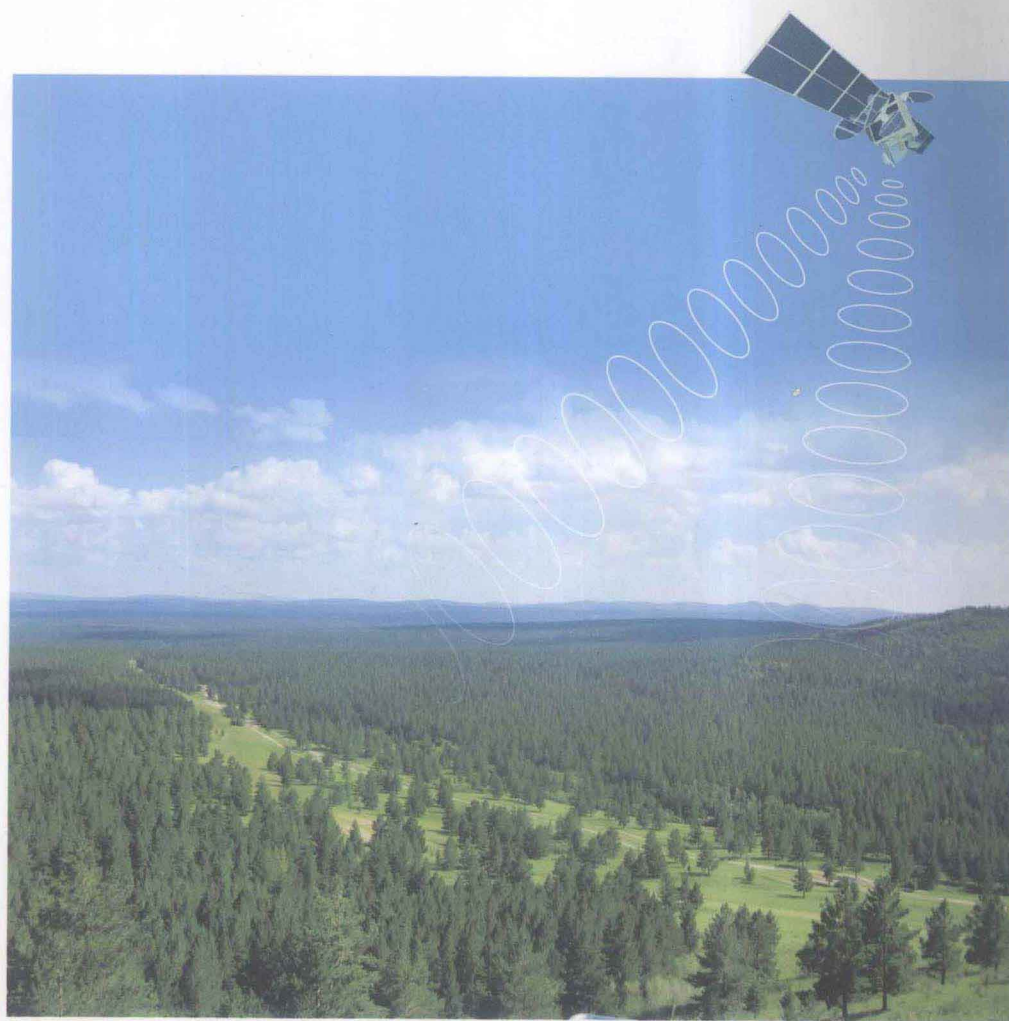


全国高等农林院校“十二五”规划教材



林业遥感

林辉 孙华 熊育久 刘秀英 编著



中国林业出版社

全国高等农林院校“十二五”规划教材

林业遥感

林 辉 孙 华 编 著
熊育久 刘秀英

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

林业遥感/林辉等编著. —北京: 中国林业出版社, 2011. 7

全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5038-6250-2

I. ①林… II. ①林… III. ①森林遥感 - 高等学校 - 教材 IV. ①S771. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 133317 号

中国林业出版社·教材出版中心

策划、责任编辑: 肖基泚

电话: 83282720 83220109 传真: 83220109

