

高等学校测绘类系列教材

遥感原理与应用

孙家柄 主编

武汉大学出版社



高等学校测绘类系列教材

遥感原理与应用

主 编： 孙家柄

副主编： 孙家柄 倪 玲 周军其
潘 斌 管玉娟

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

遥感原理与应用/孙家柄主编;孙家柄,倪玲,周军其,潘斌,管玉娟副主编. —武汉:武汉大学出版社,2003.2

高等学校测绘类系列教材

ISBN 7-307-03765-3

I. 遥… II. ①孙… ②孙… ③倪… ④周… ⑤潘… ⑥管…
III. ①遥感技术—理论—高等学校—教材 ②遥感技术—应用—高等—教材 IV. TP7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 089111 号

责任编辑:任翔 责任校对:王建 版式设计:支笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

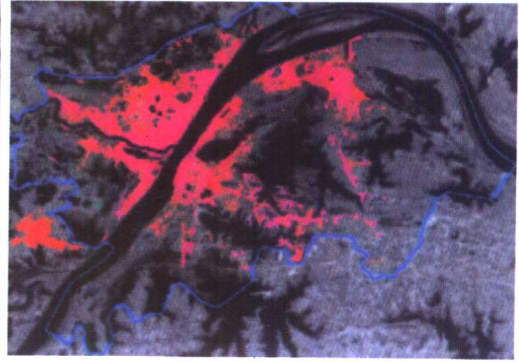
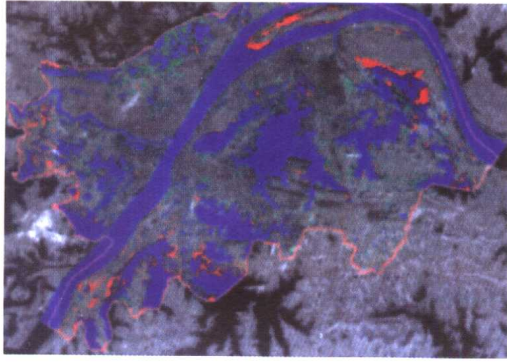
印刷:武汉理工大印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:467千字 插页:4

版次:2003年2月第1版 2003年2月第1次印刷

ISBN 7-307-03765-3/TP·130 定价:27.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。



