

湖南省高等教育教材建设资助项目

遥感技术基础教程

...▶ 林辉 刘泰龙 李际平 编著 ◀... ◀...

中南大学出版社

湖南省高等教育教材建设资助项目

遥感技术基础教程

林 辉 刘泰龙 李际平 编著

中南大学出版社

遥感技术基础教程

林 辉 刘泰龙 李际平 编著

☐责任编辑 周兴武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482

电子邮件:csucbs @ public. cs. hn. cn

☐经 销 湖南省新华书店

☐印 装 长沙文泰印务有限公司

☐开 本 787×960 1/16 ☐印张 15.25 ☐字数 329 千字 插图 8

☐版 次 2002 年 12 月第 1 版 ☐2002 年 12 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 7-81061-587-4/TN · 003

☐定 价 25.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

湖南省高等教育 21 世纪课程教材系列

遥感技术基础教程

编著 林 辉 (中南林学院)

刘泰龙 (中南林业规划设计院)

李际平 (中南林学院)

主审 冯仲科 (北京林业大学)

前 言

近年来,随着计算机技术、空间技术、现代通讯技术的崛起,遥感技术的发展迅速,并且出现了一些新的特点,如遥感卫星向着小型化、高发射频率、高性能、低成本的方向发展,遥感数据源向着高光谱分辨率和高空间分辨率的方向发展,高分辨率卫星数据不断出现,如 Landsat 系列卫星数据的分辨率已提高到了 15 m; SPOT 系列卫星数据的分辨率已由原来的 10 m 提高到了 2.5 m; 1999 年美国发射了 IKONOS 卫星,数据的分辨率提高到了 1 m, 2001 年发射了 QUICKBIRD 卫星,分辨率达到了 0.61 m, 人们获取毫米级数据不再是梦想。与此同时,遥感的图像处理技术也在不断提高,新的图像处理软件不断出现,原有的图像处理软件不断升级,扩大和加强了其原有的功能。近年来,人们在学习遥感(RS)技术的同时,又将地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)技术结合在一起,形成“3S”技术。RS 作为数据采集的手段,实时、快速地提供大面积地表物体及其环境的信息及各种变化,GPS 用于实时、快速地提供目标的空间位置,GIS 则是对多种来源的实时数据进行综合处理、分析和应用。这样就能方便地采集、获取、量测、存储、管理、显示、传播、应用和更新与地理信息有关的,随时间变化的数据和信息,并以此为基础构筑空间信息系统,广泛地应用于资源调查、区域发展规划、国土整治、环境保护与监测、灾害预报与防治、城市规划与市政管理、房地产管理与经营等到方面,取得了显著的经济效益和社会效益。

尽管遥感技术已经广泛地应用到各个领域,但是真正掌握遥感技术的人并不多,特别是针对高分辨率遥感数据的处理和应用,以及应用领域急需开展的开发性工作,人才更是缺乏。因此,遥感技术的发展,人才的准备是一个重要的因素。随着生产单位对遥感技术专业人才的需求日益增加,培养遥感专业技术人员成为十分紧迫的任务。然而,在开展遥感教学时,我们感到遥感教材相当匮乏,很难找到一本合适的教材。正是在这样的前提下,作者结合自己 10 余年的教学和科研工作经验,从遥感的理论、图像处理及应用三个方面系统全面地介绍了遥感技术的基本知识,编著了本书,旨在为我国的遥感教育和遥感事业的发展尽点绵薄之力。

本书在编写及出版过程中,得到了湖南省教育厅、中南林学院教务处及资源与环境学院森林资源管理教研室的大力支持和帮助,熊剑利、熊育久、莫登奎等同志为本书的校对做了大量工作,在此一并致谢。

由于作者水平有限,时间仓促,书中难免存在诸多不足和不妥之处,敬请读者赐教。

编著者

目 录

第一篇 遥感基本理论

第一章 遥感及其发展	(3)
§1 遥感的发展概况	(3)
1.1 国外遥感技术发展概况	(3)
1.2 我国遥感技术发展概况	(4)
1.3 林业遥感技术的发展现状、特点和任务	(7)
§2 遥感技术发展分析	(8)
2.1 窗口和波段选择、光谱测定和应用	(8)
2.2 多层次遥感的应用	(9)
2.3 图像处理自动识别技术的发展	(11)
2.4 “3S”技术	(12)
知识窗 1	(14)
第二章 遥感基本原理	(17)
§1 遥感的概念及特性	(17)
1.1 遥感的概念	(17)
1.2 遥感的特性	(17)
§2 遥感分类	(18)
§3 遥感技术系统	(19)
3.1 遥感平台	(19)
3.2 传感器	(19)
3.3 遥感信息的传输与处理	(20)
§4 遥感的物理基础	(21)
4.1 电磁波与电磁波谱	(21)
4.2 太阳辐射与大气影响	(25)