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83224477

<http://lycb.forestry.gov.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

版 次 2011 年 7 月第 1 版

印 次 2011 年 7 月第 1 次印刷

开 本 850mm × 1168mm 1/16

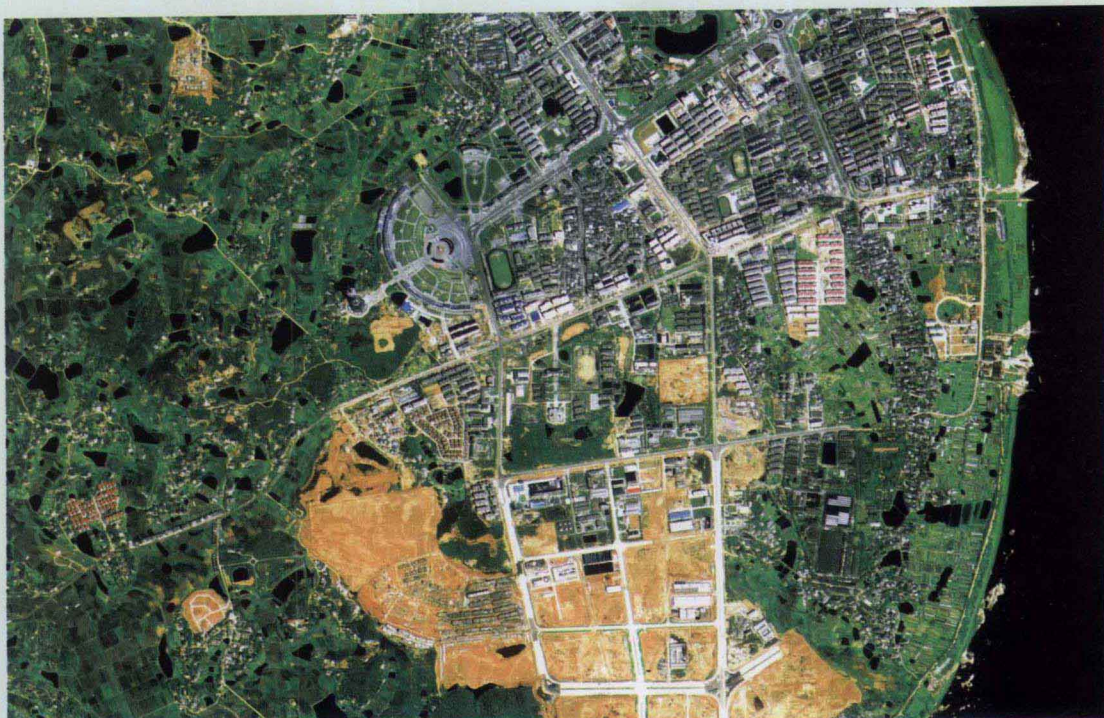
印 张 14.25 插页 4

字 数 326 千字

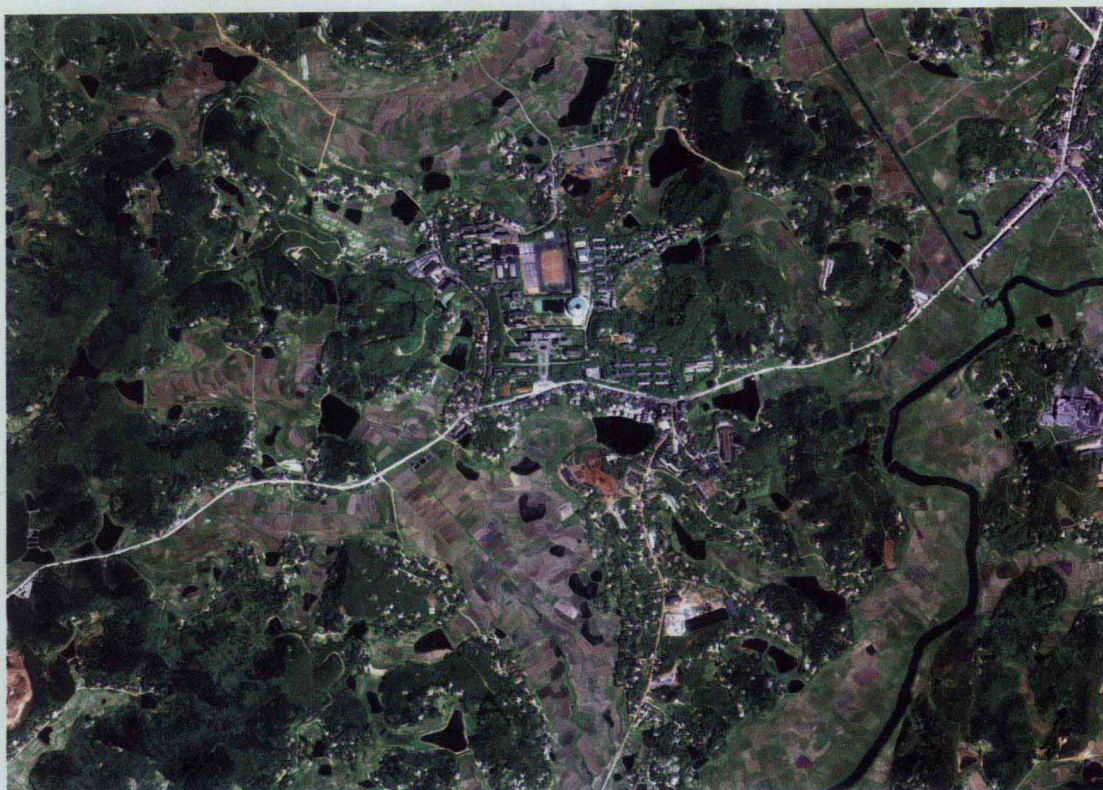
定 价 29.00 元

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究



(a) Quickbird 真彩色影像 (株洲市天元区 2002年, RGB组合方式 3, (4+2) /2,1)



