

普通高等教育“十二五”规划教材

遥感原理与应用

主编 周廷刚

副主编 何 勇 杨 华 罗红霞

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在介绍遥感基本概念与特点的基础上,从遥感物理基础、遥感平台、传感器、遥感影像及其特征等几方面讲述了遥感信息获取原理、主要遥感信息源的基本参数与信息特点,然后简要论述了遥感图像处理的主要方法以及遥感图像目视解译的基本内容与方法。针对数字图像处理发展的特点,对遥感数字图像计算机解译的原理、基本方法、精度评价等内容进行了阐述。同时,对遥感制图的基本内容、遥感的典型应用以及高光谱遥感进行了介绍。在全书的组织体系上,既介绍遥感的基本内容,又注重反映现代遥感技术的最新成果与发展动态,并结合社会发展与经济建设实际,反映遥感应用内容,力求结构合理、体系完整、内容丰富。

本书可作为地理科学类、测绘类、自然保护与环境生态类、地质类、林学类专业以及水利、农业、资源类专业的本科生教材,也可作为相关专业硕士研究生和从事遥感、地理信息科学教学、科研和生产技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

遥感原理与应用/周廷刚主编. —北京:科学出版社, 2015. 1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-043003-8

I. ①遥… II. ①周… III. ①遥感技术-高等学校-教材 IV. ①TP7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 008317 号

责任编辑:杨 红/责任校对:蒋 萍
责任印制:霍 兵/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年1月第一次印刷 印张:15

字数:355 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《遥感原理与应用》 编写委员会

主 编：周廷刚(西南大学)

副主编：何 勇(重庆交通大学)

杨 华(重庆师范大学)

罗红霞(西南大学)

编 委(按姓氏笔画排序)：

史 展(西南大学)

刘 睿(重庆师范大学)

许 斌(内江师范学院)

牟风云(重庆交通大学)

孙晨阳(西南大学)

李成范(上海大学)

李 军(重庆师范大学)

杨 俨(西南大学)

盛耀彬(西南大学)

前 言

遥感是在 20 世纪 60 年代兴起并迅速发展起来的一门综合性对地观测技术, 尤其是 90 年代以来在我国得到蓬勃发展。半个多世纪以来, 遥感技术在理论和应用方面都得到了迅速发展, 在全球变化监测、资源调查与勘探、环境监测与保护、气候研究与气象预报、城乡规划、农作物估产、防灾减灾以及国防建设等诸多领域显示了极大的优越性; 扩展了人们的观测视野及研究领域, 形成了对地球资源和环境进行探测和监测的立体观测体系; 揭示了地球表面各要素的空间分布特征与时空变化规律, 已成为地球科学、资源环境科学以及生态学等学科的基本支撑技术, 并逐渐融入现代空间信息技术的主流, 成为信息科学的重要组成部分。

遥感技术在国民经济与社会发展中发挥着越来越重要的作用, 日益为人们所重视, 各高校纷纷开设遥感技术类课程以满足社会对遥感日益增长的需要, 所开专业涉及地理、地质、土地、林业、农业、环境、海洋、矿业、测绘、军事等。现在, 遥感已经成为这些领域的必修课和主干课, 在遥感教学中及时更新和完善教学内容是遥感科学教学工作者义不容辞的责任和义务。鉴于此, 我们组织编写了《遥感原理与应用》一书, 作为高等院校相关专业遥感概论课程教材, 以期将遥感的基本原理、处理方法、应用前景等展现给广大读者。在编写过程中, 重点阐述遥感的基本原理、主要遥感平台、传感器及其遥感影像特征、遥感数据处理、目视解译与计算机解译、制图以及遥感应用基本内容, 注重遥感技术发展及其前沿, 加强遥感数据计算机处理及其信息分析方法, 强调遥感数据的信息理念, 以满足教学需要, 为学生今后更进一步深入学习和工作打下坚实基础。

本书主要面向遥感初学者, 因此在内容上着重于遥感基本原理和方法的介绍。由于遥感的应用非常广泛, 教材不能面面俱到, 所以只讲解遥感的主要应用方面, 讲授时可根据自己的科研经验给予补充。

本书由多所院校教师合作编写。全书由周廷刚、罗红霞共同拟定编写提纲, 最后由周廷刚统稿、定稿。具体编写分工为: 第一章绪论, 李成范、盛耀彬; 第二章遥感物理基础, 刘睿、杨华、盛耀彬; 第三章遥感平台, 周廷刚; 第四章遥感传感器, 周廷刚、盛耀彬; 第五章遥感影像及其特征, 周廷刚、杨俨、孙晨阳; 第六章遥感图像处理, 何勇; 第七章遥感图像目视解译, 许斌、罗红霞; 第八章遥感数字图像计算机解译, 李军、杨华、刘睿; 第九章遥感专题制图, 牟风云、何勇; 第十章遥感应用, 史展、牟风云、何勇、盛耀彬、罗红霞; 第十一章高光谱遥感及其应用, 罗红霞。

