



中国科学院研究生院教材

Textbooks of Graduate University of Chinese Academy of Sciences

高光谱遥感

——原理、技术与应用

童庆禧 张 兵 郑兰芬 编著

Hyperspectral Remote Sensing



高等教育出版社
Higher Education Press



中国科学院研究生院教材

Textbooks of Graduate University of Chinese Academy of Sciences

高光谱遥感

——原理、技术与应用

■ 童庆禧 张 兵 郑兰芬 编著

Hyperspectral Remote Sensing

<http://www.landuse.com> 国土资源
<http://www.land.com>
<http://www.wisdom.com> 智慧教育

787 × 1092 1/16 本 开
 25.2 米 版
 200 000 字 字
 200 000 字 字



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

高光谱遥感作为当前遥感技术发展中的一个前沿领域,越来越显现出其巨大的应用潜力。本书系统地讲述了高光谱遥感的物理基础、成像机理、信息处理与分析方法,以及它在植被、地矿、环境、资源等多个领域的应用技术。本书可以使读者了解高光谱遥感的一般性概念,同时也可以使读者基本掌握高光谱遥感数据处理与分析的通用方法。

本书可以作为地图学与地理信息系统专业研究生的专业用书,同时也可作为与遥感技术与应用相关的其他专业研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高光谱遥感——原理、技术与应用/童庆禧,张兵,郑兰芬编著. —北京:高等教育出版社,2006.6
ISBN 7-04-019277-2

I. 高... II. ①童...②张...③郑... III. 光谱分辨率-光学遥感-研究生-教材 IV. TP722

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 036984 号

策划编辑 陈正雄 责任编辑 陈正雄 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静
版式设计 史新薇 责任校对 胡晓琪 责任印制 韩 刚

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京汇林印务有限公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16		
印 张	27.5	版 次	2006年6月第1版
字 数	500 000	印 次	2006年6月第1次印刷
插 页	3	定 价	55.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19277-00

中国科学院研究生院教材编审委员会

主 任：白春礼

顾 问：余翔林

副主任：马石庄(常务) 刘志鹏 韩兴国 苏 刚

委 员(按姓氏笔划排列)：

石耀霖 李家春 李伯聪 李 佩 刘嘉麒 张文芝

张增顺 吴 向 汪尔康 汪寿阳 杨 乐 徐至展

阎保平 黄荣辉 黄 钧 彭家贵 裴 钢 谭铁牛

地学学科编审组

主 编：黄荣辉

副主编：石耀霖

编 委：白世伟 许厚泽 刘昌明 刘嘉麒 施 平 陈述彭

周蕙兰 滕吉文

总序

在中国科学院研究生院和高等教育出版社的共同努力下，凝聚着中国科学院新老科学家、研究生导师们多年心血和汗水的中国科学院研究生院教材面世了。这套教材的出版，将对丰富我院研究生教育资源、提高研究生教育质量、培养更多高素质的科技人才起到积极的推动作用。

作为科技国家队，中国科学院肩负着面向国家战略需求，面向世界科学前沿，为国家作出基础性、战略性和前瞻性的重大科技创新贡献和培养高级科技人才的使命。中国科学院研究生教育是我国高等教育的重要组成部分，在新的历史时期，中国科学院研究生教育不仅要为我院知识创新工程提供人力资源保障，还担负着落实科教兴国战略和人才强国战略，为创新型国家建设培养一大批高素质人才的重要使命。

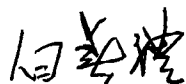
集成中国科学院的教学资源、科技资源和智力资源，中国科学院研究生院坚持教育与科研紧密结合的“两段式”培养模式，在突出科学教育和创新能力培养的同时，重视全面素质教育，倡导文理交融、理工结合，培养的研究生具有宽厚扎实的基础知识、敏锐的科学探索意识、活跃的思维和唯实、求真、协力、创新的良好素质。

研究生教材建设是研究生教育中重要的基础性工作。由一批活跃在科学前沿，同时又具有丰富教学经验的科学家编写的中国科

学院研究生院教材,适合在校研究生学习使用,也可作为高校教师和专业研究人员的参考书。这套研究生教材内容力求科学性、系统性、基础性和前沿性的统一,使学习者不仅能获得比较系统的科学基础知识,也能体会蕴于其中的科学精神、科学思想、科学方法,为进入科学研究的学术殿堂奠定良好的基础;优秀教材不但是体现教学内容和教学方法的知识载体、开展教学的基本条件和手段,也是深化教学改革、提高教育质量、促进科学教育与人文教育结合的重要保证。