(b) IKONOS真彩色影像 (中南林业科技大学株洲校区 2002年, RGB组合方式 3, (4+2) /2,1)

彩图1 彩色合成

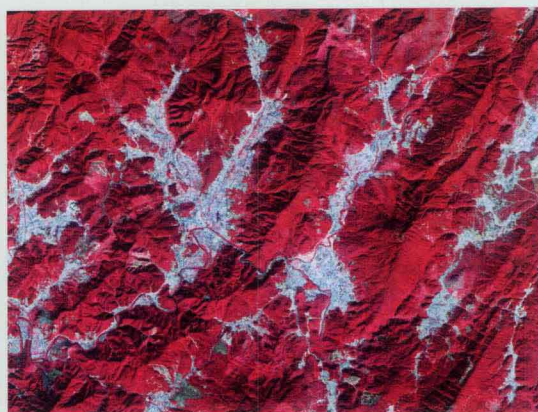


(a) MODIS影像大气校正前

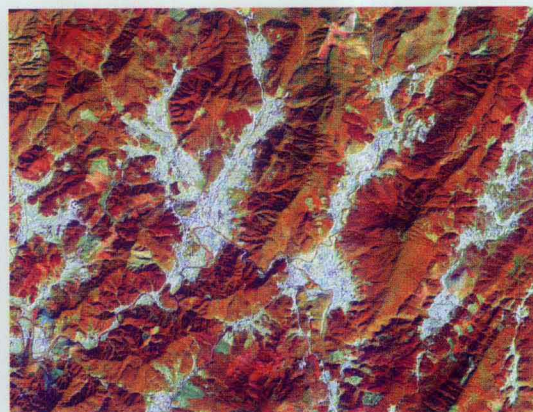


(b) MODIS影像大气校正后

彩图2 遥感影像大气校正



(a) SPOT5 多光谱影像 RGB321组合



(b) SPOT5 多光谱影像 RGB341组合



(c) SPOT5 多光谱影像 RGB431组合

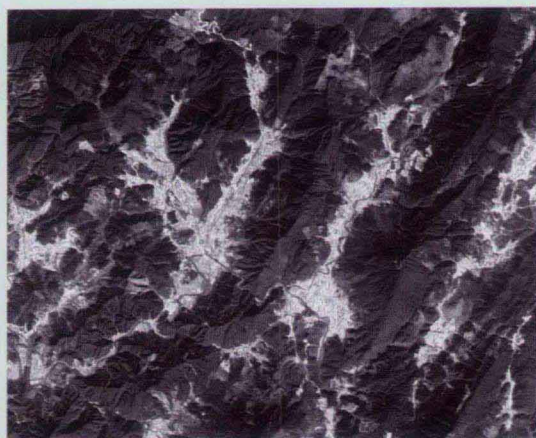


(d) SPOT5 多光谱影像 RGB231组合

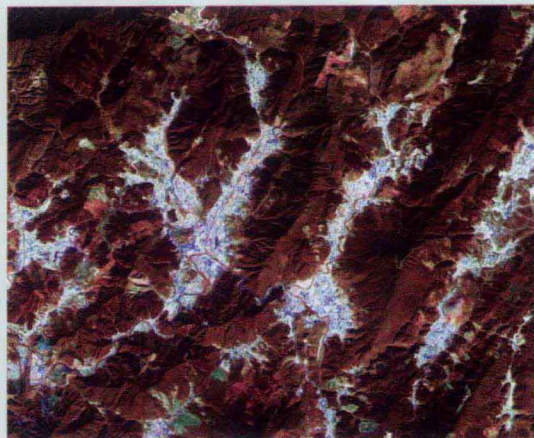


(e) SPOT5 多光谱影像 RGB241组合

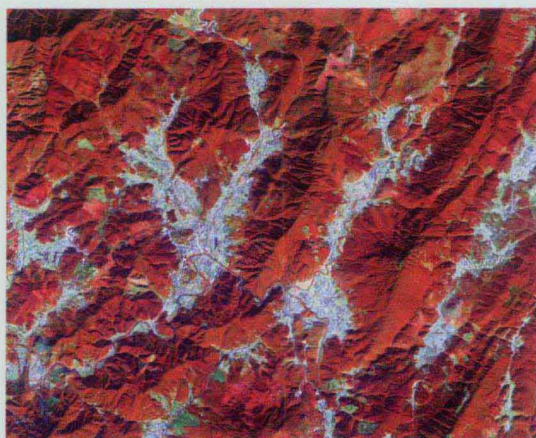
彩图3 SPOT5多光谱波段组合效果



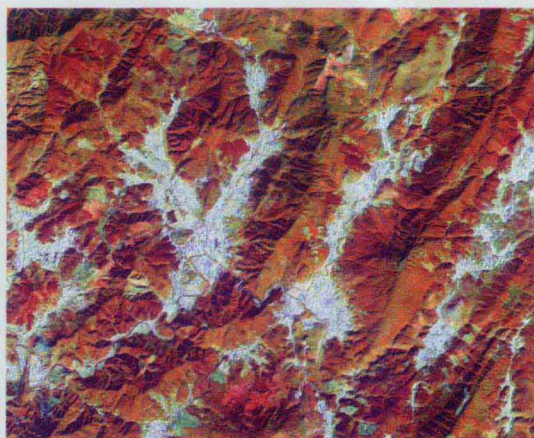
(a) SPOT5 全色波段影像



(b) SPOT5 HSV 融合方法 (多光谱341与全色融合效果)



(c) SPOT5 主成分融合方法
(多光谱341与全色融合效果)



(d) SPOT5 小波变换融合方法
(多光谱341与全色融合效果)

彩图4 SPOT5 影像融合效果