在编写过程中, 硕士研究生朱晓波、欧阳华璘、杨婷等同学协助收集、整理国内外资料、图表, 并做了一些插图编辑和文字校对工作。

本书得到科学出版社普通高等教育“十二五”规划教材专家组的审定与支持, 同时得到了重庆市教育委员会教学改革项目(1203114)、西南大学教学改革重点项目(2010JY004、2012JY003)和西南大学质量工程项目的资助。中国矿业大学测绘遥感与地理信息专家郭达志教授、电子科技大学何彬彬教授、北京师范大学陈云浩教授、南京大学杜培军教授、西南

大学王建力教授、杨庆媛教授、沈敬伟副教授、陈萍博士等对本书的编写提出了不少建设性建议，并给予了多方面的关心和指导。在此一并致以衷心的感谢。

本书是我们在长期教学实践过程中所编写的教学讲义的基础上，进一步修订而成。在编写过程中，参考了国内外大量优秀教材、专著、研究论文等文献和相关网站资料，在此我们表示衷心的感谢。虽然作者试图在参考文献中全部列出，但仍难免有疏漏之处，对未能在参考文献中列出的文献，在此表示深深的歉意。本书虽几易其稿，但疏漏之处仍在所难免，我们诚挚希望各位同行专家和读者提出宝贵意见和建议。由于遥感技术的迅速发展和编者水平的限制，本书也许不能全面反映最新成果，内容和体系尚存缺点和不完善之处，恳请读者批评指正并提出宝贵意见，以便我们以后修订完善。

作者

2014年10月

目 录

前言		二、体散射	42
第一章 绪论	1	三、强散射	43
第一节 遥感的基本概念	1	第三章 遥感平台	44
一、广义的遥感	1	第一节 遥感平台的类型	44
二、狭义的遥感	1	一、地面平台	45
第二节 遥感的类型与特点	2	二、航空平台	45
一、遥感的类型	2	三、航天平台	46
二、遥感的特点	5	第二节 遥感平台的姿态	48
第三节 遥感过程与遥感技术系统	7	一、遥感平台的姿态	48
一、遥感过程	7	二、遥感平台姿态的测定	49
二、遥感技术系统	8	第三节 遥感卫星轨道及其类型	49
第四节 遥感发展简史	11	一、卫星轨道类型	49
一、国外遥感发展简史	11	二、地球同步轨道	50
二、中国遥感事业的发展	13	三、太阳同步轨道	50
三、微波遥感的发展	16	第四章 遥感传感器	52
第二章 遥感物理基础	18	第一节 传感器概述	52
第一节 电磁波谱与电磁辐射	18	一、传感器类型	52
一、电磁波及其性质	18	二、传感器的组成	53
二、电磁波谱	19	三、传感器的性能	54
三、电磁辐射的度量	21	第二节 摄影型传感器	57
四、电磁辐射源	22	一、单镜头框幅式摄影机	58
第二节 物体的发射辐射特征	25	二、缝隙式摄影机	59
一、黑体辐射	25	三、全景摄影机	59
二、实际物体的发射辐射	27	四、多光谱摄影机	59
第三节 物体的反射辐射特征	29	第三节 扫描型传感器	61
一、地物的反射率与反射波谱	29	一、光机扫描仪	61
二、典型地物的反射波谱特性	31	二、推帚式扫描仪	65
三、影响地物反射率变化的主要因素	33	三、成像光谱仪	67
第四节 大气对太阳辐射的影响	35	第四节 微波成像类传感器	69
一、大气结构与大气成分	35	一、微波遥感的特点	69
二、大气对太阳辐射的影响	36	二、微波遥感方式和成像类传感器	70
三、大气窗口	39	第五章 遥感影像及其特征	72
第五节 微波的散射特性	40	第一节 航空摄影及其影像特征	72
一、面散射	41	一、航空摄影类型	72