§ 5 地物波谱·····	(28)
5.1 地物波谱特征·····	(28)
5.2 主要地物波谱曲线及应用·····	(29)
5.3 从多波段影像上获取地物波谱曲线·····	(31)
5.4 乔木树种的光谱反射能力的几点规律·····	(31)
5.5 光谱测定中存在的问题·····	(31)
§ 6 彩色原理·····	(32)
6.1 加色法·····	(33)
6.2 减色法·····	(33)
6.3 彩色的特征·····	(34)
知识窗 2 ·····	(34)
第三章 航空摄影和航空像片几何特性 ·····	(38)
§ 1 航空摄影·····	(38)
1.1 航空摄影飞机和摄影机·····	(38)
1.2 航空摄影过程·····	(40)
1.3 航空摄影的基本参数·····	(41)
1.4 航空摄影的种类·····	(44)
§ 2 航空像片的几何特性·····	(45)
2.1 航空像片的基本标志·····	(45)
2.2 中心投影·····	(46)
2.3 航摄像片上的主要点和线·····	(47)
2.4 像点位移·····	(49)
2.5 航空像片的使用面积·····	(51)
2.6 航空像片比例尺·····	(51)
§ 3 航空像片的立体观察·····	(54)
3.1 立体观察原理·····	(54)
3.2 像对立体观察条件·····	(56)
3.3 用立体镜进行立体观察·····	(57)
3.4 立体效应·····	(58)
知识窗 3 ·····	(59)
第四章 陆地资源卫星系统 ·····	(64)
§ 1 美国陆地资源卫星系统·····	(64)

1.1 陆地卫星的运行特征	(64)
1.2 陆地卫星的工作系统	(67)
1.3 陆地卫星影像	(72)
1.4 Landsat-7 数据产品	(78)
§ 2 IKONOS 卫星影像及其特性	(81)
2.1 IKONOS 卫星的基本特性	(81)
2.2 传感器成像系统及影像收集模式性能	(81)
2.3 IKONOS 图像产品	(82)
§ 3 地球观测实验卫星	(84)
3.1 SPOT 卫星的轨道特征	(84)
3.2 地球观测实验卫星的结构	(85)
3.3 高分辨率可见光扫描仪	(85)
3.4 地面接收与数据处理	(88)
§ 4 俄罗斯卫星数据	(89)
§ 5 我国资源卫星系统	(91)
5.1 国土普查卫星	(91)
5.2 中巴资源卫星 1 号	(91)
§ 6 其它几种常用的遥感系统	(93)
6.1 多光谱遥感图像	(93)
6.2 热红外扫描图像	(94)
6.3 雷达图像	(96)
知识窗 4	(97)

第二篇 遥感图像处理

第五章 航空像片专业图的制作	(105)
§ 1 航空像片的调绘	(105)
1.1 航空像片调绘的概念	(105)
1.2 调绘的基本内容	(105)
1.3 调绘的基本方法	(105)
§ 2 航空像片制图	(106)
§ 3 各种像片制图	(106)
3.1 像片镶嵌复照图	(106)

3.2 像片略图	(106)
3.3 像片平面图	(107)
3.4 正射影像图	(108)
3.5 数字化影像图	(108)
§ 4 航空像片的转绘与量测	(108)
4.1 概述	(108)
4.2 按转绘方法分类	(109)
4.3 按转绘底图分类	(114)
4.4 地形要素的量测	(116)
知识窗 5	(118)
第六章 遥感图像处理	(123)
§ 1 光学处理	(123)
1.1 相关光学和非相关光学处理	(123)
1.2 几种常用的光学处理方法	(127)
§ 2 数字图像处理	(133)
2.1 数字图像的结构及记录方式	(133)
2.2 辐射校正和几何校正	(135)
2.3 数字显示与压缩	(139)
2.4 图像增强	(141)
2.5 计算机自动识别	(147)
2.6 遥感图像的产品种类和格式	(151)
2.7 图像处理中的问题及发展趋势	(159)
知识窗 6	(161)