“十年树木,百年树人”。我相信,经过若干年的努力,中国科学院研究生院一定能建设起多学科、多类型、多品种、多层次配套的研究生教材体系,为我国研究生教育百花园增添一枝新的奇葩,为我国高级科技人才的培养作出新的贡献。

中国科学院 常务副院长
中国科学院研究生院 院长
中国科学院 院士



二〇〇六年二月二十八日

前 言

随着科学技术的发展,人们的感官得到了有效的延伸,认识事物的能力也不断提高。遥感技术的发展和广泛应用是20世纪最具标志性的科学技术成就之一,其中尤以光谱成像和雷达成像为其佼佼者。光谱和图像是人们在纷繁的大千世界中认识事物,以至识别所要寻求的对象最重要的两种依据。成像光谱技术的问世,将由物质成分决定的地物光谱与反映地物存在格局的空间影像完整地结合起来,即对每一个空间影像的像元赋予具有其本身特征的光谱信息。遥感影像和光谱的合一,或所谓谱像的一体化,实现了人们认识论中逻辑思维和形象思维的统一,大大提高了人们对客观世界的认知能力,为人们观测地物、认识世界提供了又一种犀利手段,这无疑是遥感技术发展历程中的一项重大创新。

20世纪后半叶,材料科学、微电子技术、探测器技术、计算机和信息技术以及空间技术的发展催生了一系列新兴科学技术。就在这个时候,人们第一次将自己的视野带到了地球的轨道高度,实现了“巡天遥看一千河”的梦想。成像光谱技术出现于20世纪80年代初期,在人们提出将影像和光谱综合起来的成像光谱思想之后,短短的20多年间高光谱遥感已形成了一个颇具特色的前沿领域,并孕育形成了一门成像光谱学的新兴学科门类。它的出现和发展使人们通过遥感技术观测和认识事物的能力产生了又一次飞跃,也续写和完善了光学遥感影像从黑白全色影像通过多光谱到高光谱的全部影像信息链。

由于高光谱遥感影像具有很高的光谱分辨率,能够提供更为丰富的地球表面信息,因此受到国内外学者的很大关注和广泛应用。其应用领域已涵盖了地球科学的各个方面,成为地质制图、植被调查、海洋遥感、农业遥感、大气研究、

II 前 言

环境监测等领域的有效技术手段,发挥着越来越重要的作用。高光谱遥感普遍应用于航空遥感中,在全世界范围内,已投入运行或实验的航空高光谱遥感系统至少有 50 台/套之多!其中不乏作为产业的技术支持进行业务化运行的系统。高光谱遥感的星载运行是它发展的一个主要方向和追逐的目标,只有这样才能实现高光谱数据的不间断保证。虽然高光谱遥感卫星的诞生过程曾充满了艰辛,但是在经历了一系列失败的磨砺之后,随着 1999 年美国 EOS 系统上卫星 AM-1 的发射升空,第一台星载成像光谱仪,即中分辨率成像光谱仪(MODIS)承载着它同类的历史使命,成功地实现了在轨运行。据不完全统计,截至目前至少有 10 颗卫星或航天器带有高光谱系统陆续在空间运行过。它们已经成为当今观测地球最重要的遥感信息源之一。

高光谱遥感已涵盖了卫星、航空和地面的观测,形成了以先进探测技术发展,图像、光谱信息合一的数据处理、信息提取、分析和多学科、多领域的量化应用为特征的研究方向。高光谱遥感系统已遍及全球数十个国家的先进对地观测遥感领域,成为对地球陆地、海洋、大气观测的生力军之一。特别在人类社会更加重视人们的生活环境,力求与自然和谐发展的背景下,高光谱遥感在监测地球环境和对灾害的预测、预警中发挥着关键的作用。这就是为什么国际上继 EOS 的第一颗卫星之后一系列以大气作为观测对象的环境高光谱遥感卫星得以发展的原因。一台名为 AIRS 的高光谱仪能够以纳米和亚纳米级的光谱分辨率观测大气化学,解析它不利于环境的成分和要素,而且大气中的一氧化碳、二氧化碳、甲烷、臭氧等气体的浓度变化和空间分布都在它的监控之中。另一种名为 GIFTS 的新型高光谱仪甚至可在地球同步轨道上凝视地球。它采用大规模焦平面阵列和傅里叶变换技术,将对地球的水平观测、垂直观测、超高光谱和秒级的时间采样频率结合在一起,成为监测地球的全新技术系统。

