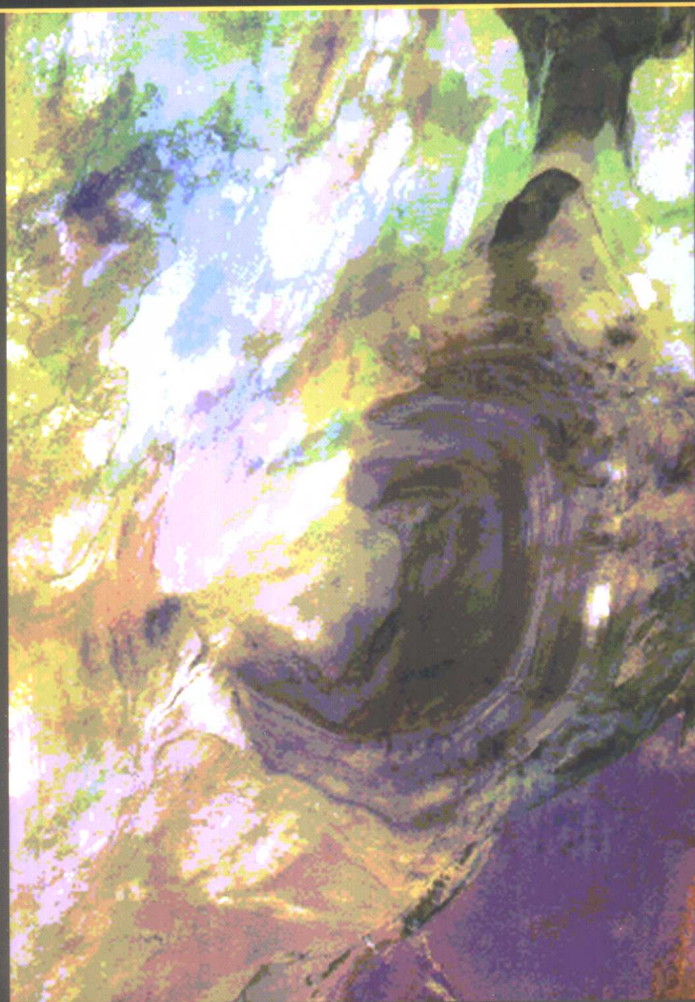


戴昌达 姜小光 唐伶俐 著

遥感图像应用处理与分析



清华大学出版社



遥感图像应用处理与分析

戴昌达 姜小光 唐伶俐 著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是为发展遥感图像应用处理技术而撰写的著作。分上、中、下三篇。上篇包括五章,概述遥感的物理基础与成像机理;中篇包括九章,分别讨论有关遥感图像应用处理与分析涉及的基本理论及其关键技术;下篇概括成六章,介绍笔者及其同事们自上世纪70年代至今在许多重要遥感应用领域开展遥感图像应用处理与分析研究所取得的实际成效及具体方法。

本书为广大从事遥感应用的各行各业科技人员提高遥感应用水平、拓展遥感应用领域提供了有益的启示与借鉴。同时也可作为高等院校相应专业的教师、本科生、研究生以及有关培训班、研讨班的参考读物。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

遥感图像应用处理与分析/戴昌达,姜小光,唐伶俐著. —北京:清华大学出版社,2004

ISBN 7-302-07633-2

I. 遥… II. ①戴… ②姜… ③唐… III. ①遥感图像-图像处理 ②遥感图像-图像分析
IV. TP751

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 102818 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 张兆琪

文稿编辑: 赵彤伟

版式设计: 刘祎森

印 装 者: 三河市印务有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 20.5 插页: 8 字数: 486 千字

版 次: 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-07633-2/TP·5637

印 数: 1~3000

定 价: 38.00 元(平装)

48.00 元(精装)

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704

序

戴昌达先生是我国遥感事业的前辈先驱之一,从地学应用的角度出发,他从事遥感图像——从航片到卫片的解译、处理工作已经近 40 年了。积 40 年之经验和心血,戴先生及其同事姜小光、唐伶俐共同撰写的这部《遥感图像应用处理与分析》专著,无疑将对遥感这门多学科交叉的科学的发展,起到巨大的推动作用。