(a) 图像增强前

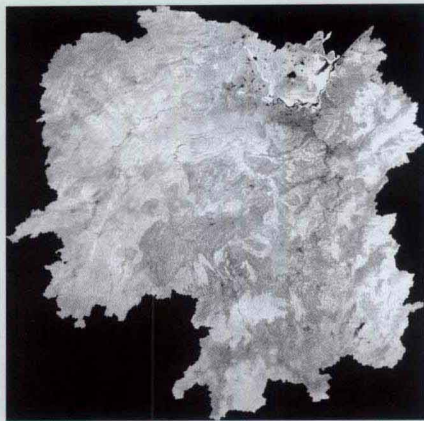


(b) 高通滤波效果



(c) 低通滤波效果

彩图5 图像增强



(a) 假彩色密度分割前



(b) 假彩色密度分割后

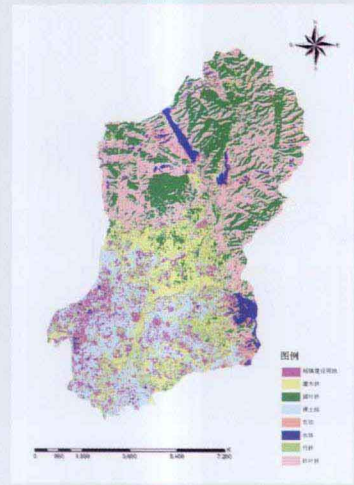
彩图6 假彩色密度分割



(a) ALOS影像



(b) ALOS影像最大似然比分类效果

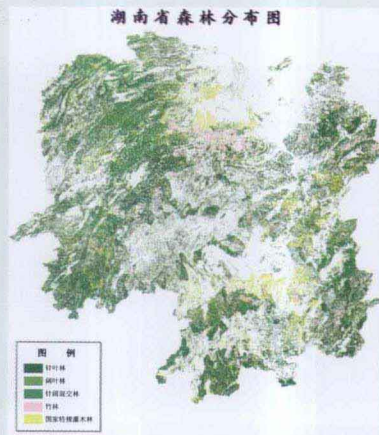


(c) ALOS影像决策树分类效果

彩图7 计算机分类



(a) 分割前真彩色影像



(b) 面向对象的影像分割效果

彩图8 面向对象的影像分割

遥感技术是 20 世纪 60 年代以来迅速发展的一门新兴的综合探测技术。遥感让我们从宏观的角度重新审视和研究我们所居住的星球。近年来随着计算机技术和空间信息技术的迅速发展,新数据卫星不断发射,遥感数据源变得更为丰富,并不断地向高空间分辨率和高光谱分辨率方向发展。同时,遥感图像处理技术也在不断提高,图像处理软件日益丰富,图像处理功能和手段不断得到完善,使得遥感应用技术也不断提高。林业是国民经济的重要组成部分,也是我国较早引入遥感技术的行业之一。20 世纪 70 年代我国林业工作者开始遥感技术的研究和应用工作,并逐步进行推广,为我国森林资源监测和信息获取技术水平的提高做出了重要贡献。1999 年国家林业局规定在第 6 次全国森林资源清查中全面应用遥感技术,为遥感技术在林业中的进一步推广应用奠定了基础。