(a) 1987—1993年武汉市水面增减专题图
图6-24 不同时相的图像分类后融和

(b) 1987—1993年武汉市城市增减专题图

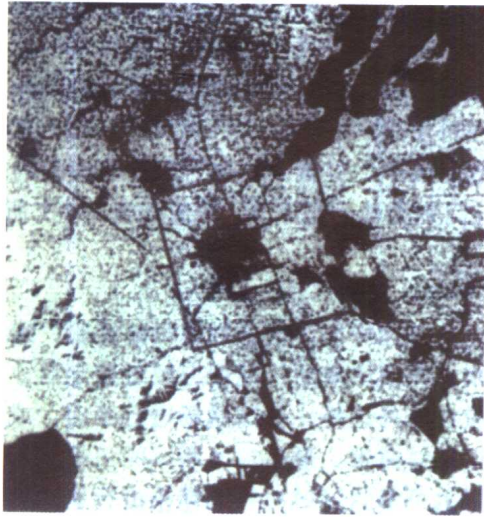


图7-16 苏州市MSS-7卫星图像

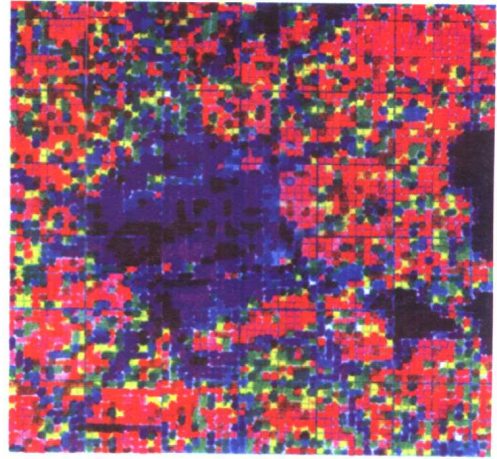


图7-17 经密度分割增强后的伪彩色图像

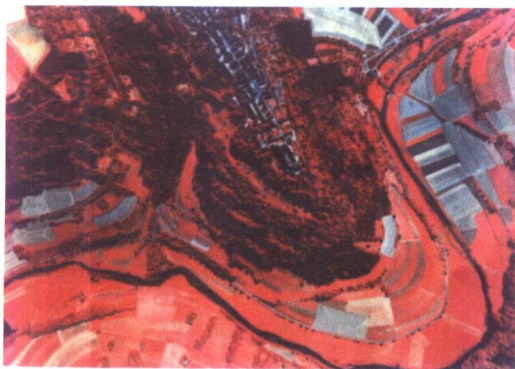


图7-21 假彩色影像

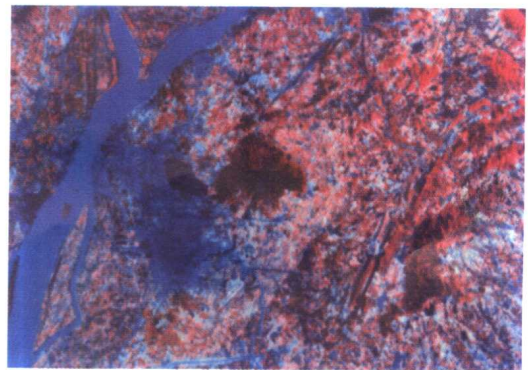


图7-23 南京市假彩色卫星影像
(MSS-4, 5, 7)