高光谱遥感在我国的遥感发展中占有重要的地位。十分值得称道的是无论在航空还是航天领域,均有由我国科学家研制和发展的高光谱系统。高光谱遥感在我国的发展体现了两个重要的特征,一是应用需求的牵引,二是体现国际前沿的发展方向。20 世纪 80 年代初期,即在国际高光谱遥感发展之初,为了适应国家黄金地质勘探的需要,我国的科学家就研制了工作在对蚀变矿物比较敏感的短波红外光谱区的红外细分光谱扫描仪和热红外多光谱扫描仪,成为我

国高光谱成像系统的雏形,迈出了我国高光谱遥感创新的步伐。该系统在我国新疆和其他地区的黄金矿勘探实践中的成功应用大大激励了我国高光谱遥感的发展。此后,在国家科技攻关和“863”高新技术研究发展计划的支持下,以MAIS、OMIS和PHI三大系统为代表的高光谱遥感系统相继在我国研制成功。与此同时,具有自主知识产权的高光谱遥感信息处理和分析应用系统也得到发展,相应的软件系统也不断完善,它们在地质矿物信息的分析和提取、植被生物化学参量研究、城市和人工地物提取、水环境分析等方面具有很好的效果。我国的高光谱遥感技术在其发展过程中也积极参与了国际合作,为我国与许多国家的合作研究提供了强有力的技术支持。

特别值得一提的是,在我国的载人航天计划中高光谱遥感实验也占有一席之地。2002年3月发射的“神舟-3”实验飞船留轨舱中的中分辨率成像光谱仪,以其34个波段的影像的高光谱分辨率,成为了继美国EOS MODIS之后,与欧洲空间局环境卫星(ENVISAT)的MERIS几乎同时进入空间实现对地观测的航天成像光谱仪系统。系统经受了航天环境的考验,所获取的数据在应用上得到了检验,为以后的发展奠定了重要基础。

随着我国高光谱遥感的发展和深入,人们越来越希望能看到系统介绍高光谱遥感的出版物问世。本书是国内第一部系统地介绍高光谱遥感的专著,它在内容结构上力求体现完整性和系统性。

本书分九章,分别讲述高光谱遥感的理论基础、高光谱遥感成像机理和成像系统、高光谱数据定标与预处理、光谱分析模型与方法、高光谱图像分类与地物识别、混合光谱理论与光谱分解、多源信息辅助高光谱数据分析、高光谱数据处理与分析系统,最后概括地介绍了高光谱遥感在植被、生态环境、地质矿物、城市规划与调查等方面的应用。本书以主要的篇幅论述高光谱遥感科学、技术与信息处理的共性理论与方法问题,在高光谱遥感的物理基础、成像机理、数据处理、信息分析、应用领域、甚至应用实例等方面都进行了较系统和全面的阐述与解析。

20年的发展,20年的磨砺,造就了我国一批生机勃勃的高光谱遥感技术发展、研究与应用队伍,我国已成为国际上一个重要的高光谱遥感研发基地。本书写作的基础正是这支队伍,特别是著作者和他们的研究集体在近20年的研

IV 前 言

究积累和研究成果,也体现了他们对高光谱遥感这一研究领域的总体理解和把握。参与本书撰写的有长期从事遥感,特别是在高光谱遥感领域辛勤耕耘数十年的中、老年科学家,更有风华正茂、意气风发的青年科技工作者。特别值得一提的是在近20年的努力中,一大批青年学子通过研究生的学习和研究工作的锻炼得到成长,他们大多数已经走上工作岗位,有的已成为重要的科研和业务骨干,有的已到国外发展,本书也记载了这些莘莘学子成长的足迹。在这里我们要提一下对本书作出贡献的人员,他们是张霞、陈正超、李兴、胡兴堂、卫征、方俊永、刘良云、高连如、李俊生、胡方超、耿修瑞、张文娟、焦全军、刘学、王晋年、田庆久、王向军、刘建贵、熊楨、刘团结、刘卫东、吴传庆、白继伟、张雄飞等。除此以外,我们也要特别感谢长期以来与我们亲密合作,给了我们巨大帮助与支持的薛永祺院士、王建宇博士、杨一德高工、乔延利研究员等,我们也要铭记在我国高光谱发展初期为此辛勤努力和呕心沥血的章立民先生,此书也寄托了我们对他的缅怀。