尽管遥感技术已经广泛地应用于林业行业的各个方面,但是真正掌握遥感技术的人并不多。随着生产单位对遥感专业技术人才的需求日益增加,培养具有行业特色的遥感专业技术人员显得十分迫切。然而,在开展遥感教学时,我们很难找到一本合适的教材,既能传达丰富的遥感基础知识,又能结合行业特点。正是在这样的背景下我们开始了本教材的编写工作。编写本书的目的是为了较为全面系统地介绍遥感技术的基本原理与应用方法,并突出林业特点;面向未来遥感技术的发展趋势,增加了近年来的一些新数据源、新方法和技术手段,结合 20 年来的教学和科研工作经验,从遥感理论、图像处理及遥感技术应用 3 个方面系统全面地介绍了遥感技术的基本知识,行文力求通俗易懂,旨在为我国林业遥感教育和事业的发展尽点绵薄之力。

本教材编写分工如下:前言、第 1 章、第 4 章和第 9 章由林辉(中南林业科技大学)编写;第 2 章、第 3 章和第 5 章由孙华(中南林业科技大学)编写;第 6 章、第 7 章由熊育久(中山大学)编写;第 8 章由刘秀英(河南科技大学)编写。全书由林辉、孙华统稿,白丽明博士参与部分章节的修改,宋亚斌和柳萍萍同学在资料收集方面给予了支持,严恩萍、李永亮、郅广平和谢进金同学参加了本书的文字校对和排版整理工作,在此表示感谢。

编写过程中参考和借鉴了国内外目前非常受欢迎的遥感教材的一些内容,在此向各位原书作者表示感谢。同时,本教材的编写还得到国家自然科学基金(30871962)、“十一五”科技支撑课题(2006BAC08B03)和林业公益性行业科研专项经费(201104028)的资助,得到了中南林业科技大学、湖南省重点学科森林经理

学的支持，以及中国林业出版社的帮助，在此一并表示感谢。

本教材既可以作为林学、生态学、森林资源保护与游憩等专业的本科教材，又可以作为研究生和科技工作者学习的参考书。

由于编者水平和编写时间有限，不足之处在所难免，恳请广大读者和有关专家提出宝贵意见，以便今后修订完善。

编著者

2011 年 2 月

前 言

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 遥感的概念	(1)
1.2 遥感的特性	(2)
1.3 遥感的发展概况	(2)
1.3.1 国外遥感技术发展概况	(2)
1.3.2 我国遥感技术发展概况	(4)
1.4 林业遥感的发展概况、特点和任务	(5)
1.4.1 林业遥感的特点	(6)
1.4.2 林业遥感的任务	(6)
1.5 遥感技术的发展趋势	(7)
第 2 章 遥感技术系统	(10)
2.1 遥感平台	(10)
2.2 遥感分类	(12)
2.3 传感器	(12)
2.3.1 传感器类型	(13)
2.3.2 传感器性能	(14)
2.4 遥感卫星地面站	(14)
2.4.1 遥感数据传输与接收	(15)
2.4.2 中国遥感卫星地面站	(15)
第 3 章 遥感物理基础与彩色原理	(18)
3.1 电磁波与电磁波谱	(18)
3.1.1 电磁波	(18)
3.1.2 电磁波谱	(19)
3.2 黑体辐射和实际物体辐射	(21)
3.2.1 黑体辐射	(21)
3.2.2 实际物体的辐射	(23)
3.3 太阳辐射	(23)

3.4	大气对电磁波辐射的影响	(23)
3.4.1	大气的成分和结构	(23)
3.4.2	大气对电磁波辐射的吸收	(24)
3.4.3	大气对电磁波辐射的散射	(24)
3.4.4	大气对电磁波辐射的透射	(25)
3.4.5	大气窗口和遥感	(26)
3.5	地物波谱特征及其测定	(27)
3.5.1	地物波谱特征	(27)
3.5.2	主要地物波谱曲线及应用	(28)
3.5.3	从多波段影像上获取地物波谱曲线	(29)
3.5.4	乔木树种光谱反射能力的几点规律	(29)
3.5.5	地物波谱特征的测量	(30)
3.6	彩色原理	(32)
3.6.1	颜色性质和颜色立体	(32)
3.6.2	色彩空间	(33)
3.6.3	加色法	(34)
3.6.4	减色法	(35)
第4章	航空遥感	(37)
4.1	航空摄影	(37)
4.1.1	航空摄影飞机和摄影机	(37)
4.1.2	航空摄影过程	(39)
4.1.3	航空摄影的基本参数	(40)
4.1.4	航空摄影的种类	(43)
4.2	航空相片的几何特性	(43)
4.2.1	航空相片的基本标志	(43)
4.2.2	中心投影	(44)
4.2.3	航摄相片上的主要点和线	(46)
4.2.4	像点位移	(47)
4.2.5	航空相片上使用面积的区划	(48)
4.2.6	航空相片比例尺	(48)
4.3	航空相片的立体观察	(50)
4.3.1	立体观察原理	(50)
4.3.2	像对立体观察条件	(52)
4.3.3	用立体镜进行立体观察	(53)
4.3.4	立体效应	(54)
第5章	航天遥感	(55)
5.1	卫星的空间轨道参数及其运行特征	(55)
5.1.1	卫星轨道	(55)