二、航空像片的几何特性	74	二、目视解译原则与方法	143
三、航空像片的立体观察与立体量测	79	三、目视解译的基本步骤	146
第二节 陆地卫星及其影像特征	82	第三节 典型遥感图像目视解译	147
一、Landsat 卫星系列	82	一、单波段(全色)图像的解译	147
二、SPOT 卫星系列	89	二、多光谱图像的解译	148
三、高空间分辨率陆地卫星	94	三、热红外图像的解译	149
四、中国地球资源卫星	97	四、多时相图像的解译	149
第三节 气象卫星	99	第八章 遥感数字图像计算机解译	151
一、气象卫星类型	99	第一节 基础知识	151
二、气象卫星观测内容及特点	100	一、遥感数字图像的基本概念及其特点	151
三、美国 NOAA 卫星	101	二、遥感数字图像计算机解译与模式识别	152
四、中国气象卫星	102	三、光谱特征空间	153
第四节 海洋卫星	105	四、特征变换	155
一、海洋卫星的类型	105	五、特征选择	155
二、中国的海洋卫星	106	六、特征提取	157
三、海洋卫星的发展趋势	106	第二节 非监督分类	158
第六章 遥感图像处理	108	一、非监督分类的特点	158
第一节 遥感图像处理基本概念	108	二、非监督分类方法	158
一、光学处理与数字处理	108	三、非监督分类的主要步骤	160
二、数字图像	108	第三节 监督分类	160
三、灰度直方图	110	一、监督分类过程	161
第二节 遥感数字图像校正	111	二、监督分类方法	161
一、几何校正	111	三、监督分类特点与训练样区的选择	163
二、辐射校正	114	第四节 遥感数字图像计算机分类的	
三、去除噪声	116	其他问题	165
第三节 数字图像增强	117	一、监督分类与非监督分类的区别	165
一、空间域增强	117	二、监督分类与非监督分类的集成	165
二、频率域增强	122	三、影响遥感图像分类的主要因素	166
三、彩色增强	123	四、非光谱信息在遥感图像分类中的应用	167
四、图像运算	126	第五节 计算机解译的其他方法	168
五、多光谱增强	128	一、模糊聚类法	168
第七章 遥感图像目视解译	131	二、人工神经网络分类法	168
第一节 遥感图像目视解译原理	131	三、专家系统分类法	169
一、遥感图像目标地物特征	131	四、支持向量机分类法	169
二、遥感图像目视解译标志	133	第六节 分类精度的评价	170
三、影响地物特征及其解译的因素	139	一、精度的相关概念和意义	170
第二节 遥感图像目视解译方法与步骤	141	二、分类误差的来源及特征	171
一、遥感资料准备	141		

三、精度评价方法	172	二、大气环境遥感	206
第九章 遥感专题制图	176	三、水体环境遥感	208
第一节 遥感专题信息提取	176	四、陆地环境遥感	209
一、制图数据源与比例尺的选择	176	第五节 灾害遥感	210
二、影像解译	176	一、地质灾害遥感	210
三、遥感专题信息提取技术	177	二、洪灾遥感	211
四、遥感专题信息提取模型	179	三、火灾遥感	212
第二节 遥感专题制图方法	181	第六节 农业遥感	213
一、资料的收集和分析	182	一、农业资源调查	213
二、遥感专题地图设计	183	二、农作物长势监测	214
第十章 遥感应用	189	三、农作物产量估算	214
第一节 遥感应用模式与流程	189	四、农作物生态环境监测	215
一、遥感应用的基本模式	189	五、农业灾害监测	215
二、遥感应用技术流程	191	第十一章 高光谱遥感及其应用	216
第二节 资源遥感	192	第一节 高光谱遥感基础	216
一、资源遥感概述	192	一、地物光谱特性	216
二、水资源遥感	193	二、高光谱图像预处理	216
三、土地资源遥感	195	第二节 高光谱图像处理技术	218
四、林业资源遥感	197	一、高光谱图像分类技术	218
第三节 城市遥感	199	二、定量遥感基础	223
一、城市遥感概述	199	第三节 高光谱遥感的应用	225
二、城市主要地物特性	200	一、高光谱遥感在地质调查中的应用	225
三、城市遥感主要信息处理方法	202	二、高光谱遥感在植被和生态研究中的应	
四、城市遥感的应用	202	用	226
五、城市遥感的发展前景	204	三、高光谱遥感在其他领域中的应用	227
第四节 环境遥感	206	主要参考文献	228
一、环境遥感的发展	206		

第一章 绪 论

遥感技术是 20 世纪 60 年代兴起并迅速发展起来的一门综合性探测技术，它是建立在现代物理学(光学、红外线技术、微波技术、激光技术、全息技术等)、空间技术、计算机技术以及数学方法和地学规律基础之上的一门新兴科学技术。遥感的功能价值引起了许多学科和部门的重视，特别是在资源勘察、环境管理、全球变化、动态监测等方面获得越来越广泛的应用，极大地扩展了人们的观测视野及研究领域，形成了对地球资源和环境进行探测和监测的立体观测体系，揭示了地球表面各要素的空间分布特征与时空变化规律，并成为信息科学的重要组成部分。