本书的出版可以使广大的读者较系统地了解高光谱遥感的一般性概念,基本掌握高光谱遥感数据处理与分析的通用技术与方法,可作为遥感技术与应用专业的研究生用书,也可以供其他相关专业人员参考。我们期望它的出版能进一步促进高光谱遥感领域的交流,推进高光谱遥感的发展,进而为国家经济社会发展作出更大贡献。

本书在理论、技术和应用方面都还有很大的不足,还未能将国内、外更多更新的研究成果融汇其中,谬误在所难免,望广大读者不吝赐教。

童庆禧

2006年3月12日

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

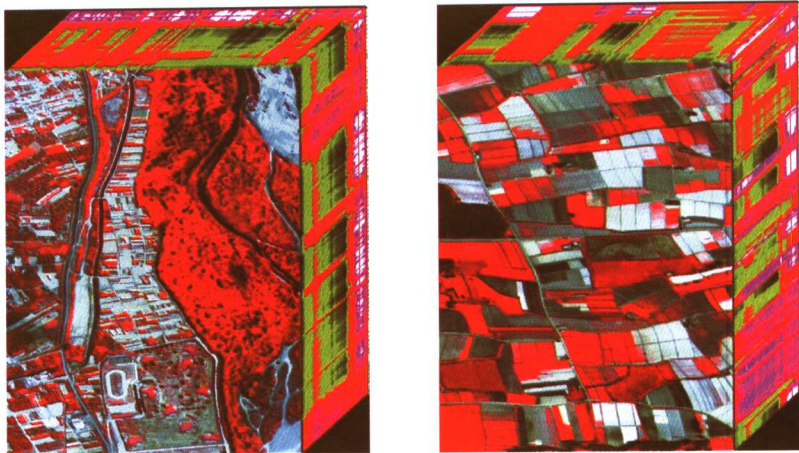