5.1.2	卫星轨道参数	(56)
5.1.3	其他一些常用的遥感卫星参数	(57)
5.1.4	遥感卫星的轨道类型	(57)
5.2	美国陆地资源卫星系统	(58)
5.2.1	陆地资源卫星的运行特征	(58)
5.2.2	传感器特征	(59)
5.2.3	Landsat 数据接收与产品	(63)
5.3	法国地球观测实验卫星系列	(64)
5.3.1	SPOT 卫星的轨道特征	(64)
5.3.2	地球观测实验卫星的结构	(66)
5.3.3	高分辨率可见光扫描仪(HRV)	(67)
5.3.4	地面接收与数据处理	(69)
5.4	中国陆地资源卫星	(70)
5.4.1	中国—巴西地球资源卫星	(70)
5.4.2	环境与灾害监测预报小卫星	(75)
5.5	俄罗斯资源卫星	(77)
5.6	印度资源卫星	(80)
5.6.1	IRS-P6	(81)
5.6.2	IRS-P5	(83)
5.7	高分辨率卫星	(84)
5.7.1	IKONOS 卫星	(84)
5.7.2	Quickbird 卫星	(85)
5.7.3	Orbview 卫星	(86)
5.7.4	WorldView 卫星	(88)
5.7.5	EROS 卫星	(89)
5.7.6	ALOS 卫星	(90)
5.7.7	KOMPSAT 卫星	(92)
5.8	地球观测卫星(EOS)	(93)
5.8.1	地球观测卫星(EOS)技术参数	(93)
5.8.2	EOS 卫星的主要任务	(95)
5.8.3	EOS/MODIS	(95)
5.8.4	EOS/MODIS 数据下载与数据服务	(97)
第 6 章	遥感图像处理	(98)
6.1	遥感数字图像基本介绍	(98)
6.1.1	遥感数字图像的表达方法	(98)
6.1.2	遥感数字图像的类型	(99)
6.1.3	遥感数据的记录方式	(101)
6.1.4	遥感数据的记录介质与获取	(103)

6.2	遥感图像处理软件简介	(103)
6.2.1	ENVI	(104)
6.2.2	ERDAS IMAGINE	(104)
6.2.3	ER Mapper	(104)
6.2.4	PCI Geomatica	(105)
6.3	遥感数字图像预处理	(105)
6.3.1	辐射校正	(105)
6.3.2	几何校正	(108)
6.3.3	遥感图像镶嵌与裁剪	(112)
6.3.4	图像基本信息统计	(114)
6.4	图像增强与变换	(116)
6.4.1	对比度增强	(117)
6.4.2	代数运算增强	(119)
6.4.3	彩色增强	(121)
6.4.4	K-L 变换	(123)
6.4.5	缨帽变换	(125)
6.4.6	空间变换	(126)
6.5	图像融合	(129)
6.5.1	遥感图像融合的类型与方法	(131)
6.5.2	遥感图像融合效果评价	(135)
第7章	遥感图像解译	(138)
7.1	目视解译	(139)
7.1.1	基本原理	(139)
7.1.2	目视解译的原则与方法	(139)
7.1.3	目视解译的步骤	(143)
7.2	计算机自动解译	(146)
7.2.1	基本原理	(146)
7.2.2	监督分类与非监督分类	(147)
7.2.3	计算机分类的其他方法与发展趋势	(155)
7.3	图像解译误差与精度评价	(160)
7.3.1	解译误差及其特点	(161)
7.3.2	解译精度评价	(161)
第8章	高光谱遥感在植被研究中的应用	(165)
8.1	高光谱遥感的基本概念	(166)
8.2	高光谱遥感的研究现状	(168)
8.2.1	航空成像光谱仪	(168)
8.2.2	航天成像光谱仪	(170)
8.3	高光谱数据的获取与分析	(171)