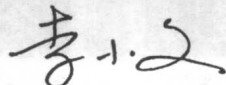
戴先生明确指出,遥感图像应用处理,不是电子、计算机等专业背景意义上的“图像处理”和“数字图像处理”,而是有着丰富的地学内涵,针对某些学习电子、计算机、物理、数学等学科专业出身并正在从事遥感图像处理的科技人员,他指出:“在他们眼里,不同地理景观区,不同季节获得的图像都同样是一串大小不等的数码,很难体会到其中包含着极其丰富而又复杂的生物学、地学等内容。”

这个批评对我个人来说是一针见血的,或者说是当头棒喝。我是学电子、计算机出身的,如果我能早 20 年懂得戴先生这番话的道理,肯定会少走很多弯路。我学数字信号处理、数字图像处理时,的确把图像当作一串数码,进行恢复、增强,并且连这一串数码的物理意义都不在乎。所处理的图像,无非就是那几幅经典的美女玉照,几块 IC 芯片的断层像。经过 20 年的实践教训,我才多少懂得地球表面真的是太复杂了,如果没有对地表各种现象的深刻了解和认识,我们很难从遥感图像中提取真正需要的信息,从而增强我们对地表的进一步理解。打一个也许不太恰当的比方,遥感图像的应用处理,相对于一般传统意义上的图像处理,就好比拿一幅加噪、模糊后的蒙娜丽莎画像的照片,要求计算机处理后不但要滤除噪声,恢复高频分量,而且要知道蒙娜丽莎究竟是什么表情,为什么会有那样的表情。

戴先生他们明确区分了遥感图像的系统处理和应用处理,这是极有创见的,对读者更深刻地理解遥感这门新兴学科,以及与传统图像处理的关系,将会有极大的帮助。另一方面,戴先生将自己近 40 年实践经验的精华浓缩到本书中,对遥感科学的物理基础,包括遥感与电磁波理论、地物波谱特性、光学遥感和雷达遥感的成像机理等,进行了详细的论述,并总结介绍了遥感图像应用处理与分析中的基本理论和关键技术,这对于遥感科学基础理论的研究和发展、对遥感图像数据的处理方法和遥感应用,都具有很高的参考价值,对广大读者也将是一笔宝贵的财富。

站在先驱者的肩上,我们才能远望。在本书即将付梓之际,谨向戴先生及其编著小组表示祝贺!

中国科学院院士
北京师范大学遥感与 GIS 研究中心主任
中国科学院遥感所所长
波士顿大学研究教授



2002 年 10 月 22 日

人类面临着尖锐的人口大幅度增长、非再生资源趋向枯竭和生态环境不断恶化的巨大压力等问题。卫星遥感技术的兴起使人们有可能从太空的高度连续、重复地观测地球,从而为人类进一步认识地球的全貌与动态变化,更准确地摸清资源家底,更合理地规划利用资源,更有效地治理和保护环境,提供了一种前所未有的强大技术手段。

自1972年美国实施地球资源卫星计划以来,卫星遥感技术在全球范围内迅猛发展,新的遥感平台陆续升空,遥感仪器不断更新换代。至今世界各主要发达国家和少数发展中国家,包括我国、印度等先后发射的遥感卫星数以百计,仍正常在太空作业的主要遥感卫星还有十余颗,作业波段覆盖可见光至不可见的近红外、短波红外、中红外、远红外、微波等广阔频域。每天向散布在世界各地的数十座遥感卫星地面站和许多移动接收站传送几乎覆盖全球(南北两极部分极地除外)的海量遥感数据。这些数据实质上都是综合反映地表特征的电磁波信号,经地面站系统处理得出的图像产品也仍是地面多种地物波谱特征的综合记录,不同专业、不同应用目的所需的有用信息和无用的干扰信息混杂在一起,所以从严格的意义上说,这些图像产品仍属“数据(data)”范畴,必须经过专门的分析处理,对混合信息进行分解分离,并采取切实有效的措施,抑制、排除干扰因素,增强并突出有用信息,才能把遥感卫星获得的数据转化为能满足有关专业部门需要的信息(information),从中概括出符合客观事物规律的知识(knowledge),作为领导进行决策(decision)的依据。换言之,遥感卫星传送下来的电磁波信号只是一种信息源,必须经过系统处理与应用处理及分析几个过程才能完成遥感的全部使命,真正实现遥感技术造福人类的崇高目标。