图7-27 黄海和东海的气象卫星热图像及经密度分割后的伪彩色图像

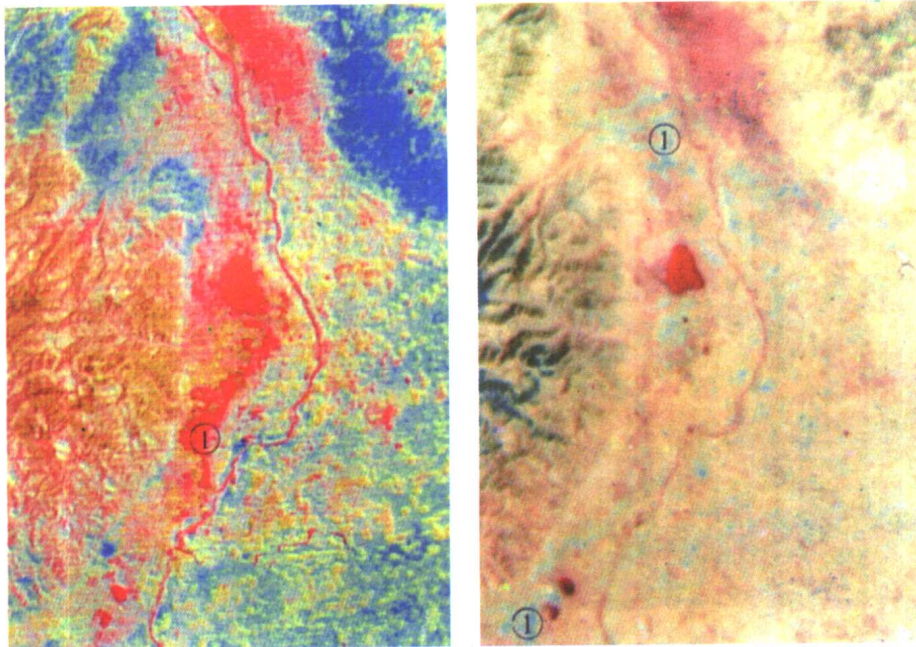


图7-39 水稻在不同时间卫片上的光谱变化

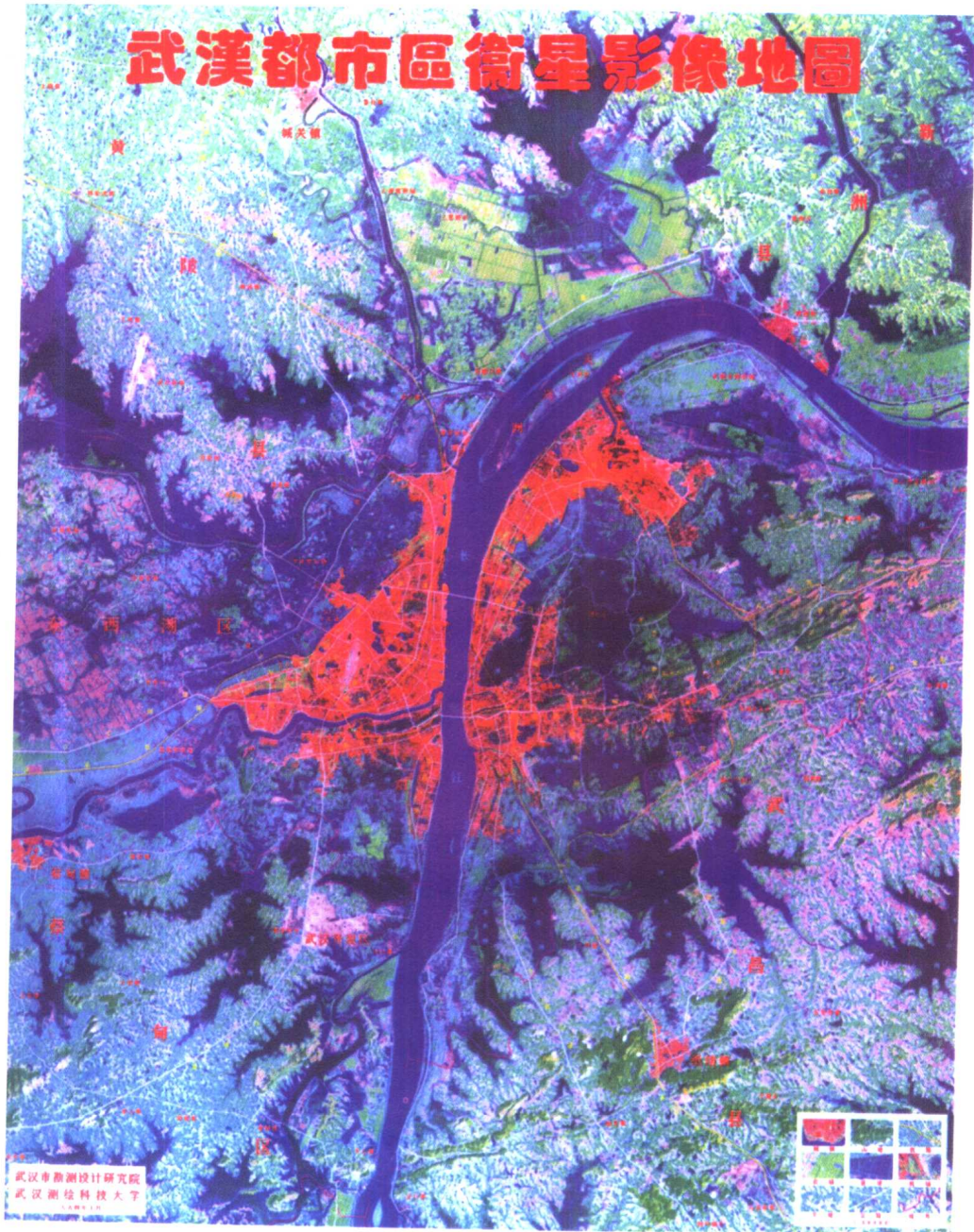