图 2.8 高光谱数据图谱立方体

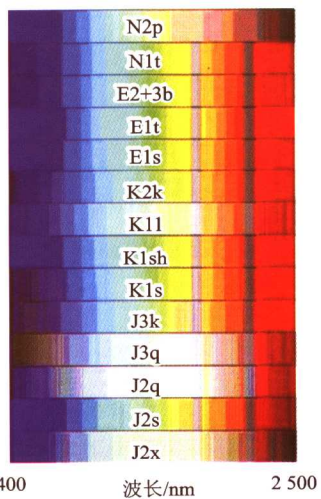


图 4.32 吐鲁番背斜剖面地层光谱柱状图

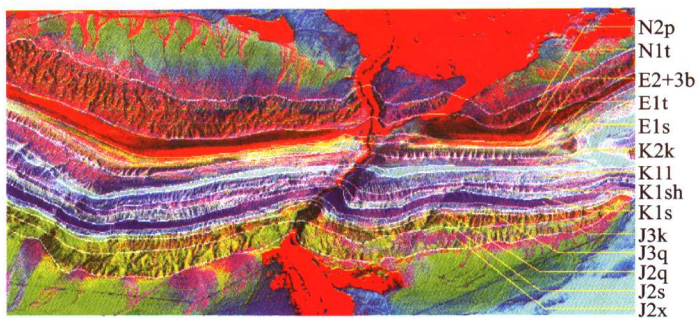


图 4.33 吐鲁番背斜剖面地层划分结果

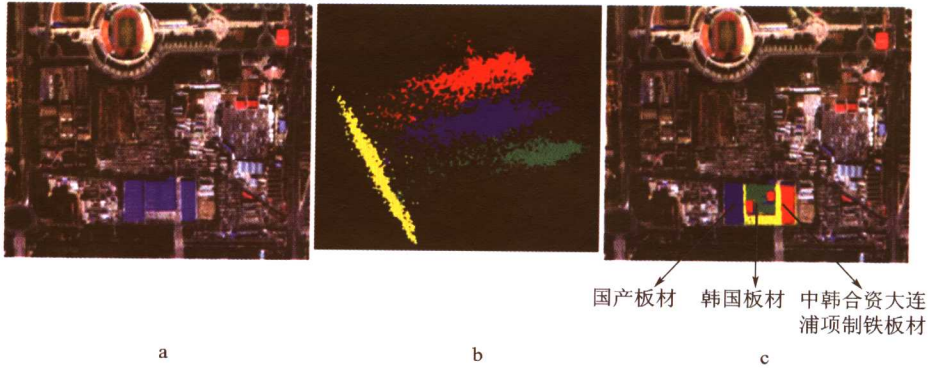


图 5.31 亚运村建材市场屋顶材料识别

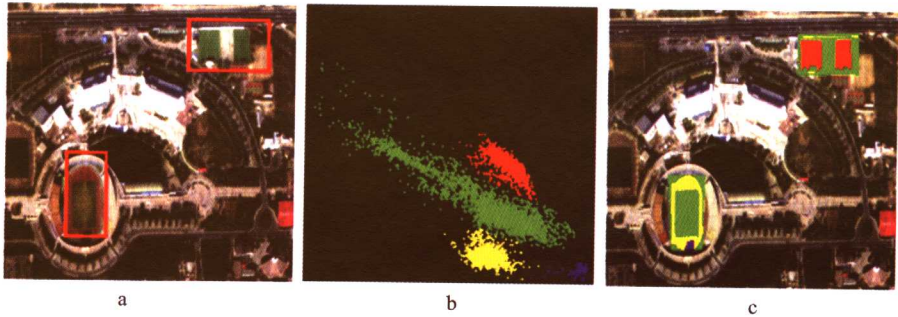


图 5.32 奥体公园中心地区人工草坪和天然草坪识别

a 真彩色显示图像; b 二维投影面上的散点分布图; c 分类识别的结果