目前国内外有关遥感图像处理的著作与教学,都把上述“系统处理”与“应用处理”两个既相互联系、衔接,又彼此独立的过程,统统归并在“图像处理”这一个技术框架内,忽视了遥感图像应用处理必须具备深厚地学知识的投入,抹杀了应用处理与系统处理在学科基础方面存在着重大差异的事实,而且由于历史的原因,从事遥感图像处理的科技人员大多出身于电子、计算机、物理、数学等学科专业,在他们的眼里,不同地理景观区、不同季节获得的遥感图像都同样是一串大小不等的数码,很难体会到其中包含着极其丰富而又复杂的生物学、地学等内容。因此一个传统意义上的图像处理专家显然不一定能胜任各种不同目的所要求的图像应用处理工作,这样就束缚了遥感图像应用处理技术的快速发展,使得相当大一部分遥感数据不能及时转化为有用信息和知识,影响了卫星遥感迈向大规模实用化的进程,遥感资料爆炸的局面随着遥感技术的发展愈趋严重。

笔者早年遵从已故著名土壤学家马溶之导师安排,从提高土壤资源调查研究水平出发,去前苏联学习、引进航空摄影测量技术,探索土壤判读理论与方法。1972年第一颗地球资源卫星升空后,有机会接触到从美国传入的几景新疆地区 MSS 图像,立即为其所吸引,并力争将其应用于上世纪 70 年代中开展的南疆宜农荒地资源综合考察中。但由于受当时诸多条件的限制,只能依据过去掌握的航空相片判读技术,对 MSS 图像进行目视解译,分析比较全区地理景观概貌,从中初选出开发条件相对较好的地区,开展航测、航判调查制图。也就是说卫星图像主要是发挥宏观控制作用,重点荒区仍依赖航测、航判技术。然而,即使这样低水平的对卫星遥感图像的初次应用实践,仍使我们深感它蕴藏着巨大的应用潜力,并产生出创造条件开展卫星图像应用处理研究的强烈欲望。

上世纪 80 年代中,我国遥感卫星地面站建成投产,根据著名科学家王大珩院士关于学习同仁堂建坐堂大夫制的思想,调笔者来站主持遥感应用示范研究。使笔者有机会与分布在各行各业的广大用户接触,日益感受到他们不满足于地面站系统处理得出的常规图像产品,期望能针对他们的应用目的和要求,提供特殊处理服务的急切心情,从而进一步加深了我们对发展遥感图像应用处理技术必要性与紧迫性的认识。加之国内相当多的用户不具备开展这方面工作的条件,这就更促使我们下决心积极配合有关任务和某些用户的实际需要,开展试验研究,探索发展遥感图像应用处理涉及的理论与技术方法。十多年来,在地面站同事们和用户们的共同努力下,实验研究取得了一些有意义的进展,积累了一些成功的实例,拓展卫星遥感应用领域,提高应用水平,促进遥感数据转化为决策依据的预期目标有所实现。遥感界前辈方有清教授曾多次鼓励写书总结。有过合作关系的法国遥感物理与图像处理研究室主任 Stoll 教授、李召良教授及美国 Geoge Mason 大学先进信息技术研究室主任狄黎平教授也建议尽快加以系统整理,以利交流。适逢清华大学出版社学术著作出版中心主任张兆琪教授盛情约稿,外来的动力驱使笔者及两位同事排除犹豫,着手本书的撰写。但是发展遥感图像应用处理技术涉及众多学科领域,囿于笔者的知识面和当时的认识水平,特别是受试验研究条件的限制,许多研究工作不得不适可而止、中途停顿,未能做深做细,致使许多成果资料不够全面、系统,还有不少中间结果甚至最终结果无法保存或无法原样保存,这些都明显影响到总结应能达到的水平,本想争取条件做些弥补,也尽了努力,拖延了进度,可是终未能完全按设想实现,所以这本书的推出实在是抛砖引玉,期望以此引起遥感界及有关部门对发展遥感图像应用处理技术的关注,也期望他们给予较多的支持,还期望吸引更多的专家学者,特别是年轻的科技工作者参与进来,共同努力,切实促进遥感图像应用处理技术更快地发展,尽早形成完整、高效的技术体系,使地面站源源不断地接收处理出来的图像产品,迅速及时地转化为能够满足各类用户需要的有用信息,从而使卫星遥感这项蓬勃发展的高新技术能够充分发挥作用,真正成为人类解决日益尖锐的资源、环境等诸多问题的强大武器,为中华腾飞与社会进步做出切实的贡献。