图9-1 武汉市彩色卫星影像图

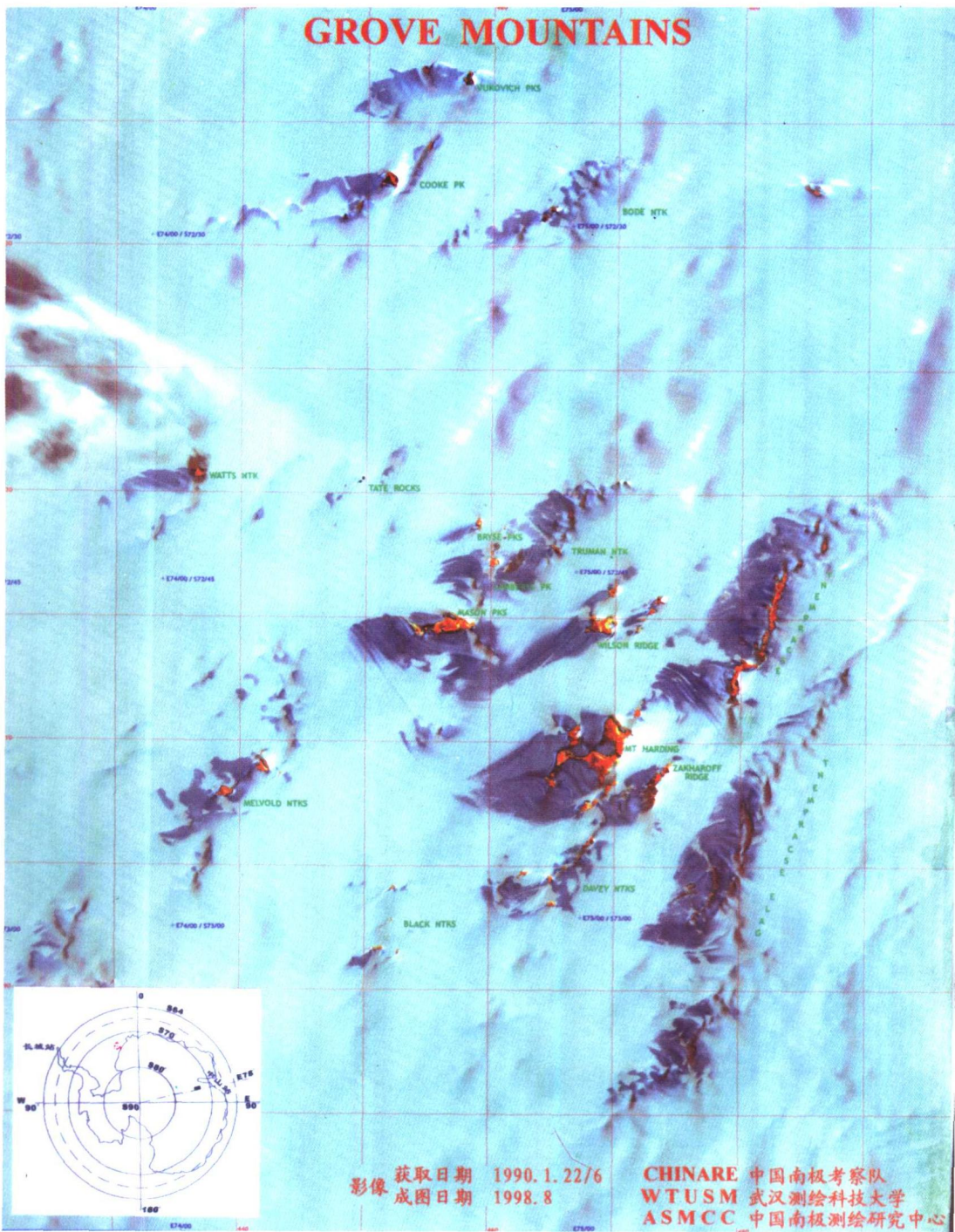
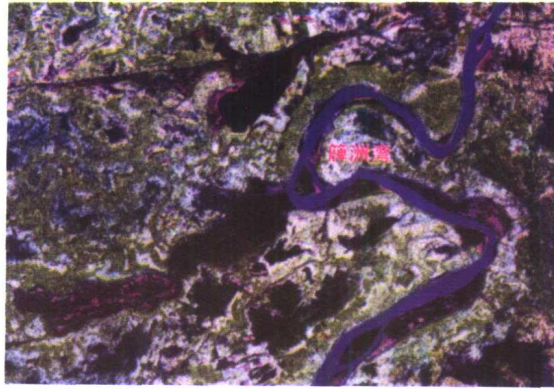
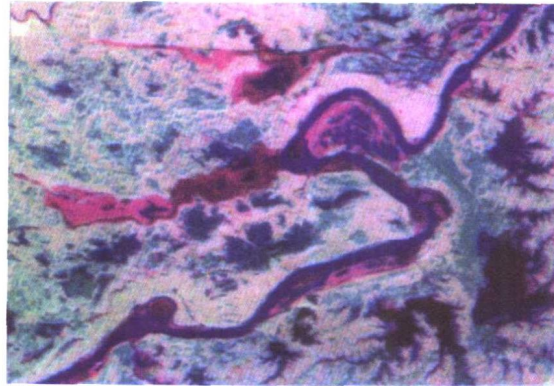