第一节 遥感的基本概念

遥感(remote sensing, RS)，顾名思义，遥远的感知，泛指一切无接触的远距离探测。遥感在不同的学科有着不同的定义。根据全国科学技术名词审定委员会对遥感的定义，在测绘学中，遥感被定义为不接触物体本身，用传感器收集目标物的电磁波信息，经处理、分析后，识别目标物，揭示其几何、物理性质和相互关系及其变化规律的现代科学技术；在地理学中，遥感被定义为非接触的、远距离的探测技术，一般指运用传感器对物体的电磁波的辐射、反射特性的探测，并根据其特性对物体的性质、特征和状态进行分析的理论、方法和应用的科学技术。尽管遥感的定义种类较多，但是目前国内广泛采用的定义为：遥感是在远离探测目标处，使用一定的空间运载工具和电子、光学仪器，接收并记录目标的电磁波特性，通过对电磁波特性进行传输、加工、分析和识别处理，揭示出物体的特征性质及其变化的综合性探测技术。

从定义来看，遥感有广义和狭义之分。

一、广义的遥感

广义的遥感是指各种非直接接触、远距离探测目标的技术，往往是通过间接手段来获取目标状态信息。例如，遥感主要根据物体对电磁波的反射和辐射特性来对目标进行信息采集，包括利用声波、电磁场和地震波等。但在实际工作中，只有电磁波探测属于遥感范畴。

而大不列颠百科全书对遥感的定义为：不直接接触物体本身，从远处通过探测仪器接收来自目标物体的信息(电场、磁场、电磁波、地震波)，经过一定的传输和处理分析，以识别目标物体的属性及其分布等特征的技术。遥感不仅可以将地球的大气圈、生物圈、水圈、岩石圈作为观察对象，也可以扩大到地球以外的外层空间。

二、狭义的遥感

狭义的遥感是指利用安装在遥感平台(remote sensing platform)上的可见光、红外、微波等各种传感器(remote sensor)，通过摄影、扫描等方式，从高空或远距离甚至外层空间接

收来自地球表层或地表以下一定深度各类地物发射或反射的电磁波信息，并对这些信息进行加工处理，进而识别出地表物体的性质和运动状态。

遥感技术的基础是电磁波，并由此判读和分析地物目标和现象。因此，从电磁波的角度，狭义的遥感还可以看作是一种通过利用和研究物体所反射或辐射电磁波的固有特性，达到识别物体及其环境的技术。

第二节 遥感的类型与特点

一、遥感的类型

遥感技术因为应用领域广，涉及学科多，不同领域的研究人员所持立场不同，所以对遥感的分类方法也不同。但总的来讲主要有以下几种类型。

1. 根据遥感平台分类

遥感平台是指搭载传感器的工具，主要包括人造地球卫星、航天飞机、无线电遥控飞机、气球、地面观测站等。表 1.1 中列出了遥感中常用到的平台及高度和使用目的。根据传感器的运载工具和遥感平台的不同，遥感可以分为地面遥感、航空遥感、航天遥感和航宇遥感。

表 1.1 常见的遥感平台

遥感平台	高度	目的、用途	其他
静止轨道卫星	36000km	定点地球观测	气象卫星(FY-2、GMS等)
圆轨道(地球观测)卫星	500~1000km	定期地球观测	Landsat、SPOT、MOS等
航天飞机	240~350km	不定期地球观测空间实验	
超高度喷气飞机	10~12km	侦查、大范围调查	
中低高度飞机	500~8000m	各种调查、航空摄影测量	
无线电遥控飞机	500m以下	各种调查、摄影测量	飞机、直升机
气球	800m以下	各种调查	
吊车	5~50m	地面实况调查	
地面测量车	0~30m	地面实况调查	车载升降台

地面遥感：将传感器设置在地面平台之上，常用的遥感平台有车载、船载、手提、固定和高架的活动平台，包括汽车、舰船、高塔、三脚架等。地面遥感是遥感的基础阶段。

航空遥感：将传感器设置在飞机、飞艇、气球上面，从空中对地面目标进行遥感。主要遥感平台包括飞机、气球等。

航天遥感：将传感器设置在人造地球卫星、宇宙飞船、航天飞机、空间站、火箭上面，从外层空间对地物目标进行遥感。航天遥感和航空遥感一起构成了目前遥感技术的主体。

航宇遥感：将星际飞船作为传感器的运载工具，从外太空对地-月系统之外的目标进行遥感探测。主要遥感平台包括星际飞船等。

2. 根据传感器的探测波段分类

根据传感器所接收的电磁波谱(也称光谱)不同,可以分为以下五种。

紫外遥感:探测波段在 $0.05\sim 0.38\mu\text{m}$, 主要集中探测目标地物的紫外辐射能量,目前对其研究较少。

可见光遥感:探测波段在 $0.38\sim 0.76\mu\text{m}$, 主要收集和记录目标地物反射的可见光辐射能量,常用的传感器主要有扫描仪、摄影机、摄像仪等。

红外遥感:探测波段在 $0.76\sim 1000\mu\text{m}$, 主要收集和记录目标地物辐射和反射的红外辐射能量,常用的传感器有扫描仪、摄影机等。

微波遥感:探测波段在 $1\text{mm}\sim 1\text{m}$, 主要收集和记录目标地物辐射和反射的微波能量,常用的传感器有扫描仪、雷达、高度计、微波辐射计等。

