学的进步、社会和经济的发展更需要资源环境遥感探测。资源环境遥感探测将以全新的面貌奉献于世,并以更强的生命力在人类文明的征途上发挥更大的作用。

本书第一章重点介绍资源环境遥感探测的若干理论和技术方法,第二章到第六章着重介绍资源环境遥感探测在地质、矿产、环境及其他领

域的应用。本书的主要特点是:学术思想明确,自始至终都把资源环境遥感探测的理论、技术方法和应用作为一个完整体系介绍给读者;取材新颖,均为最近三十多年来有关学科的最新研究成果。全书以资源环境遥感探测为主线,注重理论与实践相结合,技术方法与应用效果相结合,力求在理论上讲清,技术方法可行,应用上经济实效。由于篇幅所限,本书主要研究对象是矿产资源和环境,遥感波段以可见光至近红外光为主,附带介绍紫外、红外、热红外、微波波段等。

本书是我们集体多年工作的成果。我们这个集体共承担和完成了国家科技攻关项目、国家“973”项目、国家自然科学基金重点和面上基金项目、中国科学院重大和重点创新项目、地方和企业科技攻关和基金项目等三十多项科研任务,主要工作人员有:徐火盛、李富才、何在成、叶速群、吕惠萍、张秀忠、谭建军、曾提、许安、贾桂梅、徐金鸿、苗莉、王洁、蔡睿、王庆光、李高飞、刘颖、吴晋、刘惠萍、胡巧、谢永泉、唐建平、黄海云、来武、徐沅等。本书的绪论、第一章、第二章和结语由徐瑞松执笔,第三章由马跃良执笔,第四章由陈彧执笔,第五章、第六章由王庆光执笔,最后由徐瑞松统稿。在本书的编著过程中,得到了中国科学院叶连俊院士、陈述彭院士、涂光炽院士、欧阳自远院士、谢先德院士(同时也是俄罗斯科学院外籍院士)、童庆禧院士、朱照宇研究员等的悉心指导和热心支持,同时得到中国科学院、中国科学院广州地球化学研究所的有关领导和同事、美国新汉普斯尔大学的 B. N. Rock 博士、美国费尔班克斯大学的 L. Scott Huang 教授、荷兰国际技术工程学院(ITC)的 P. M. Van Dijk 教授及同行们的热心指导和大力支持;本书得到国家基金(41072247/D0125)的资助,在此表示衷心的感谢。

特将此书献给伟大的母校——中国科学技术大学。

徐瑞松

2011 年

目 录

总序	(i)
前言	(iii)
绪论	(1)
一、资源环境遥感探测的定义和任务	(1)
二、资源环境遥感探测与其他学科的关系	(2)
三、资源环境遥感探测国内外研究概况与发展趋势	(4)
第一章 资源环境遥感探测的基本原理	(25)
第一节 遥感探测窗口	(25)
一、电磁波基本概念	(25)
二、太阳辐射与大气窗口	(27)
第二节 资源环境遥感探测器最佳波段和最佳技术方法	(31)
一、最佳波段	(31)
二、最佳技术方法	(33)
第三节 资源环境效应地物波谱特征及机制	(42)
一、资源环境效应地物波谱基本特征	(42)
二、地物的反射波谱曲线	(46)
三、成因机制	(49)
第四节 地物波谱特征分析与提取方法	(76)
一、光谱的特征选择与提取	(76)
二、光谱信息处理的一些技术	(80)

三、指数特征分析	(101)
第五节 资源环境遥感的数字图像特征	(104)
一、灰度特征	(104)
二、色度特征	(105)
三、纹理特征	(106)
第六节 遥感数字图像分析提取方法	(107)
一、计算机数字图像处理	(107)
二、遥感影像目视解译	(111)
三、遥感数字图像计算机解译	(115)
四、遥感数字图像解译专家系统	(117)
五、遥感多源信息复合	(118)
六、GIS 在遥感信息提取中的作用	(121)
第二章 资源遥感探测	(124)
第一节 概述	(124)
一、地质体的组构特征	(124)
二、成矿元素组合特征	(127)
三、资料获取	(134)
四、特征信息分析提取	(136)
第二节 金属和贵金属矿产资源遥感探测	(138)
一、金矿资源遥感探测——以广东河台金矿为例	(138)
二、钨矿资源遥感探测	(158)
三、内蒙古多金属矿产资源遥感探测——以巴林右旗永安铅锌矿 为例	(170)
第三节 能源资源遥感探测	(179)
一、陆地油气资源遥感探测——以南盘江地区为例	(179)
二、海洋油气遥感探测——以南海为例	(189)
三、内蒙古东部煤矿遥感探测	(199)
第四节 华南红土资源遥感探测	(203)
一、研究区概况	(203)
二、样品采集与分析	(204)
三、遥感探测模型研究	(218)
四、华南红土资源分类与调查	(231)