考虑到发展遥感图像应用处理分析技术,涉及对遥感物理与各类遥感器成像机理的理解以及对至今已积累的图像处理分析方法与关键技术的掌握,所以本书上、中篇分别对这两方面做了扼要介绍,期望能有助于读者重温这方面的基础知识;下篇阐述我们自上世纪 70 年代开始至今在一些遥感应用领域中开展遥感图像应用处理和分析所取得的实效

及其具体方法。西部开发是当前国内外关注的热点,也是最需要并最有可能发挥遥感作用的舞台,所以把过去在西部地区做的几项工作和近来收集的资料专门汇总成一章。

全书由戴昌达拟订章节大纲,姜小光主要参与第8、10、12、15章的撰写,唐伶俐主要参与第4、11、18、19、20章的撰写,其他各章及全书的统稿、定稿由戴昌达完成。

本书得以面世,完全是集体努力的结果。中国科学院南京土壤研究所原土壤遥感研究组、中国遥感卫星地面站信息处理部等单位的不下数十位同事曾先后和笔者一起为探索遥感图像应用处理与分析技术煞费苦心。不少前辈和同行,特别是王大珩、陈述彭两位院士和方有清教授一直关心着我们工作的进展,给予了许多珍贵的鼓励。本书在编写过程中得到中国遥感卫星地面站领导和各部门的大力支持和帮助。李安、张菁、杨仁忠、冯仲葵、王文、刘建波、周自宽、何国金、何建、陈志军、何晓云、梁泽环、戴自炘、刘以嵩、张仁华、付肃性、李世顺、徐彬彬、曾志远、卜兆宏等同志或提出过中肯的补充、修改意见,或提供了有关资料、数据。陈桂红、习晓环、王荣、王新鸿、唐伯惠、周金萍、王莹等帮助录入、绘制图表、完成审校等工作。初稿完成后承蒙李小文院士、李召良教授挤出宝贵时间审阅斧正。卫政编审对全书进行了细致的文字加工处理。对于所有以各种方式对本书的问世做出过贡献者,谨致衷心的感谢,并敬请原谅未能在此一一列举。

最后,重复一句老话,发展遥感图像应用处理技术体系任重道远,这本书的推出只是抛砖引玉,期望得到同行的指正,更期望有志于提高遥感应用水平的科技工作者再接再厉,勇攀科技高峰。

戴昌达

于2002年国庆佳节

上篇 遥感的物理基础与成像机理

第 1 章 遥感与电磁波理论	3
1.1 遥感与电磁波	3
1.2 电磁波的产生机理	7
1.2.1 原子光谱	7
1.2.2 分子与晶体光谱	8
1.3 电磁波的基本性质	8
1.3.1 波动性	8
1.3.2 粒子性	10
1.4 大气对电磁波传输的影响	11
1.4.1 大气层的结构与特性	11
1.4.2 大气吸收与大气窗口	12
1.4.3 大气散射	14
1.5 大气辐射传输方程	15
参考文献	18
第 2 章 地物波谱特性及其变化规律	19
2.1 地物波谱特性概述	19
2.2 植物波谱特性及其变化规律	21
2.2.1 植物光谱反射特性的共性	21
2.2.2 影响植物光谱反射特性变化的主要因素	22
2.2.3 植物的热红外发射与微波辐射、散射特性	24
2.3 水体波谱特性及其变化规律	25
2.3.1 水体的光谱反射特性及其变化规律	25
2.3.2 水体的热红外与微波辐射、散射特性	26
2.4 岩矿波谱特性及其变化规律	27
2.4.1 岩石矿物的光谱反射特性及其变化规律	27