图9-2 南极Grove山地彩色卫星影像图



1998年8月1日早晨6时前



1998年8月1日晚8时后

图9-11 SAR与TM融合影像

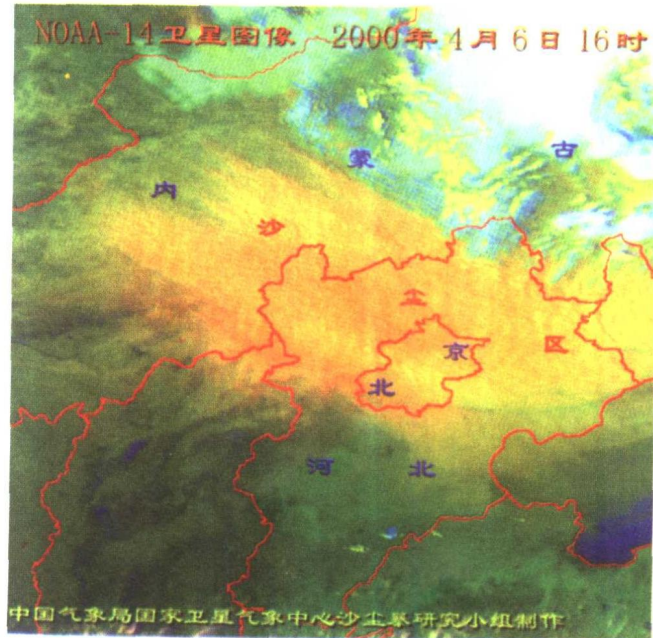


图9-12 2000年4月6日卫星影像显示发生在北京的沙尘暴

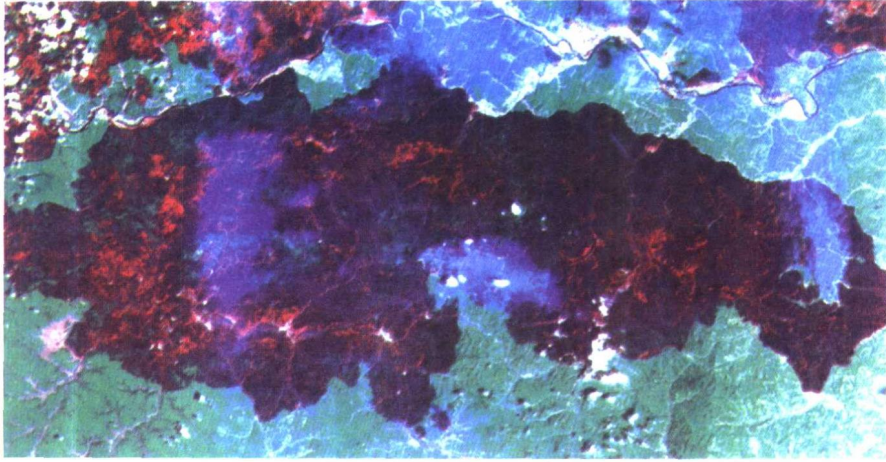
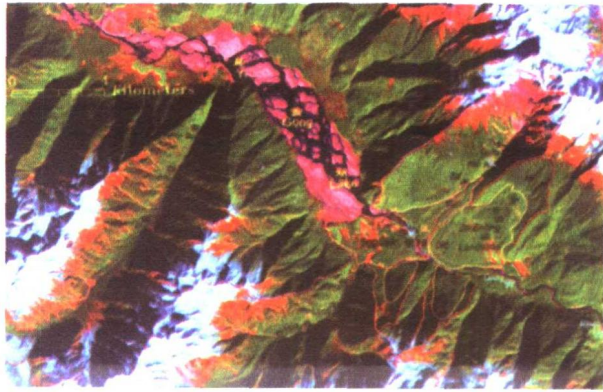


图9-13 黑龙江大兴安岭森林火灾过火范围



(a) TM影像 (获取日期: 1998年11月15日)



(b) STOP影像 (获取日期: 2000年5月4日)