8.3.1	高光谱数据的获取	(171)
8.3.2	高光谱遥感影像分析	(177)
8.4	高光谱数据的处理	(179)
8.4.1	多元统计分析技术	(179)
8.4.2	基于光谱位置(波长)变量的分析技术	(180)
8.4.3	光学模型方法	(183)
8.4.4	参数成图技术	(184)
8.5	针叶树种高光谱分析	(184)
8.5.1	光谱数据	(185)
8.5.2	分析方法	(185)
8.5.3	结果与分析	(187)
8.6	森林郁闭度信息的提取	(189)
第9章	遥感技术在林业中的应用	(191)
9.1	森林制图与森林资源调查	(191)
9.1.1	森林制图	(191)
9.1.2	森林资源调查及规划	(192)
9.2	森林资源动态监测	(194)
9.2.1	森林资源生态状况监测	(194)
9.2.2	林业生态工程监测	(194)
9.2.3	森林火灾监测预报	(196)
9.2.4	森林病虫害监测	(196)
9.2.5	森林灾害损失评估	(197)
9.3	森林生物物理参数反演	(197)
9.3.1	叶面积指数	(198)
9.3.2	光合有效辐射与吸收光合有效辐射	(199)
9.3.3	生物量	(199)
9.3.4	净初级生产力	(200)
9.4	森林生态系统碳循环模拟	(201)
9.5	森林生态系统景观格局分析	(202)
9.6	森林可视化经营	(204)
参考文献		(207)
附录	遥感中英文词汇表	(213)

第1章 绪 论

当前,科学技术迅猛发展,科技已成为促进国民经济和社会发展的决定性因素,并受到世界各国的高度重视,林业作为国民经济的重要组成部分,具有生产周期长、公益性等特点,更加需要科学技术的强力支撑。目前我国林业已从木材生产转向以生态建设为主,传统森林资源监测体系也相应地向森林资源和生态状况综合监测转移。森林资源和生态状况的综合监测属于林业信息化建设范畴,是数字林业的基础,它是直接反映生态建设和森林资源管理效果的指示剂,是国家林业部门制定林业政策的依据。因此,定期获取森林资源状况并向社会公众公布相关信息是构建生态文明建设的重要手段。

遥感技术是20世纪60年代迅速发展起来的一门新兴综合探测技术。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、地学基础上的一门综合性科学。我国幅员辽阔,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。遥感技术自20世纪70年代引入我国林业应用中以来,为我国森林资源监测和信息获取技术水平的提高做出了重要贡献,遥感数据已成为森林资源和生态状况监测的重要数据源。目前,随着以遥感技术、地理信息系统及全球定位系统为主的“3S”技术在林业中的应用,使森林资源和生态状况信息的存储、查询、更新、分析、共享和传输变得更加完善,有力地推动了森林资源监测技术的发展,节省了大量的人力物力,提高了调查效率,更好地保证了森林资源监测数据的完备性和连续性。

1.1 遥感的概念

遥感(remote sensing, RS)就字面含义可以解释为遥远的感知。它是一种远离目标,在不与目标对象直接接触的情况下,通过某种平台上装载的传感器获取来自目标地物的特征信息,然后对所获取的信息进行提取、判定、加工处理及应用分析的综合性技术。

现代遥感技术是以先进的对地观测探测器为技术手段,对目标物进行遥远感知的过程。人类通过大量实践,发现地球上每一种物质作为其固有性质都会反射、吸收、透射及辐射电磁波。物体的这种对电磁波固有的播出特性称作光谱特性(spectral characteristics)。一切物体,由于其种类及环境条件的不同,具有反射或辐射不同波长电磁波的特性。现代遥感技术即根据这个原理完成基本作业的过程:在距地面几千米、

几百千米甚至上千千米的高度上,以飞机、卫星等为观测平台,使用光学、电子学和电子光学等探测仪器,接收目标物反射、散射和发射来的电磁辐射能量,以图像胶片或数字磁带形式进行记录,然后把这些数据传送到地面接收站。最后将接收到的数据加工处理成用户所需要的遥感资料产品。

1.2 遥感的特性

(1) 空间特性(space)——视域范围大,具有宏观性

运用遥感技术从飞机或卫星上获取的地面航空相片、卫星图像,比在地球上的观察视域范围要大得多,为宏观研究地面现象及其自然规律提供了条件。航空相片不仅可提供地面景物相片,而且可供立体观察,如一张比例尺为 1:35 000 的 $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 航空相片,不仅可以表示 60km^2 的地面实况,而且可以镶嵌为连续的更大区域相片图;卫星图像的视域范围更大,如一张 Landsat 多光谱扫描图像,可以表示的地面面积为 $34\,225\text{km}^2$,相当于我国海南岛的面积。