2.4.2 岩矿的热红外与微波辐射、散射特性·····	29
2.5 土壤波谱特性及其变化规律·····	29
2.5.1 土壤光谱反射特性·····	29
2.5.2 土壤的热红外与微波辐射、散射特性·····	33
参考文献·····	34
第3章 光学遥感成像机理及其影像特点·····	36
3.1 摄影遥感成像机理与影像特点·····	36
3.1.1 胶片类型与影像光学特性·····	36
3.1.2 中心投影成像规律与影像的几何特性·····	37
3.1.3 立体视觉原理与立体观测·····	42
3.2 光机扫描成像机理与影像特点·····	43
3.2.1 光机扫描成像特点与光机扫描仪基本结构·····	44
3.2.2 多光谱扫描仪 MSS、TM 与 ETM+ 的技术性能·····	46
3.3 推帚式扫描成像机理与影像特点·····	50
3.4 高光谱成像仪与多角度遥感器简介·····	52
参考文献·····	54
第4章 雷达成像机理·····	55
4.1 雷达成像技术发展过程的回顾·····	55
4.2 合成孔径雷达成像机理·····	56
4.2.1 侧视雷达工作原理·····	56
4.2.2 合成孔径的概念·····	58
4.3 合成孔径雷达的数字成像处理方法与算法·····	59
4.3.1 距离向压缩处理·····	60
4.3.2 方位向的压缩处理·····	60
4.4 影响合成孔径雷达影像色调特征的主要因素·····	61
4.4.1 地物表面粗糙度·····	62
4.4.2 地物的吸收损失与体散射效应·····	62
4.4.3 极化效应·····	62
4.4.4 波长(频率)效应·····	63
4.4.5 入射角的影响·····	63
4.5 合成孔径雷达影像的几何畸变·····	64
4.6 雷达影像干涉技术的基本原理·····	65
4.6.1 干涉影像与相位·····	65
4.6.2 相位与高程·····	66
参考文献·····	67

第 5 章 遥感图像的数学表达与接收	69
5.1 图像与遥感图像	69
5.2 遥感图像的结构与数学表达	69
5.3 模拟图像的数字化	71
5.4 传输型数字遥感图像的获取与遥感卫星地面接收系统概貌	72
5.5 数字遥感图像的记录存储方式与主要产品的数据格式	75
参考文献	77
中篇 遥感图像应用处理与分析的基本理论及其关键技术	
第 6 章 遥感图像的系统处理与应用处理	81
6.1 遥感图像处理的目的与类别	81
6.2 遥感图像系统处理简述	82
6.2.1 系统辐射校正	82
6.2.2 系统几何校正	82
6.3 发展遥感图像应用处理技术的必要性与紧迫性	83
6.4 遥感图像应用处理与分析的目标和指导思想	86
6.5 遥感图像应用处理与分析的初步实践	87
参考文献	90
第 7 章 遥感图像的精校正处理	92
7.1 遥感图像精几何校正	92
7.1.1 选控制点	93
7.1.2 进行空间变换	93
7.1.3 重采样	95
7.2 遥感图像刚性平移与预处理级快速精几何校正	96
7.3 遥感图像精辐射校正	98
7.3.1 大气辐射校正	98
7.3.2 照度校正	100
7.4 遥感图像的辐射水准归一化处理	101
参考文献	101
第 8 章 遥感图像的变换处理	102
8.1 傅立叶变换	102
8.2 Hough 变换	105
8.3 K-L 变换	107
8.3.1 K-L 变换的概念	107
8.3.2 K-L 变换的实施	108

8.3.3 K-L 变换的性质与特点	109
8.4 K-T 变换	110
8.5 典型分析变换	111
8.6 定向变换	114
8.6.1 定向变换的基本原理	114
8.6.2 定向变换的实施	115
参考文献	116
第 9 章 遥感图像的增强处理	117
9.1 遥感图像增强处理的目的与种类	117
9.2 遥感图像的灰度增强	117
9.2.1 线性拉伸	118
9.2.2 分段线性拉伸	118
9.2.3 非线性拉伸或特殊拉伸	119
9.3 遥感图像的边缘增强	121
9.3.1 空间域滤波增强	121
9.3.2 频率域滤波增强	122
9.4 遥感图像的彩色增强	124
9.4.1 密度分割和彩色编码	124
9.4.2 彩色合成	125
9.4.3 IHS 变换	128
参考文献	129
第 10 章 遥感图像的分割与镶嵌	130
10.1 遥感图像分割与镶嵌的目的与意义	130
10.2 图像分割的定义与基本算法	131
10.3 图像分割的边界技术	132
10.3.1 边缘检测	132
10.3.2 边界闭合	133
10.3.3 图搜索与动态规划	133
10.4 图像分割的区域技术	134
10.4.1 取阈值原理	134
10.4.2 基于像元的阈值选取	134
10.4.3 基于区域的阈值选取	135
10.4.4 基于坐标的阈值选取	136
10.4.5 基于区域的串行分割技术	136
10.5 小区域卫星图像的数字镶嵌	137