第三篇 遥感应用技术

第七章 航空遥感图像的判读与应用	(169)
§ 1 判读概念和方法概述	(169)
1.1 遥感信息判读流程	(169)
1.2 航空像片判读方法	(170)
1.3 判读工具	(174)
§ 2 地貌判读	(174)

2.1 地貌形态判读	(175)
2.2 流水地貌判读	(176)
2.3 冰川地貌判读	(177)
2.4 岩溶地貌判读	(177)
2.5 风成地貌判读	(178)
2.6 黄土地貌判读	(178)
2.7 火山地貌判读	(179)
§3 土壤判读	(179)
3.1 土壤判读的基本方法	(179)
3.2 不同条件下土壤判读举例	(180)
§4 航空像片的森林判读	(181)
4.1 森林判读的概念	(181)
4.2 非林地和无林地的判读	(182)
4.3 树种和主要森林类型的判读	(184)
4.4 龄组的判读	(187)
4.5 林分郁闭度的判读	(188)
4.6 地位级的判读	(192)
4.7 树高和林分平均高的测定	(193)
4.8 树冠直径的量测	(194)
4.9 林木株数的测定	(196)
§5 红外彩色航空像片林业判读	(198)
5.1 红外彩色片的特征	(198)
5.2 红外彩色片的判读原理	(199)
5.3 红外彩色片的林业判读	(200)
知识窗 7	(201)
第八章 陆地资源卫星影像的应用	(207)
§1 Landsat 资料在我国林业中的应用	(207)
1.1 森林资源调查及规划	(207)
1.2 森林资源动态监测	(209)
1.3 森林火灾的监测预报	(209)
1.4 森林病虫害监测	(209)
1.5 森林灾害损失评估	(210)
§2 SPOT 卫星资料应用概况	(210)

§ 3 IKONOS 图像应用概述	(212)
3.1 IKONOS 试验精度	(212)
3.2 应用概述	(212)
§ 4 我国资源卫星的应用概况	(213)
4.1 国土普查卫星的应用	(213)
4.2 中巴资源卫星的应用	(214)
知识窗 8	(214)
附录 遥感中英文词汇表	(217)
主要参考文献	(228)

第一篇 遥感基本理论

第一章 遥感及其发展

遥感技术是从 20 世纪 60 年代迅速发展起来的一门新兴的综合探测技术。它是建立在现代物理学（如光学技术、红外技术、微波技术、雷达技术、激光技术、全息技术），以及计算机技术、数学、地学基础上的。从以飞机为主要运载工具的航空遥感发展到以人造地球卫星和宇宙飞船、航天飞机为运载工具的航天遥感，从摄影方式的传感器发展到扫描方式的传感器，扩大了人们的视野与观察的领域，从而使人们对地球的研究与监测进入了一个新阶段。我国幅员广阔，资源丰富，但自然条件复杂，长期以来缺乏详细而全面的资源调查。目前我国自然资源和环境状况仍然不清楚，严重地影响着经济建设的发展，因此，为查清我国的自然资源状况，满足国民经济中许多部门急需的各种数据和图件资料，以遥感技术作为先进手段对资源与环境进行调查，是十分必要的，也是切实可行的。

§ 1 遥感的发展概况

1.1 国外遥感技术发展概况

“遥感”（remote sensing）这个名词约在 20 世纪 60 年代初孕育产生。但实际上航空遥感已有多年的历史。早在 1858 年，法国人 G·F·图纳利恩从气球上拍摄了巴黎的城市像片，开创了空间观察地球的历史。

1909 年，意大利人莱特从飞机上拍摄了第一张航空像片。第一次世界大战中，航空摄影因军事的需要而得到发展，在这以后它逐渐完善、发展，形成了具有独立体系的航空摄影测量学。像片判读也从军用向民用部门发展，这是遥感发展的初级阶段。1937 年，有了航空彩色像片，能清晰地反映地物，使航空摄影得到普遍重视。

1957 年，苏联发射了第一颗人造地球卫星，标志着人类向空间的进军已取得了质的飞跃。1959 年，苏联宇宙飞船月球 3 号拍摄了第一批月球像片。20 世纪 60 年代，美国、苏联发射了一系列气象卫星等实用卫星和载人宇宙飞船，对月球、火星进行摄影。60 年代后期美国与苏联相继登上月球。70 年代初，美国