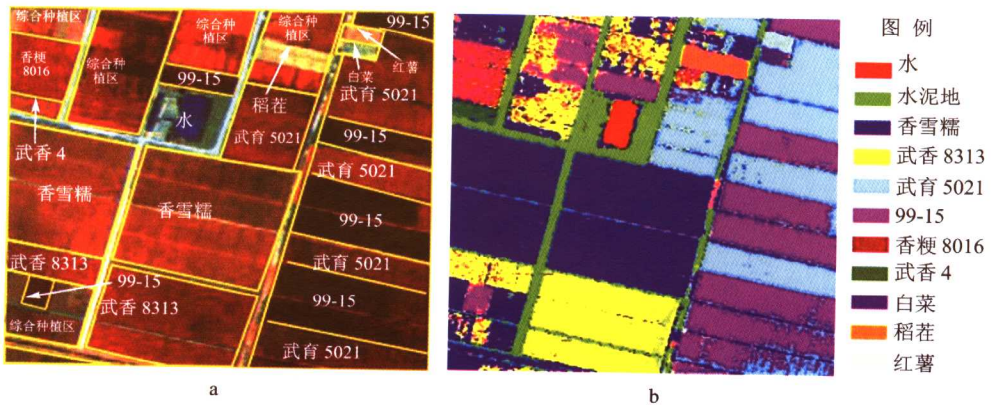


图 9.4 基于 PHI 图像的水稻品种分类

a 地面调查图; b 分类结果

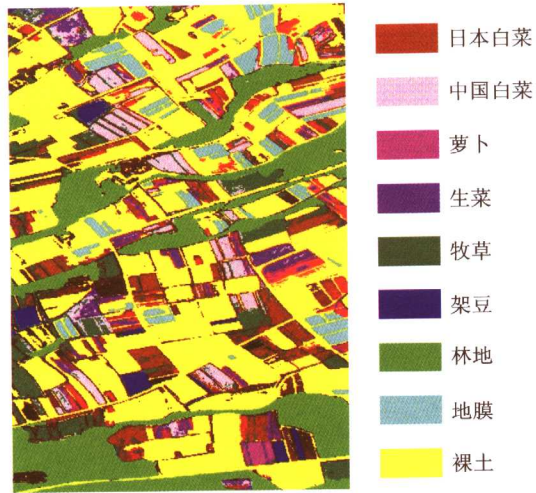


图 9.5 基于 PHI 图像的日本南牧农作物精细分类

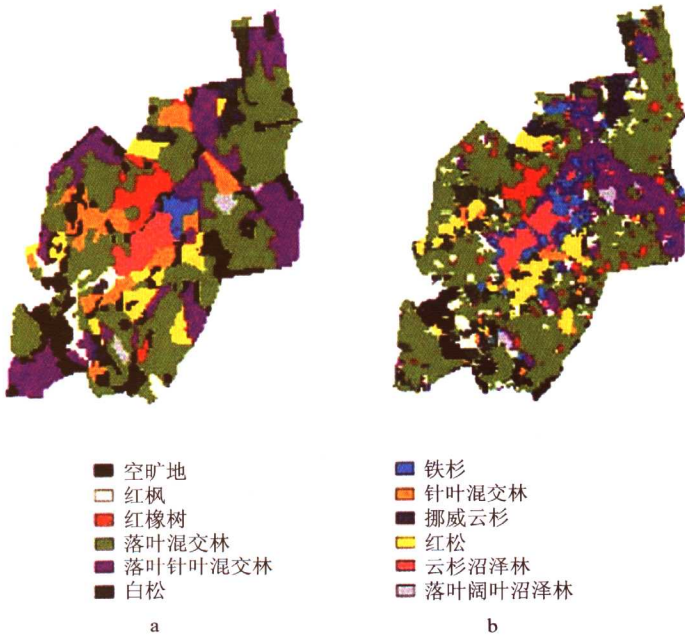


图 9.7 物种分类图

a 根据野外测量获得的物种立地分类图；b 根据 AVIRIS 影像的物种分类图

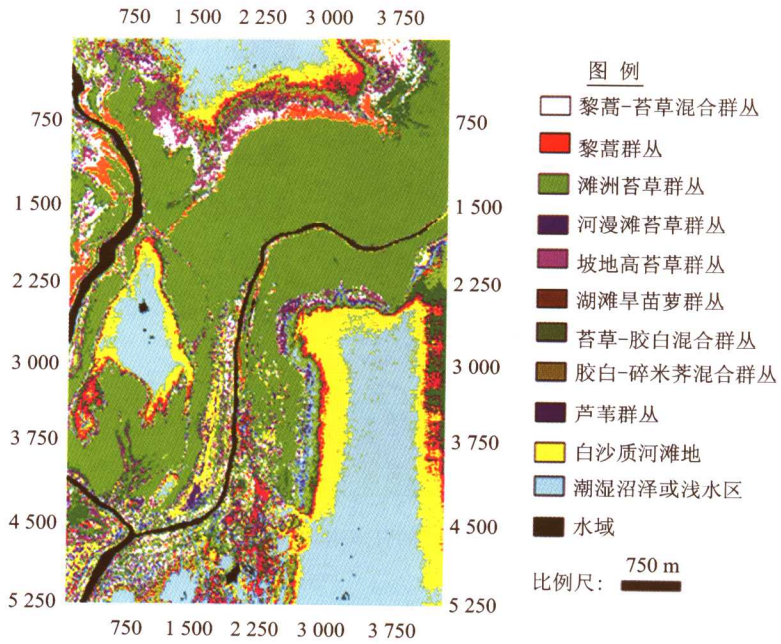