(2) 光谱特性(spectrum)——探测波段从可见光波段向两侧延伸,扩大了地物特性的研究

遥感技术不仅可以获得地物在可见光波段的电磁波信息,还可以获得紫外、红外、微波等波段的信息,使肉眼观察不到或未被认识的一些地物特性和现象在不同波段的相片上观察到。

(3) 时相特性(phrase)——能够瞬间成像和周期成像,有利于动态监测和研究

通过对比不同时期的成像资料,可以研究地物的现状和动态变化,如及时发现森林火灾、农作物病虫害、洪水、污染、地震、火灾等灾害的前兆等,为灾害预报预测提供科学依据。

1.3 遥感的发展概况

1.3.1 国外遥感技术发展概况

遥感作为一门综合技术,是美国海军研究局的艾弗林·普鲁伊特(E. L. Pruitt)在 1960 年提出来的。1961 年,艾弗林·普鲁伊特在美国国家科学院和国家研究理事会的支持下,在密歇根大学召开了“环境遥感国际讨论会”,此后,在世界范围内,遥感作为一门独立的新兴学科,获得了飞速的发展。但是,遥感学科的技术积累和酝酿却经历了几百年的历史和发展阶段。

(1) 无记录的地面遥感阶段(1608—1838 年)

1608 年,汉斯·李波尔赛制造了世界上第一架望远镜,1609 年伽利略制作了放大倍数 3 倍的科学望远镜,从而为观测远距离目标奠定了基础,促进了天文学的发展,开创了地面遥感新纪元。但仅仅依靠望远镜观测是不能把观测到的事物用图像的方式记录下来。

(2) 有记录的地面遥感阶段(1839—1857 年)

对遥感目标的记录与成像, 开始于摄影技术的发明, 并与望远镜相结合发展为远距离摄影。1849 年, 法国人艾米·劳塞达特(Aime Laussedat)制订了摄影测量计划, 成为有目的有记录的地面遥感发展阶段的标志。

(3) 空中摄影遥感阶段(1858—1956 年)

1858—1903 年间, 先后出现采用系留气球、载人升空热气球、捆绑在鸽子身上的微型相机、风筝等拍摄的试验性的空间摄影。1903 年, 莱特兄弟发明了飞机, 促进了航空遥感向实用化飞跃, 此后各国进行了一系列航空摄影, 摄影测绘地图问题得到重视。第一次世界大战推动了航空摄影的规模发展, 相片判读、摄影测量水平也获得极大提高。1930 年起, 美国的农业、林业、牧业等许多政府部门都采用航空摄影并应用于制定规划。第二次世界大战前期, 德、英、美、苏各国航空摄影对军事行动的决策起到了重要作用。二次大战中微波雷达的出现及红外技术在军事侦察中的应用, 使遥感探测的电磁波谱范围得到了扩展。二次大战及其以后, 遥感著作与期刊的不断涌现, 为以后遥感发展成为独立的学科奠定了理论基础。

(4) 航天遥感阶段(1957 年至今)

1957 年 10 月 4 日, 苏联第一颗人造地球卫星的发射成功, 标志着人类从地球空间观测阶段进入到宇宙奥秘探索阶段的新纪元。真正从航天器上对地球进行长期观测是从 1960 年美国发射 TIROS-1 和 NOAA-1 太阳同步气象卫星开始的。航天遥感的重大进展主要表现在以下几方面:

①遥感平台方面 除航空遥感已成业务运行外, 航天平台也形成系列。有飞出太阳系的“旅行者”1 号、2 号等航空平台; 也有以空间轨道卫星为主的航天平台, 包括载人空间站、空间实验室、返回式卫星以及穿梭于大气层与地球的航天飞机(Space shuttle)。在空间轨道卫星中, 有与太阳、地球同步的轨道卫星, 也有低轨和变轨卫星; 有综合目标的大型卫星, 也有专题目的小型卫星群。不同高度、不同用途的卫星构成了对地球和宇宙空间的多度角、多周期观测。

②传感器方面 探测的波段覆盖范围不断延伸, 波段的分割愈来愈精细, 从单一谱段向多谱段发展, 成像光谱技术的出现把探测波段由几百个推向上千个及以上; 成像雷达获取的信息也向多频率、多角度、多分辨率、多极化方向发展; 激光测距与遥感成像的结合使三维实时成像成为可能。此外, 随着多探测技术的集成, 遥感的发展日趋成熟, 如雷达、多光谱成像与激光测高、GPS 的集成使实时测图成为可能。随着探测技术的发展, 集成度将更高。

③遥感信息处理方面 全数字化、可视化、智能化和网络化技术迅速发展。信息提取、模式识别等方面不断引入相邻学科的信息处理技术, 如分形理论、小波变换、人工神经网络等方法的运用使遥感信息的处理更趋智能化, 结构信息、多源遥感数据与非遥感数据的结合也得到重视和发展。今后, 遥感信息处理仍将是遥感领域的关键技术之一。

④遥感应用方面 经过近 40 多年的发展, 遥感已广泛渗透到国民经济的各个领域, 对推动社会进步起到了重大作用。在外层空间探测与对地观测方面遥感技术更是