多波段遥感:探测波段在可见光波段和红外波段范围内,把目标地物辐射的电磁辐射细分为若干窄波段,同时得到一个目标物不同波段的多幅图像。常用的传感器有多光谱扫描仪、多光谱摄影机和反束光导管摄像仪等。

3. 按工作方式分类

根据传感器工作方式不同,遥感可以分为主动遥感和被动遥感。

主动遥感:传感器主动发射一定电磁能量并接收目标地物的后向散射信号的遥感方式,常用的传感器包括侧视雷达、微波散射计、雷达高度计、激光雷达等。

被动遥感:指传感器不向目标地物发射电磁波,仅被动接收目标地物自身辐射和对自然辐射源的反射能量,因此被动遥感也被称为他动遥感、无源遥感。

4. 按数据的显示形式分类

根据数据的显示形式不同,遥感可以分为成像遥感和非成像遥感。

成像遥感:是指传感器接收的目标电磁辐射信号可以转换为图像,电磁波能量分布以图像色调深浅来表示,主要包括数字图像和模拟图像两种类型。

非成像遥感:是指传感器接收的目标地物电磁辐射信号不能转换成图像,最后获取的资料为数据或曲线图,主要包括光谱辐射计、散射计和高度计等。

5. 按波段宽度和波谱连续性划分

按成像波段宽度以及波谱的连续性,可以划分为高光谱遥感和常规遥感两种类型。

高光谱遥感(hyperspectral remote sensing):是利用很多狭窄的电磁波波段(波段宽度通常小于 10nm)产生光谱连续的图像数据。

常规遥感:又称宽波段遥感,波段宽度一般大于 100nm ,且波段在波谱上不连续。例如,一个 TM(thematic mapper, 专题制图仪)波段内只记录一个数据点,而用机械可见光/红外成像光谱仪(airborne visible infrared imaging spectrometer, AVIRIS)记录这一波段范围的光谱信息需用 10 个以上数据点。

6. 按遥感的应用领域分类

宏观上,按遥感的应用领域可分为外层空间遥感、大气层遥感、陆地遥感和海洋遥感等。

微观上,即从遥感的具体应用领域来分,可分为资源遥感、环境遥感、林业遥感、渔业遥感、城市遥感、农业遥感、水利遥感、地质遥感、军事遥感等。这里重点介绍资源遥感和环境遥感。

资源遥感是指以地球资源作为调查研究对象的遥感方法和实践。其中，调查自然资源状况和监测再生资源的动态变化，是遥感技术应用的主要领域之一。利用遥感信息勘测地球资源，成本低、速度快，能有效克服自然界环境恶劣的影响，大大提高工作效率。

环境遥感是指利用各种遥感技术对自然与社会环境的动态变化进行监测、评价或预报。由于人口的增长与资源的开发、利用和自然社会环境都在发生变化，利用多源、多时相遥感信息能够迅速为环境监测、评价和预报提供可靠的技术支撑。

7. 按遥感应用的空间尺度分类

根据遥感应用的空间尺度大小，遥感可以划分为全球遥感、区域遥感和城市遥感等类型。

全球遥感是指利用遥感全面系统地研究全球性资源与环境问题，主要针对由于自然和人为因素造成的全球性环境变化以及整个地球系统行为。全球遥感是研究地球系统各组成部分之间的相互作用及发生在地球系统内的物理化学和生物过程之间的相互作用的一门新兴学科。

区域遥感是指以区域资源开发和保护为目的的遥感信息工程，主要针对区域规划和专题信息提取的遥感行为。一般情况下，通常根据行政区划和自然区划范围进行划分。虽然区域遥感的研究区域相对全球遥感小，但是其应用性与人类的关系更为紧密。

城市遥感是指以城市生态环境作为主要调查对象的遥感工程。城市作为一个地区的物质流、能量流和信息流的枢纽中心，往往需要借助于遥感技术来对城市绿地、城市空间形态、城市热岛效应以及大气污染等方面进行动态监测。

近年来，还出现了一种新型的激光遥感技术。激光遥感是指运用紫外、可见光和红外的激光器作为遥感仪器进行对地观测的遥感技术，属于主动式遥感。地面激光扫描仪和配套的专业数码照相机融合了激光扫描和遥感等技术，可以同时获取三维点云(point cloud)和彩色数字图像(color image)两种数据，扫描精度达到5~10mm。激光遥感是高效率空间数据获取方面的研究热点所在，目前，广泛应用于古代建筑重建与城市三维景观、虚拟现实和仿真、资源调查和灾害管理等方面。