图 9.8 鄱阳湖湿地植被分类图

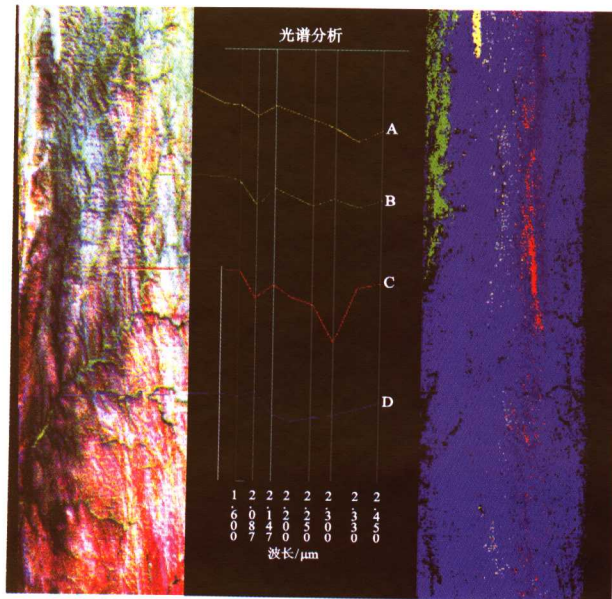


图 9.16 应用 SAI 技术的岩石矿物分类

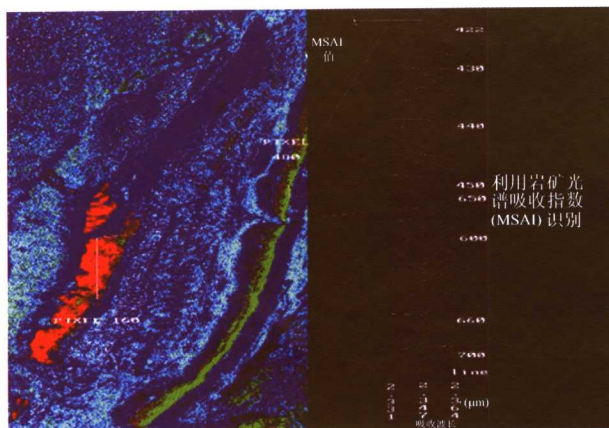


图 9.18 寒武奥陶纪(红色)和二叠纪白云岩(绿色)的识别

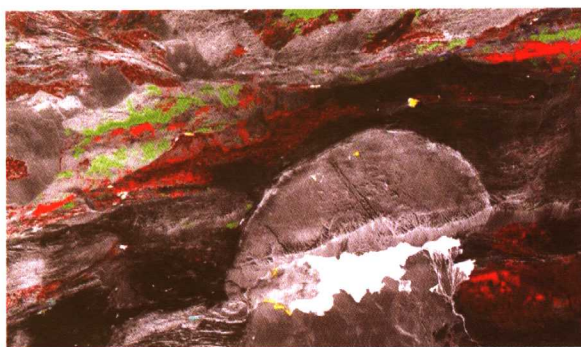


图 9.21 岩矿光谱库支持下的新疆东天山岩矿填图

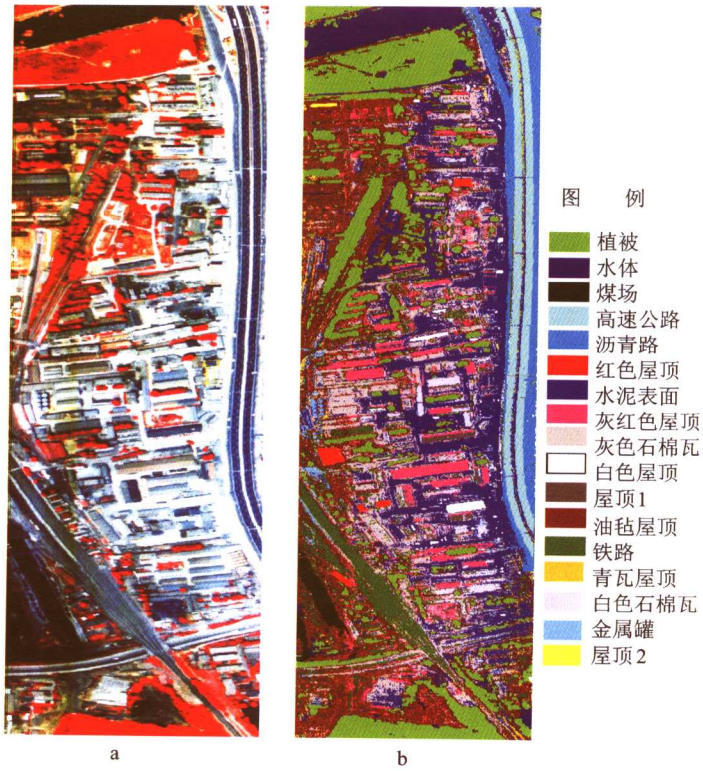


图 9.27 利用 PHI 图像的沙河城市地物覆盖分类图
a PHI 图像；b 地物分类图