在一系列实验的基础上于 1972 年发射了第一颗地球资源技术卫星。苏联则在礼炮 4 号载人宇宙飞船上,靠胶片回收取得了覆盖苏联 2200 万平方公里的像片,到 1980 年,已在轨道上运行两年半的“礼炮 6 号”,可以对全球所有居民区摄影。航天技术的迅速发展、各种传感器的不断改进,以及计算机的运用,极大地开阔了人们观察地球的视野,也提高了对观测目标进行监测和分析的能力,从而使人们对地球的探测、研究进入了一个崭新的阶段。据不完全统计,现在已有 130 多个国家和地区不同程度地开展了遥感工作或应用了遥感资料,许多国家建立了遥感的专门研究与管理机构。国际协作与学术交流日益频繁。遥感的发展正方兴未艾,在监测、开发和管理地球环境以及资源探测中发挥着越来越大的作用。

美国和苏联在遥感技术方面处于领先地位,他们起步早、投资多、规模大,在一定程度上代表了遥感技术发展的水平。西欧、加拿大、日本等国正迎头赶上,大力发展本国的遥感技术。

1.2 我国遥感技术发展概况

我国遥感技术的试验与应用起步较晚,但发展较快,取得了不少成果。

中国空间遥感事业大致经历了三个发展阶段。20 世纪 70 年代至 80 年代初期,中国遥感技术刚开始发展,主要以学术探讨、调研学习、技术模仿和组织队伍为主。第二阶段是试验应用阶段,主要以遥感基础研究、建设卫星接收系统、配套航空遥感系统、开展“三北”防护林综合遥感调查等试验应用为主。如云南省腾冲地区的遥感综合试验,长春遥感试验,新疆地区红外遥感试验,北京、天津地区遥感综合试验,山西省农业资源遥感应用研究,内蒙古草原遥感应用研究,湖南省洞庭湖地区遥感应用试验研究等,解决了一系列遥感问题。第三阶段是实用化与产业化阶段。在遥感技术系统、实用化应用系统、地理信息系统软件开发与产业化、人才培养和国际合作领域等方面取得了一系列的新成就。

1.2.1 遥感数据获取与处理技术系统

经过 20 余年的努力,中国研制开发了航天、航空遥感平台,建设了卫星地面站、数据处理中心等地面设施,形成了强大的遥感数据获取处理能力。

中国共发射了 17 颗返回式卫星,主要用于对地观测,为资源普查与环境监测提供了高分辨率影像。中国风云系列气象卫星(包括 3 颗极轨卫星、1 颗同步卫星)已获取全球多种气象数据。中国-巴西地球资源遥感卫星于 1999 年 10 月 4 日成功发射,卫星有效载荷包括分辨率为 20 m 的 CCD 相机、分辨率为 78 m 的红外多光谱扫描仪和分辨率为 256 m 的宽视场成像仪。

中国目前拥有可用于航空遥感的飞机近 40 架,分别配备了航空摄影光学相机、多光谱扫描仪、高分辨率 CCD 数字相机、机载侧视雷达实用系统、宽视场

面阵 CCD 超光谱仪和三维成像等先进遥感设备,与卫星遥感、卫星通信平台配合,组成全天候对地实时监测与传输系统。

中国遥感卫星地面站于 1986 年建成,目前已形成了接收 LANDSAT、SPOT、RADARSAT 等 7 颗遥感卫星,以及分布在北京、广州、乌鲁木齐等地的数十个气象卫星接收站和静止气象卫星数据的能力。

中国目前已具有对气象卫星、资源卫星、航空摄影测量等多种遥感数据处理的能力,具有强大的数据存储、快速处理、传输、信息提取、应用软件、图形图像制作输出能力,保障了遥感数据的广泛应用,同时研制了一系列针对新型遥感技术的应用软件系统。

1.2.2 对地观测技术应用系统

中国的空间遥感技术在促进社会可持续发展上产生了广泛的应用,正在建设资源环境动态信息服务、自然灾害监测与评估、国民经济辅助决策地理信息系统、海洋环境立体监测体系等一系列对地观测应用系统。中国建设了国家级基本资源与环境遥感动态信息服务体系,完成了国家基本资源与环境背景数据库,并将实现每 5 年全面更新。此外,国土资源调查计划自 1999 年启动,对全国重要城市和区域建设用地扩展情况和占用耕地情况开展定位、定量监测,为土地管理执法提供客观的科学数据。