10.5.1	选好图像,订好实施方案	138
10.5.2	相邻图像几何配准	138
10.5.3	相邻图像色调调整	139
10.5.4	图像镶嵌	141
10.6	大面积多幅卫星图像的数字镶嵌	142
10.6.1	大面积多幅卫星图像数字镶嵌的特点	142
10.6.2	多幅卫星图像几何配准的整体平差	142
10.6.3	多幅卫星图像数字镶嵌系统框架	144
	参考文献	144
第 11 章	雷达图像应用的特殊处理	146
11.1	SAR 图像应用前处理的必要性	146
11.2	SAR 图像的斑点噪声抑制	146
11.3	SAR 图像的辐射标定	149
11.3.1	ERS SAR 的辐射标定	149
11.3.2	Radarsat SAR 数据的辐射标定	151
11.4	InSAR 应用处理中的关键技术	151
11.4.1	SAR 复型图像的精几何配准	152
11.4.2	解相位	154
11.4.3	基线计算	155
11.4.4	平地效应消除	157
	参考文献	158
第 12 章	遥感图像的融合处理	159
12.1	图像融合处理的基本原理与类别	160
12.2	高精度几何配准	160
12.3	代数运算融合	162
12.4	高频调制融合	162
12.5	小波变换融合	163
12.6	遥感图像融合存在的主要问题与进一步研究的思路	165
12.7	遥感与非遥感数据的融合	165
	参考文献	166
第 13 章	遥感图像的自动识别分类	167
13.1	概述	167

13.2	遥感图像的有监分类	168
13.2.1	最小距离分类	169
13.2.2	费歇尔(Fisher)线性判别分类	170
13.2.3	最大似然判别分类	170
13.2.4	模糊分类	173
13.2.5	神经网络分类	175
13.3	遥感图像的无监分类	178
13.3.1	集群法	178
13.3.2	图形识别法	182
13.4	遥感图像自动识别分类存在的问题与对策	183
13.4.1	正确选取特征变量	183
13.4.2	优化训练区	184
13.4.3	充分利用影像空间信息	185
13.4.4	混合像元的分解处理	186
13.4.5	分层分类与专家系统的应用	186
13.4.6	搞好分类后处理	188
	参考文献	188
第14章	遥感图像的目视解译	190
14.1	概述	190
14.2	遥感图像目视解译的直接标志	192
14.2.1	影像色调	192
14.2.2	颜色	193
14.2.3	形状	193
14.2.4	大小	194
14.2.5	纹理	194
14.2.6	图形或图案	194
14.2.7	阴影	195
14.2.8	立体外貌	195
14.3	遥感图像目视解译的间接标志	195
14.3.1	地形地貌	196
14.3.2	土壤、土质	196
14.3.3	植被	197
14.3.4	气候	197
14.3.5	水系	197
14.3.6	人为活动	197
14.3.7	位置	198

14.4 遥感图像目视解译的方法与原则·····	198
14.5 遥感图像目视解译的工作组织·····	199
14.6 影响遥感图像目视解译效果的因素·····	201
参考文献·····	202

下篇 遥感图像应用处理与分析的实例及其成效

第 15 章 西部开发 ·····	205
15.1 南疆宜农荒地资源综合考察·····	206
15.1.1 航天航空遥感相结合的荒考路线·····	206
15.1.2 MSS 图像的信息特征与目视解译·····	208
15.2 塔里木河中下游水系变迁及其对生态环境的影响·····	210
15.2.1 塔里木河中游河道摆动与下游湖泊的盛衰·····	211
15.2.2 塔里木河中下游生态环境变化·····	211
15.3 运用卫星遥感技术绘制重庆地区土地利用图·····	212
15.3.1 重庆地区的地理特点与工作方法·····	213
15.3.2 卫片目视解译·····	213
15.4 TM 数据自动识别分类绘制三峡库区土地资源评价图·····	215
15.5 川西北地区土地资源调查制图·····	217
15.5.1 工作方法与图像处理·····	217
15.5.2 沼泽地遥感识别分类·····	217
15.5.3 若尔盖草原沙化现状与趋势分析·····	218
15.6 三江源区生态环境分析·····	219
15.6.1 图像时相与合成波段选择·····	220
15.6.2 三江源区面临严峻的生态危机·····	220
15.6.3 关于澜沧江源头问题·····	221
参考文献·····	222
第 16 章 黄淮海平原综合开发治理 ·····	223
16.1 低产土壤清查·····	223
16.1.1 技术路线的确定·····	224
16.1.2 黄淮海平原低产土壤与主要定位地物的光谱特征·····	224
16.1.3 MSS 图像的目视解译·····	228
16.1.4 清查结果分析·····	229
16.2 县级农业发展区划·····	230
16.2.1 1 : 5 万优质 TM 影像图的制作·····	230
16.2.2 制订县级农业发展区划·····	231