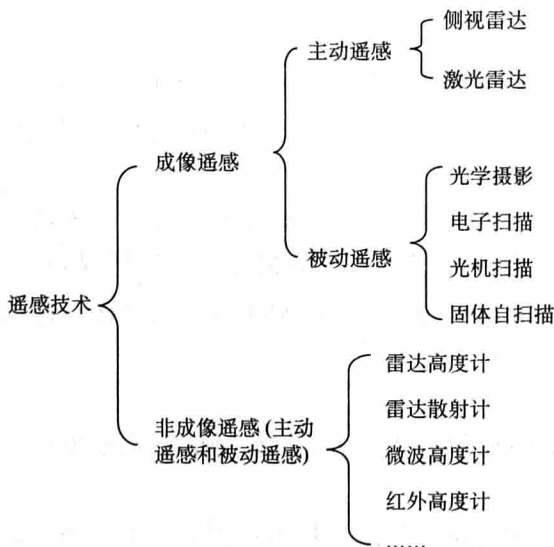


图 1.1 遥感技术分类

目前，较统一的遥感技术分类如图 1.1 所示。首先，按照传感器记录方式的不同，把遥感技术划分为成像遥感和非成像遥感两大类；其次，根据传感器工作方式不同，把成像遥感和非成像遥感划分为主动遥感和被动遥感两种；最后，把主动遥感和被动遥感按照各自成像方式和各自特点进一步划分。例如，主动遥感中的侧视雷达又可以分为真实孔径雷达(real aperture radar, RAR)和合成孔径雷达(synthetic aperture radar, SAR)；光学摄影成像分为框幅摄影机、缝隙摄影机、全景摄影机、多光谱摄影机；电子扫描成像分为 TV 摄像机、扫描仪、电荷耦合器件(charge-coupled device, CCD)。

二、遥感的特点

1. 遥感的优点

遥感作为一门综合性的对地观测技术，具有其他技术手段与之无法比拟的优势，主要包括以下方面。

(1) 空间覆盖范围广阔，有利于同步观测

遥感的空间覆盖范围非常广阔，可以大面积的同步观测。遥感平台越高，视角越宽广，可以同步观测到的地面范围也越大。当航天飞机和卫星在高空对地球表面目标进行遥感观测时，所获取的卫星图像要比近地面航空摄影所获取的视场范围大得多，并且不受目标地物周围的地形影响。

目前，已发现的地球表面目标物的宏观空间分布规律，往往是借助于航天遥感来发现的。例如，一幅美国 Landsat TM 影像，覆盖面积为 $185\text{km} \times 185\text{km}$ ，覆盖我国全境仅需 500 余张影像即可；MODIS 卫星图像的覆盖范围更广，一幅图像可覆盖地球表面的 $1/3$ ，能够实现更宏观的同步观测。

(2) 光谱覆盖范围广，信息量大

遥感技术的探测波段范围包括紫外、可见光、红外、微波和多光谱等，可以实现从可见光到不可见光全天候监测。不但可以用摄影方式获得信息，而且还可以用扫描方式获取信息。遥感所获取的地物电磁波信息数据综合反映了地球表面许多人文、自然现象。红外线能够探测地表温度的变化，并且红外遥感可以昼夜探测；微波具有穿透云层、冰层和植被的能力，可以全天候、全天时地进行探测。因此，遥感所获取的信息量远远超过了常规传统方法所获得的数据量。

(3) 时效性强

获取信息速度快，周期短，具有动态和连续监测能力。遥感能动态反映地面事物的变化，尤其是航天遥感，可以在短时间内对同一地区进行重复性、周期性的探测，有助于人们通过所获取的遥感数据，发现并动态地跟踪地物目标的动态变化。不同高度的遥感平台，其重复观测的周期不同。太阳同步轨道卫星可以每天 2 次对地球上同一地区进行观测。例如，NOAA 气象卫星和我国的风云(FY)系列气象卫星可以探测地球表面大气环境的短周期变化。美国 Landsat、法国 SPOT 和中巴合作生产的 CBERS(中巴地球资源卫星)等地球资源卫星系列分别以 16 天、26 天和 4~5 天为周期对同一地区重复观测，以获得一个重访周期内的地物表面的目标变化数据。同时，遥感还被用来研究自然界的变化规律，尤其是在监测天气状况、自然灾害、环境污染等方面，充分体现了其优越的时效性。

目前，随着遥感技术的快速发展，遥感还呈现出以下特点。

(1) 高空间分辨率

ETM+ 卫星影像空间分辨率最高可达 15m，SPOT-6 卫星影像空间分辨率全色波段现在最高可达 1.5m，多光谱波段达 6m；IKONOS 影像数据分辨率可达 1m 和 4m；QuickBird 影像数据空间分辨率最高可达 0.61m；而中国的资源三号卫星正视相机空间分辨率可达 2.1m，多光谱数据可达 6m。