中国是一个灾害频发的国家,每年因自然灾害造成的经济财产损失高达数千亿元。因此,减轻自然灾害是实现社会可持续发展的重大课题。中国初步建立了以水旱灾害为重点的运行性综合监测与评估业务系统,并已投放业务部门使用。对突发性水灾,实现 2 天之内提供包括受灾人口、受淹房屋等信息的详细评估报告;对旱情监测达到每 10 天通报一次全国旱情数据。在 1998 年长江特大洪水期间,中国主要遥感单位利用 6 颗卫星和 3 套航空遥感系统,对灾区进行 5~7 次覆盖,取得 100 多幅灾情图像,为灾情监测评估和灾后重建提供了科学数据。

中国开发了国民经济辅助决策地理信息系统、资源环境与区域经济信息系统、全国主要农作物长势监测与评估业务系统、重点城市地理信息系统等应用系统,初步形成国家高层政务多尺度辅助决策与区域可持续发展决策的信息支持能力。遥感技术为龙滩电站水库建设、“三北”防护林工程、南水北调工程、隔河岩大坝形成及监测等国家大型工程建设提供了勘察与管理信息支持。空间遥感信息为上述信息系统的建设与更新提供了重要信息源。

中国是个海洋大国,领海面积达 300 万平方公里。有 12 个省、自治区处于沿海地带,国民经济总值的 60% 来自沿海地区。中国在东海地区,以上海为中心建立海洋环境立体监测系统示范区,重点是实现对近海环境灾害进行监测,提供及时的信息服务,保障海岸带资源与环境管理。

1.2.3 地理信息系统软件开发、应用与产业化

近年来,中国地理信息系统软件研制与开发取得了长足的进步。目前国产GIS软件已占有国内30%的行业市场份额,并普遍应用于国土资源管理、地质勘察、基础测绘、基础设施管理等社会经济发展领域。通过近年来组织的国家级GIS软件测评和择优支持,MAPGIS、GEOSTAR、GROW、方正智绘、GEOSCAN、PHOTOMAPPER等一系列优秀国产软件脱颖而出,带动了一批高新技术企业的成长壮大。

1.2.4 国家空间数据基础设施建设

开展地理信息系统应用的必要条件是建设国家空间数据基础设施。中国有关部门已建立了10个基础地理信息数字化生产基地,开展了信息共享与标准化研究,实现了地理信息产品的规模化生产。目前中国已建成1:400万、1:100万、1:25万基础地理数据库。中国是联合国全球测绘图国际指导委员会成员国之一,以A级资格参加全球测图项目。

此外,遥感、地理信息系统与全球定位系统技术日趋融合集成,将成为中国地球信息科学研究和对地观测体系建设的关键技术。

1.2.5 机构发展与人才培养

目前,联合国与中国共同组建的国家遥感中心已成为发展遥感事业、开展国际合作的中坚力量。中国在资源、水利、土地、农业、建设、环保、交通等20余个重要行业及15个省市分别组建了400余个行业性、区域性遥感技术开发与应用推广机构,有关科技人员达数万人。

中国重视遥感教育。在高等教育体系中,约有120所院校开设了遥感、地理信息系统专业课程,形成了进修、本科、硕士、博士等系列化人才培养模式。“摄影测量与遥感”、“地理制图学与地理信息工程”、“地图学与地理信息系统”被列为硕士、博士专业学科,每年有近百名博士生、数百名硕士生毕业,充实到国家遥感队伍之中。

1.2.6 国际交流与合作

中国遥感事业发展离不开全球化、区域化富有成效的合作与交流。中国积极参加国际遥感合作活动,派出高级专家参加联合国亚太经济组织,组织中意合作、中比合作、中日合作、中国-欧洲合作等大型国际项目。中国的全数字化摄影测量工作站、高精度激光扫描绘图机等先进设备出口亚太地区。自1998年起,作为亚太区域遥感机构教育网络的结点,中国为亚太发展中国家培训了60名以上的专家,今后还将继续为亚太地区培训高科技应用人才。

现代遥感技术将为21世纪全球信息化和国家信息化建设提供技术支持和信息保证,为此,中国有关部门已积极着手推动有关“数字地球”(描述地球上各类信息的时间系列和空间系列分布的共同框架,致力于各种对地观测信息系统的