16.3	农区土地利用变化监测·····	232
16.4	农村取土毁地状况调查与监测·····	235
16.5	黄河三角洲与河口演变·····	237
16.5.1	近代黄河三角洲的形成与演变·····	237
16.5.2	河口悬浮泥沙扩散状况·····	238
16.5.3	现代三角洲与河口演变·····	238
	参考文献·····	240
第 17 章	水、土资源管理·····	241
17.1	大量抽取地下水对土壤条件影响的论证·····	241
17.1.1	图像处理与工作步骤·····	241
17.1.2	图像分析·····	242
17.1.3	结论·····	245
17.2	低湿地遥感调查制图·····	245
17.2.1	试验区基本情况·····	246
17.2.2	卫星图像类型与时相选择·····	246
17.2.3	图像应用处理与分析·····	247
17.3	加强耕地管理发展有机农业·····	249
17.3.1	建立黑龙江省萝北县土壤信息系统·····	249
17.3.2	内蒙古林牧区土地变更调查·····	250
17.4	大型水库库情监测·····	251
17.4.1	水库水面面积变化分析·····	252
17.4.2	水库蓄水量变化的估算及其与水位的关系模型·····	252
17.4.3	水库库底形态与水深探测·····	254
17.4.4	库区生态环境粗略分析·····	254
17.5	太湖水质污染监测·····	255
17.5.1	遥感图像的选择·····	256
17.5.2	遥感图像应用处理·····	257
17.5.3	太湖叶绿素 α 和悬浮物光谱响应特性与反演·····	257
17.5.4	太湖叶绿素 α 浓度的分布与变化·····	258
17.6	水土流失与治理成效监测·····	259
17.6.1	兴国县水土流失的遥感监测·····	260
17.6.2	山东省山丘区水土流失的定量遥感·····	262
17.6.3	嘉陵江上游重点产沙区水土流失动态监测·····	263
	参考文献·····	264

第 18 章 城市卫星遥感	265
18.1 北京城市扩展与环境变化监测	266
18.1.1 不同时相 TM 图像的高精度几何配准	267
18.1.2 图像的辐射水准归一化	267
18.1.3 城镇建设用地扩展信息的提取	267
18.1.4 城市绿化度变化信息的提取	268
18.1.5 水体变化信息的提取	269
18.1.6 热图像条纹噪声的消除	269
18.1.7 背景影像的生成	269
18.2 南京市热岛效应分析	271
18.2.1 TM 探测城市热岛的工作流程	272
18.2.2 几个关键技术	272
18.3 缓解城市热岛效应的可能性	274
18.4 本溪市大气污染治理成效评估	274
18.4.1 TM 图像的时相选择与处理	275
18.4.2 试验结果分析	276
参考文献	277
第 19 章 森林火灾、虫灾监测与灾情评估	278
19.1 大兴安岭特大林火的遥感监测	278
19.2 大兴安岭特大林火灾情评估	283
19.3 大兴安岭林火后的恢复状态监测	285
19.4 大兴安岭林火区灾后 11 年的概貌	288
19.5 孤山林场松毛虫害的调查监测	289
参考文献	291
第 20 章 洪涝水灾的快速反应与灾情评估	293
20.1 机载 SAR 与 TM 图像融合快速反映洪涝灾情	294
20.2 星载 SAR 与 TM 图像融合快速反映洪涝灾情	296
20.3 应用洪灾发生后的 TM 图像快速提取灾情程度信息	298
20.4 应用卫星遥感数据分析致灾因素	300
20.5 西藏易贡地区巨型山体滑坡与泥石流灾害的多卫星监测	302
20.6 建立以 SAR 为主的多卫星洪涝灾害测报遥感信息系统的设想	304
参考文献	306

遥感图像应用处理与分析

上 篇

遥感的物理基础与成像机理