图9-25 西藏易贡藏布大滑坡

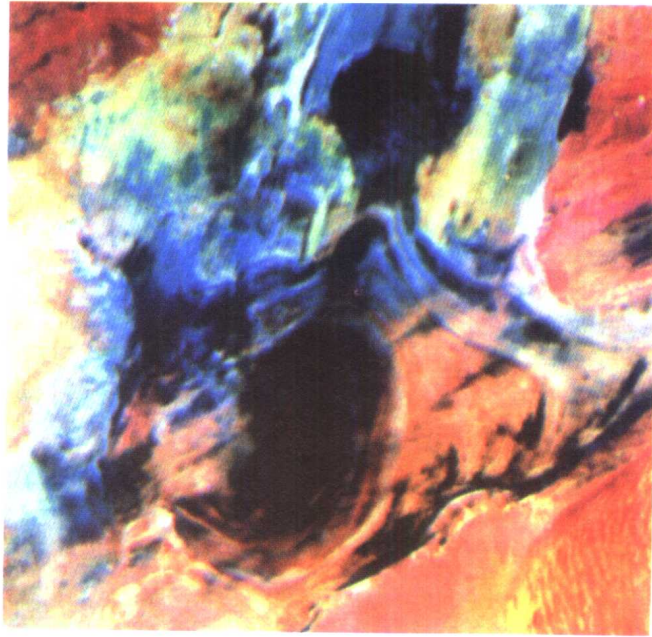


图9-26 罗布泊TM7, 4, 1合成的假彩色影像（蓝黑色为盐岩洼地，耳环状的“年轮”结构很清楚）

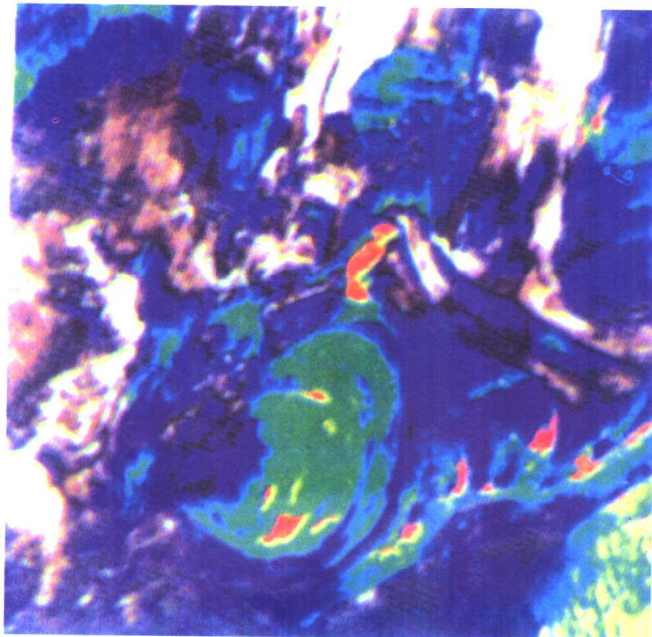


图9-27 罗布泊密度分割影像（红色区钾含量78%，绿色区5%~8%，蓝色区<5%）



图9-50 楚古都—纪南城假彩色卫星影像

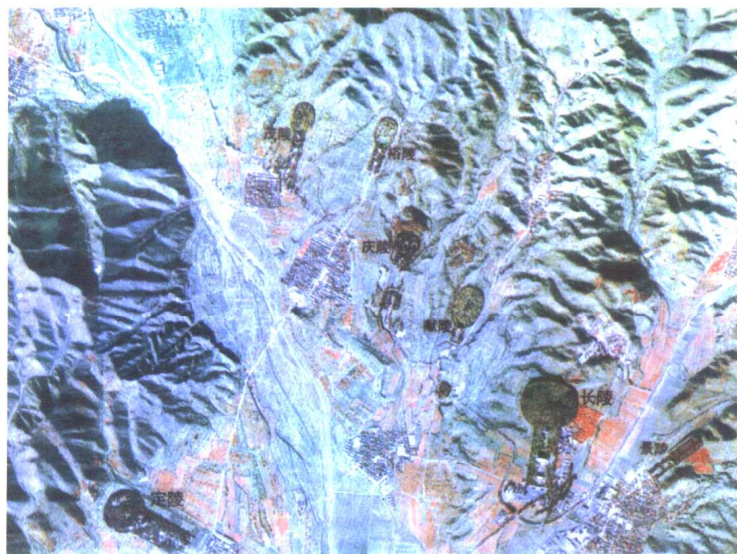


图9-52 明十三陵部分陵园航空彩色像片

前 言

遥感是在不直接接触的情况下,对目标物或自然现象远距离感知的一门探测技术。具体地讲,是指在高空和外层空间的各种平台上,运用各种传感器获取反映地表特征的各种数据,通过传输,变换和处理,提取有用的信息,实现研究地物空间形状、位置、性质、变化及其与环境的相互关系的一门现代应用技术科学。

1858年世界上第一张航空像片获得后,出现的航片判读技术是现代遥感技术的雏形,由于技术上的限制,在整整一个世纪中,一直发展十分缓慢,仅仅是在航片几何处理上有很大的突破,航空摄影测量的理论和光学机械模拟测图仪器发展到比较完善的地步。

1956年世界上第一颗人造地球卫星发射成功,为遥感技术的发展创造了新的条件,科学家对随后发射的卫星上回收的成千上万张地球照片进行分析,注意到卫星摄影拍摄范围大,速度快,成本低,在短期内能重复观测,有利于监测地表的动态变化。并发现了许多在地面或近距离内无法看到的宏观自然现象。在这同时传感器技术长足发展,出现了多光谱扫描仪、热红外传感器和雷达成像仪等,使得获取信息所利用的电磁波谱的波长范围大大扩展,显示信息的能力增强,一些传感器的工作能力达到全日时、全天候,并且获取图像的方式更适应现代数据传输和处理的要求。计算机技术的发展和运用,使海量卫星图像数据的处理、贮存和检索快速而有效,尤其在图像的压缩、变换、复原、增强和信息提取方面,更显示了它的优越性。这样就大大突破了原先航片目视判读的狭隘性,“遥感”(Remote Sensing)这一更加广义和恰当的新名词,很自然地在20世纪60年代出现。

美国在“双子座”(Gemini)、“天空实验室”(Skylab)和“雨云”(Nimbus)等卫星和宇宙飞船上进行遥感试验的基础上,1972年7月23日发射了第一颗地球资源卫星(ERTS-1),后改称陆地卫星(Landsat),星上载有MSS多光谱扫描仪和RBV多光谱电视摄像机两种传感器系统,空间分辨率80m,是一颗遥感专用卫星,五年多发送下来的大量地表图像经各国科学家分析和应用,得到了大量成果,可称为遥感技术发展的第一个里程碑。

1982年美国发射的陆地卫星4号(Landsat-4)上装载的TM专题制图仪,将光谱段从MSS 4个波段增加到7个波段,空间分辨率提高到30m。1986年法国发射的Spot卫星上装载的HRV线阵列推扫式成像仪将空间分辨率提高到10m,被称为第二代遥感卫星。目前已发展到第三代遥感卫星,ikonos卫星上遥感传感器空间分辨率达到1m,快鸟(Quick bird)卫星达到0.61m。

遥感技术的发展不仅仅表现在传感器空间分辨率的提高上,其他各个方面发展也十分快,遥感平台由遥感卫星,宇宙飞船,航天飞机有一定时间间隔的短中期观测,发展为以国际空间站为主的多平台、多层面、长期的动态观测。还计划发射小卫星群,获取任意时相的卫星影像,以适应不同遥感监测项目的要求。遥感传感器的光谱探测能力也在急速提高,成像光谱仪的出现,能探出到地物在某些狭窄波区光谱辐射特性的差别,目前已在运行的有36个波段的MODIS成像光谱仪,未来成像光谱仪的波段个数将达到384个波段,每个波段的波长区间窄