第三章 环境遥感探测	(235)
第一节 概述	(235)
一、研究区域概况	(236)
二、研究区环境污染特征	(238)
三、遥感在环境质量变化中的研究现状	(242)
第二节 广州地区水体和植物波谱与图像特征	(249)
一、水体波谱和图像特征	(250)
二、植物波谱和图像特征	(257)
第三节 广州地区大气污染的植物光谱效应	(260)
一、植物样品采集与测量方法	(260)
二、植物光谱效应分析	(261)
第四节 大气污染的生物地球化学遥感机理与模型分析	(267)
一、大气污染植物的环境地球化学特征	(267)
二、大气污染对植物光谱特征的影响分析	(274)
三、大气降尘对植物反射光谱的影响分析	(293)
四、植物的大气污染指数分析	(295)
五、广州地区植被指数分析	(297)
第五节 环境污染的遥感动态监测研究	(301)
一、珠江广州河段水体污染遥感动态监测	(301)
二、珠江广州河段水质污染的遥感定量监测应用模型	(306)
三、深圳市水库水质遥感监测模型	(315)
第六节 广州地区热岛效应的遥感监测与评价	(322)
一、研究范围和资料选取	(322)
二、地面温度反演计算方法	(323)
三、广州地区热岛效应分析与评价	(325)
第七节 广州城市扩展与绿波退缩遥感动态分析	(332)
一、城市扩展与绿波退缩遥感信息提取方法	(333)
二、广州市建成区扩展与绿波退缩遥感信息分析	(337)
第四章 地震遥感探测	(340)
第一节 遥感在地震研究和监测中的应用与进展	(340)
第二节 地震遥感探测原理	(342)
一、地表形变的 D-InSAR 观测	(342)

二、地应力致热	(345)
三、地球排气作用	(346)
四、地下水	(348)
五、岩石圈—大气圈耦合作用	(350)
六、遥感传感器介绍	(351)
第三节 地震遥感探测应用实例	(353)
一、伊朗 Bam 地震的 D-InSAR 测量	(353)
二、地震导致海面热红外异常	(357)
第五章 全球变化与遥感	(363)
第一节 概述	(363)
一、全球变化的概念与现象	(363)
二、全球变化的研究进展	(365)
三、全球环境变化与遥感技术	(368)
第二节 遥感在全球变化热点问题研究中的应用	(371)
一、遥感资源调查	(371)
二、大气监测	(373)
三、生物多样性	(374)
四、土地利用和土地覆盖变化	(375)
五、海洋环境监测	(376)
六、灾害监测	(377)
第六章 遥感对人类外星生存空间的探测	(379)
第一节 人类外星生存空间探测概述	(379)
第二节 月球探测	(383)
一、人类探测月球的历史	(384)
二、国外对月球的探测的进展	(385)
三、我国的探月工程	(388)
四、未来月球探测的走向	(394)
第三节 行星探测	(396)
一、火星探测概述	(396)
二、国内外火星探测进展	(397)
三、火星探测展望——人类登上火星,把火星建成第二个地球	(399)
四、其他行星探测	(400)

五、深空探测发展趋势	(402)
结语	(404)
一、资源环境遥感探测的理论	(404)
二、资源环境遥感探测的技术方法	(404)
三、资源环境遥感探测的应用	(405)
四、资源环境遥感探测与辩证法.....	(405)
五、资源环境遥感探测研究中存在的问题.....	(407)
六、资源环境遥感探测的未来	(407)
参考文献	(409)

绪 论

一、资源环境遥感探测的定义和任务

人类生存的地球是一个由不停地运动着的物质组成的五彩缤纷的世界。人们为了从真理的必然王国进入自由王国,正确地认识世界,主观能动地去改造世界,数千年来,多少志士仁人前赴后继,对这个充满生机的神奇世界及其运动奥秘进行着艰辛的探索和深入研究。地质学家在研究中,将地球分成岩石圈、水圈、大气圈和生物圈。本书的研究舞台就是整个岩石圈、水圈、大气圈和生物圈。从太空上看,地球是一颗闪烁着蓝绿色光泽的宝石,这美丽的蓝绿色就是覆盖整个地球的大气、水和植物的贡献。

资源环境遥感探测(Remote Sensing Exploration for Natural Resources and Environments)利用遥感技术研究元素,特别是元素的原子、离子、分子和粒子等,在地球各圈的迁移、富集和演化,以及它们在生命起源、成矿环境变化及全球变化中所起的作用,并开展自然资源探测和环境及全球变化等方面的应用。遥感(RS, Remote Sensing)是利用航天、航空等平台,对地物的物理、化学等特征进行远距离探测的一种技术手段。广义而言,遥感泛指各种非接触、远距离探测技术。根据物体对电磁波的反射和辐射特性,将来可能涉及声波、引力波和地震波。狭义而言,遥感是一门新兴的科学技术,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、微波等探测仪器,通过摄影或扫描,信息感应、传输和处理等手段,识别地面物质的性质和运动状态的现代化技术系统。