(2) 高光谱分辨率

光谱分辨率在 $10^{-2}\lambda$ 的遥感信息为高光谱遥感，其光谱分辨率高达纳米(nm)数量级，

在可见光到近红外光谱区,光谱通道往往多达数十甚至数百个。例如,机载的成像光谱仪整个波段数可达到256个波段。随着光谱分辨率的进一步提高,当光谱分辨率达到 $10^{-3}\lambda$ 时,高光谱遥感就进入了超高光谱遥感(ultraspectral remote sensing)领域。

(3) 高时间分辨率

不同高度的遥感平台其重复观测的周期不同,地球同步轨道卫星和风云二号(FY-2)气象卫星可以每30分钟对地观测一次,NOAA气象卫星和风云一号(FY-1)气象卫星可以每天2次对同一地区进行观测。这种卫星可以探测地球表面大气环境在一天或几小时之内的短期变化。而传统的地面调查则需大量的人力、物力,用几年甚至几十年时间才能获得地球上大范围地区动态变化的数据。

此外,与传统方法相比,遥感还具有以下优点:①受地球限制条件少,能获取地球表面自然条件恶劣、地面工作难以展开地区的信息;②经济性,可以大大节省人力、物力、财力和时间,具有很高的经济效益和社会效益;③数据的综合性,遥感探测所获取的是同一时段、覆盖大范围地区的遥感数据,综合展现了地球上许多自然与人文现象,宏观反映了地球上各种事物的形态与分布,全面揭示了地理事物之间的关联性;④遥感数据的可比性,由于遥感的探测波段、成像方式、成像时间、数据记录等均可按照要求设计,并且新的传感器和信息记录都可向下兼容,所以其获得的数据具有同一性和可比性。

2. 当前遥感技术的局限性

目前,遥感技术正在不断地向高光谱、高空间分辨率和高时间分辨率的方向发展。虽然遥感技术具有其他技术不可替代的优势,但是仍存在一定的不足之处,主要表现在以下方面。

(1) 遥感技术本身的局限性

由于地球表面和传感器的复杂性,遥感技术自身也存在一定的局限性。

第一,传感器的定标、遥感数据的定位、遥感传感器的分辨力等存在一定的局限,这就需要在实际应用中,采取针对性措施减少遥感技术的局限带来的问题。

第二,遥感技术在电磁波谱中仅反映地物从可见光到微波波段电磁波谱的辐射特性,而不能反映地物的其他波谱段特性。因此,它不能代替地球物理和地球化学等方法,但它可与其集成,发挥信息互补效应。

第三,遥感主要利用电磁波对地表物体特性进行探测,目前遥感技术仅仅是利用其中一部分波段范围,许多电磁波有待开发,且在已经利用的这一部分电磁波光谱中,并不能准确地反映地物的某些细节特征。

第四,遥感所获取的是地表各要素的综合光谱,主要反映地物的群体特性,并不是地物的个体特性,细碎的地物和地物的细节部分并不能得到很好地反映。

第五,卫星遥感信息主要反映的是近地表面的现象、区域和运动状态等。这一局限性与人类在地球科学和其他科学研究中不断向地下深处发展之间产生了矛盾。这一矛盾使得遥感技术在不同行业和领域的应用程度可能会因应用领域的深入而受到影响。

第六,卫星遥感信息获取过程的确定性与信息应用反演时的不确定性产生了明显的矛盾,使卫星遥感技术在各领域的深入应用受到一定的影响。

(2) 工作量大,周期长

一般来说,遥感图像的自动解译要比人工目视解译误差大,精度也较低,但是如果全部

采用人工目视解译,则工作量较大,周期也较长。此外,遥感应用中通常需要地物的社会属性,但是遥感技术并不能直接获取地物的社会属性,仅能通过实地调查等间接手段来获取,同样也存在较大的工作量和较长的周期。

(3) 现有遥感图像处理技术不能满足实际需要

遥感图像解译后获得的往往是对地物的近似估计信息,这就导致解译的信息与地物实际状况之间存在一定的误差。此外,由于同一地物在不同时间、不同地点和不同天气状况下的反射率并不完全相同,因此同一遥感传感器获取的地物信息也并不相同。一方面,由于遥感数据的复杂性,使得数据挖掘技术等遥感信息提取方法并不能满足遥感快速发展的要求,导致大量的遥感数据信息无法有效利用;另一方面,遥感图像的自动识别、专题信息提取以及遥感定量反演地学参数的能力和精度等,还不能达到完全满足实际应用的需要。

(4) 易受天气条件影响

由于大气对电磁波的吸收和散射作用以及大气辐射传输模型不确定等因素,天气条件显著地影响遥感数据质量。例如,大雾、浓云等天气条件下,可见光遥感就会受到很大的限制,遥感数据质量会较差。