到 5nm。在立体成像方面,由邻轨立体观测发展到同轨立体观测,使立体影像能在很短时间内获得,并且几何关系相对简单,处理更方便,侧视雷达立体成像和相干雷达(INSAR)的出现,使立体测量方法更多样化,同时实现全天候作业。

遥感图像处理硬件系统也从光学处理设备全面转向数字处理系统,内外存容量的迅速扩大,处理速度急速增加,使处理海量遥感数据成为现实,网络的出现将使数据实时传输和实时处理成为现实。遥感图像处理软件系统更是不断翻新,从开始的人机对话操作方式(ARIES I²S101 等),发展到视窗方式(ERDAS,PCI,ENVI 等),未来将向智能化方向发展。另一个特点是与 GIS 集成,有代表性的是 ERDAS 与 ARC/INFO 的集成。遥感软件的组件化也是一个发展方向,遥感软件的网络化,实现遥感软件和数据资源的共享和实时传输。

大量多种分辨率遥感影像形成了影像金字塔,再加上高光谱、多时相和立体观测影像,出现海量数据,使影像的检索和处理发生困难,建立遥感影像数据库系统已迫在眉睫。目前,遥感影像数据的研究是以影像金字塔为主体的无缝数据库,影像数据库涉及到影像纠正、数据压缩和数据变换等理论和方法,还产生了“数据挖掘”(或知识发现)之类的新的理论和方法。为了能将海量遥感数据中的所需信息富集在少数几个特征上,又形成了多源遥感影像融合(指多种传感器、多分辨率、多波段、多时相间)的理论和方法。

在遥感图像识别和分类方面,开始大量使用统计模式识别,后来出现了结构模式识别、模糊分类、神经网络分类,半自动人机交互分类和遥感图像识别的专家系统。但在遥感图像识别和分类中尚有许多不确定性因素需作深入研究。

在遥感的应用方面有大量成果,有些领域有突破性进展,总的看来是从定性分析走向定量分析,如从作物类型的识别到作物估产。另外是从宏观分析到微观分析,从农业生产的宏观分析如大面积干旱探测到精细农业,即用遥感方法指导和实施作物的技术管理措施。

未来要建立的数字地球是对真实地球及其相关现象数字化描述的一个虚拟地球。遥感技术将为数字地球提供动态的高分辨率、高光谱影像,用遥感影像生成的三维数字地面模型(DEM),以及地物和环境的各种属性数据等一些数字地球中最基础的数据。

随着遥感技术日新月异的发展,尤其在许多领域里的应用有新的突破的情况下,原来的教材已不适应现在的本科教学。在这次的教材编写中,我们突出当今遥感的新成就,注入新内容,如遥感平台和新型传感器方面,介绍了空间站、小卫星、高空间分辨率传感器(IKONOS 等)、高光谱传感器(MODIS 成像光谱仪等)、相干雷达(INSAR)等;在处理方法方面编入了多源遥感影像融合、数字影像镶嵌、辐射校准处理、自动分类中的新方法以及新的遥感图像处理软硬件和 3S 集成系统等;尤其在遥感技术应用一章中,编入了许多国内外有重大影响的遥感成果,如遥感探测南极陨石、遥感监测 1998 年长江特大洪水、沙尘暴、臭氧空洞、山体滑坡、大兴安岭森林火灾、南极冰川流速以及遥感方法快速修测和更新地形图等等。对于一些曾使用过一段时间的、陈旧的光学处理方法和过时的图像处理系统等被淘汰的技术不再编入本书。

本书可用作遥感及相关专业本科教材和攻读硕士研究生的专业参考教材,还可以作为从事遥感教学、科研和生产的指导书。教材以讲解遥感的基本理论、成熟的已商品化的和普遍使用的遥感技术和方法为主,同时具体介绍遥感在各个领域中的应用实例,帮助学生掌握实际技能。书中还引导学生关注遥感新技术和发展趋势,紧跟国际上遥感发展的步伐。

本书共分九章,第 1 章“电磁波遥感物理基础”由管玉娟编写;第 2 章“遥感平台及运行特点”和第 3 章“遥感传感器及其成像原理”由倪玲编写;第 4 章“遥感图像数字处理的基础知识”和第 8 章“遥感图像自动识别分类”由潘斌编写;第 5 章“遥感图像几何处理”和第 6 章“遥