遥感技术(Remote Sensing Technology)是从地面到高空各种对地球、

天体观测的综合性技术系统的总称。它由遥感平台、遥感仪器和信息接收、处理与分析应用等组成。它们形成信息网络,夜以继日、源源不断地向人们提供丰富的科学数据和动态情报(陈述彭,1990)。

资源环境遥感探测是资源环境的理论、方法与遥感的理论、技术、手段相结合的交叉学科,是全球变化研究中重要的理论基础和技术方法。

资源环境遥感探测的基本任务是:

(1)理论研究。包括元素直至各地质体在地球各圈中的迁移、富集、演化规律,元素的成矿作用和机理;资源环境遥感探测的最佳波段、地物波谱和遥感图像特征及特征信息的形成机理。

(2)研究资源环境遥感探测的技术方法。其中包括遥感平台、遥感传感器和资源环境遥感特征信息的提取、分析、处理等研究方法。

(3)研究资源环境遥感探测在地质、矿产和其他自然资源、环境、海洋、农业、林业、水利、土壤以及全球变化等研究领域中的应用。

二、资源环境遥感探测与其他学科的关系

资源环境遥感探测是地球科学与遥感技术科学相结合的产物,是理论与应用相结合的产物。资源环境遥感探测与矿物学、地球科学、环境科学、遥感的理论和技术、计算机技术和信息科学等有密切的亲缘关系,如图 0.1 所示。

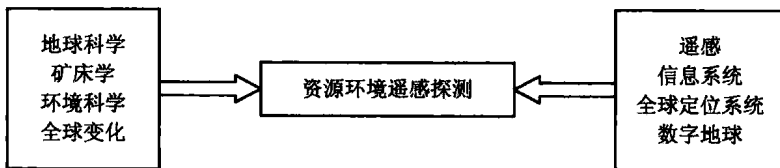


图 0.1 资源环境遥感探测与其他学科关系示意图

资源环境遥感探测的理论基础是地球科学、资源环境、遥感理论和信息科学,其技术方法主要来自遥感技术、计算机技术、信息学以及地球科学、资源环境等学科,其应用领域主要是地球科学、矿床学、环境科学、农业、林业、水利、土壤、全球变化等。资源环境遥感探测的发展有赖于地球科学、环境科学、遥感学、信息科学等学科的理论、技术方法和应用的进步和需要,它的

本身又从不同的侧面支持和推动了上述学科向研究的深度和广度进军。资源环境遥感探测不但吸取相关学科的精华丰富自己,而且在其发展中又独具特色。下面通过对比资源环境探测与资源环境遥感探测,说明后者的特点。

(1)资源环境探测从原子、分子的角度研究元素在地球各圈层中的演化、迁移、富集规律及其在资源、环境调查中的应用。资源环境遥感探测不仅从物质的原子、分子角度,而且从全球变化、地质学、行星地质学、矿物学、岩石学、矿床学等宏观角度研究元素在地球各圈层中的演化、迁移、富集规律及其在资源、环境调查中的应用。

(2)资源环境探测研究元素的原子、分子特征。资源环境遥感探测研究元素的原子、分子的运动和构成特征,还研究这些元素的资源环境效应特征、波谱特征和遥感图像特征。

(3)在研究方法上,资源环境探测只能做到点上取样,在定性和定量研究中,以定性研究为主,而资源环境遥感探测研究不但可在点上取样,而且还能同时在面上取样,其在定性和定量研究中以定量研究为主。资源环境遥感探测研究还吸取了遥感和信息学中的信息源广,信息量大,获取信息快、准、经济、动态化的优点,处理信息不但做到定量化,而且处理方法灵活,克服了资源环境探测研究中的不足。

(4)资源环境探测研究往往受气候、地形、国界等条件的限制,而资源环境遥感探测研究则不受这些限制。

(5)在应用上,资源环境探测研究目前仅限于矿产资源和环境调查,而资源环境遥感探测研究的应用领域迅速地 from 矿产资源和环境调查扩大到整个的数字地球调查研究。从应用效果上看更加经济准确,以找金矿为例,发现和评价同一个 F 级金矿靶区,传统地质法约需人民币 50 万元,地球物理法约需 45 万元,地球化学法约 40 万元,资源环境遥感探测只需 6 万~9 万元,并且精度较高。

总之,资源环境遥感探测研究与地球科学(地质学、矿床地质学、构造地质学、地史学、岩石学、矿物学、矿床学、环境地质学、水文地质学、地球化学、宇宙地球化学、元素地球化学、海洋学、土壤学)、全球变化、植物学、环境科学、农业科学、林业科学、大气科学、遥感学、计算机科学、信息科学、生物化学、生物物理学等学科之间存在一定的联系,又具有独立性,其广泛吸收了