(5) 遥感数据共享和集成难度较大

由于各国获取遥感数据的难易程度不一,且不同的应用领域都有针对性较强的遥感数据需求,这就使得遥感数据在数据共享方面存在一定的难度。此外,遥感作为一种非常有效的数据获取手段,还需要与地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)和专家系统(ES)进行集成,构建多功能型遥感信息技术,提高遥感应用的精度。

第三节 遥感过程与遥感技术系统

一、遥感过程

一个完整的遥感过程通常包括信息的收集、接收、存储、处理和应用等部分(图 1.2)。遥感之所以能够根据收集到的电磁波信息来识别地物目标,是因为有信息源的存在。信息源是遥感探测的依据,任何物体都具有发射、反射和吸收电磁波的特性,目标地物与电磁波之间的相互作用构成物体的电磁波特性。因此,遥感技术主要是建立在物体辐射或反射电磁波的原理之上。目标物体的电磁波特性由传感器来获取,通过返回舱或微波天线传至地面接收站。地面接收站将接收到的信息进行存储和处理,转换成用户可以使用的各种数据格式。用户再按照不同的应用目的对这些信息进行分析处理,以达到遥感应用的目的。

1. 信息收集

信息收集是指利用遥感技术装备接收、记录地物电磁波特性,并将接收到的地物反射或发射的电磁波转化为电信号的过程。目前最常用的遥感技术装备包括遥感平台和传感器。常用的遥感平台有地面平台、气球、飞机和人造卫星等;传感器是用来探测目标物电磁波特性的仪器设备,常用的有照相机、扫描仪和成像雷达等。

2. 信息接收与存储

传感器将接收到的地物电磁波信息记录在数字磁介质或胶片上。其中,胶片由人或回收仓送回地球,而数字磁介质上记录的信息可以通过传感器上携带的微波天线传输到地面接收站。卫星遥感影像的接收、储存在卫星地面接收站完成。收集的数据通过数/模转换变成数

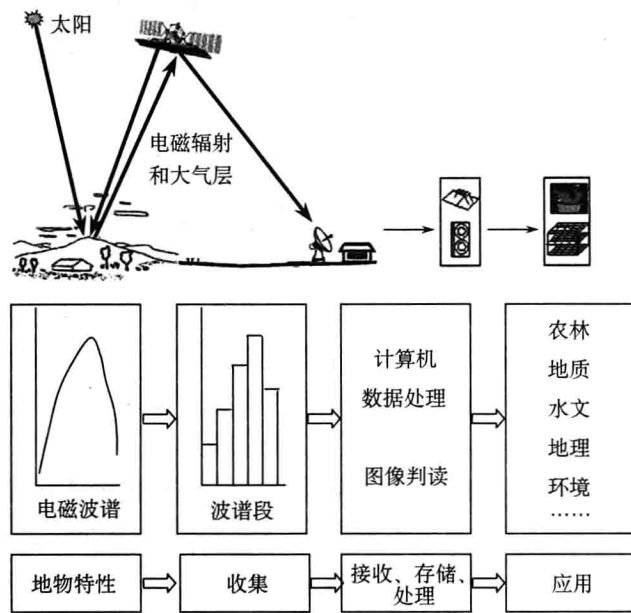


图 1.2 遥感的基本过程

字数据。目前，遥感影像数据均以数字形式保存，且随着计算机技术的快速发展，数据保存格式也趋于标准化和规范化。

3. 信息处理

信息处理是指运用光学仪器和计算机设备对卫星地面接收站接收的遥感数字信息进行信息恢复、辐射和卫星姿态校正、投影变换以及解译处理的全过程。其目的是通过对遥感信息的恢复、校正和解译处理，降低或消除遥感信息的误差，并依据用户需求从中识别并提取出所需的感兴趣信息。目前，遥感影像的处理都是基于数字的，因此还产生了一门新兴的遥感数字图像处理课程，该课程主要依靠计算机硬件和遥感图像处理软件发展而来。

4. 信息应用

信息应用是指专业人员按不同目的将从遥感影像数据中提取的专题信息应用于各个领域。目前，遥感技术已经广泛地应用于军事、地图测绘、地质矿产勘探、自然资源调查、环境监测以及城市规划和管理等领域。此外，不同的行业由于应用背景和需求不同，如农业部门获取农作物的信息，测绘部门主要制作地形图和 4D 产品，林业部门获取林业的分布、蓄积量等信息，都有着各自领域独特的应用规范。但是在一般情况下，遥感应用的最基本方法就是将遥感信息作为地理信息系统的数据源，方便人们对其进行查询、统计和分析等。

二、遥感技术系统

遥感是一项复杂的系统工程，既需要完整的技术设备，又需要多学科交叉。遥感技术系统主要包括遥感平台系统、传感器系统、数据的接收记录和处理系统及基础研究和应用系统等。

1. 遥感平台系统

遥感平台包括卫星、飞机、气球、高塔、高架车等，种类繁多。在不同高度的遥感平台