感图像辐射处理”由周军其编写;孙家柄教授编写了第7章“遥感图像目视判读”和第9章“遥感技术应用”,并且对全书进行了统一编审。

由于受编写时间和作者水平之限,全书难免存在缺点甚至错误,敬请读者批评指正。

作者
2002年3月

目 录

第 1 章 电磁波及遥感物理基础	1
§ 1.1 概述	1
1.1.1 电磁波	1
1.1.2 电磁波谱	2
§ 1.2 物体的发射辐射	4
1.2.1 黑体辐射	4
1.2.2 太阳辐射	6
1.2.3 大气对辐射的影响	8
1.2.4 一般物体的发射辐射	13
1.2.5 有关热传导理论	14
§ 1.3 地物的反射辐射	16
1.3.1 地物的反射类别	16
1.3.2 光谱反射率以及地物的反射光谱特性	16
1.3.3 影响地物光谱反射率变化的因素	20
§ 1.4 地物波谱特性的测定	21
1.4.1 地物波谱特性的概念	21
1.4.2 地物波谱特性的测定原理	21
1.4.3 地物波谱特性的测定步骤	23
第 2 章 遥感平台及运行特点	24
§ 2.1 遥感平台的种类	24
§ 2.2 卫星轨道及运行特点	25
2.2.1 轨道参数	25
2.2.2 卫星坐标的测定和解算	25
2.2.3 卫星姿态角	29
2.2.4 其他一些常用参数	31
§ 2.3 陆地卫星及轨道特征	32
2.3.1 陆地卫星类	32
2.3.2 高分辨率陆地卫星	43
2.3.3 高光谱类卫星	44
2.3.4 SAR 类卫星	47
2.3.5 小卫星	52

第 3 章 遥感传感器及其成像原理	54
§ 3.1 扫描成像类传感器	54
3.1.1 对物面扫描的成像仪	55
3.1.2 对像面扫描的成像仪	65
3.1.3 成像光谱仪 (Imaging Spectrometer)	66
§ 3.2 雷达成像仪	68
3.2.1 真实孔径雷达	68
3.2.2 合成孔径雷达	69
3.2.3 侧视雷达图像的几何特征	72
3.2.4 相干雷达 (INSAR)	74
第 4 章 遥感图像数字处理的基础知识	78
§ 4.1 图像的表达形式	78
§ 4.2 遥感数字图像的存储	83
4.2.1 存储介质	84
4.2.2 存储格式	84
§ 4.3 遥感数字图像处理系统	88
4.3.1 遥感数字图像处理的硬件系统	89
4.3.2 遥感数字图像处理的软件系统	90
§ 4.4 遥感图像处理系统与 GIS 和 GPS 的集成	94
第 5 章 遥感图像的几何处理	98
§ 5.1 遥感传感器的构像方程	98
5.1.1 遥感图像通用构像方程	98
5.1.2 中心投影构像方程	99
5.1.3 全景摄影机的构像方程	100
5.1.4 推扫式传感器的构像方程	101
5.1.5 扫描式传感器的构像方程	102
5.1.6 侧视雷达图像的构像方程	103
§ 5.2 遥感图像的几何变形	105
5.2.1 传感器成像方式引起的图像变形	106
5.2.2 传感器外方位元素变化的影响	107
5.2.3 地形起伏引起的像点位移	110
5.2.4 地球曲率引起的图像变形	111
5.2.5 大气折射引起的图像变形	112
5.2.6 地球自转的影响	114
§ 5.3 遥感图像的几何处理	115
5.3.1 遥感图像的粗加工处理	116
5.3.2 遥感图像的精纠正处理	117
5.3.3 侧视雷达图像的几何校正	132

§ 5.4 图像间的自动配准和数字镶嵌	135
5.4.1 图像间的自动配准	135
5.4.2 基于小面元微分纠正的图像间自动配准	137
5.4.3 数字图像镶嵌	139
5.4.4 基于小波变换的图像镶嵌	141
第 6 章 遥感图像辐射处理	142
§ 6.1 遥感图像的辐射处理	142
6.1.1 辐射误差	142
6.1.2 传感器辐射定标	142
6.1.3 辐射校正	145
6.1.4 地面辐射校正场	147
§ 6.2 遥感图像辐射增强	148
6.2.1 图像灰度的直方图	149
6.2.2 图像反差调正	150
§ 6.3 图像平滑	155
6.3.1 邻域平均法	155
6.3.2 低通滤波法	157
§ 6.4 图像锐化	159
6.4.1 空间域图像锐化	159
6.4.2 频域图像锐化	160
§ 6.5 多光谱图像四则运算	161
§ 6.6 图像融合	162
§ 6.7 遥感图像和 DEM 复合	168
第 7 章 遥感图像判读	169
§ 7.1 景物特征和判读标志	169
7.1.1 光谱特征及其判读标志	169
7.1.2 空间特征及其判读标志	170
7.1.3 时间特征及其判读标志	171
7.1.4 影响景物特征及其判读的因素	171
§ 7.2 目视判读的一般过程和方法	181
7.2.1 判读前的准备	181
7.2.2 判读的一般过程	183
§ 7.3 遥感图像目视判读举例	184
7.3.1 单波段像片的判读	184
7.3.2 多光谱像片的判读	185
7.3.3 热红外像片的判读	187
7.3.4 侧视雷达像片的判读	190
7.3.5 多时域图像的判读	192