



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 遥感技术基础

张占睦 芮杰 编著



 科学出版社  
www.sciencep.com

TP7/21

2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 遥感技术基础

张占睦 芮杰 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书既系统全面地介绍了遥感技术的基本理论、技术体系、原理方法、分析处理和解译应用,又对学科的最新研究成果和发展动态有所反映,力求达到结构合理、体系完整、内容丰富,特别是对遥感技术在测绘方面的应用论述较为系统。全书共分9章,主要内容包括:遥感的基本概念,电磁辐射与物体的波谱特性,彩色基本原理,遥感平台及卫星轨道,遥感器的成像原理与方法,遥感图像的辐射和几何特性,遥感图像的校正,遥感图像的判读与处理,遥感在测绘、军事、灾害监测、农林牧等领域的应用。

本书既可作为遥感及相关专业的本科教材,也可作为遥感专业研究生和从事遥感教学、科研和生产的技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

遥感技术基础/张占睦,芮杰编著. —北京:科学出版社,2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-019155-7

I. 遥… II. ①张…②芮… III. 遥感技术-高等学校-教材 IV. TP7

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第097978号

责任编辑:杨红 李久进/责任校对:赵燕珍

责任印制:张克忠/封面设计:卢秋红

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>

北京市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007年7月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2007年7月第一次印刷 印张: 21

印数:1—3 000 字数: 404 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈文林〉)

# 前 言

遥感这个名词最早是 20 世纪 60 年代初由美国的地理学家提出并开始使用的。但当今的遥感已不单纯是一种获取信息的手段,它与地理信息系统、全球定位系统、各种地面观测技术、信息分析技术等结合起来,已形成一门崭新的地球信息科学,正在改变我们的观念,增强我们的能力,为促进人类新的决策、管理、发展模式而起着积极的推动作用。

航天技术的发展使遥感的高度延伸到了太空,从万米的高度延伸到了 35 000km 余的高度,使人类能在一个前所未有的高度,以各种时间、空间分辨率观测地球。光电技术、电子技术的发展使人类开始利用紫外、红外及微波波段,拓展和丰富了人类的感知能力。遥感从单纯的摄影方式发展为可探测感知近、中、热红外波段的光电探测方式,和微波辐射计、雷达等各种方式共存。计算机技术的发展使遥感数据的分析处理技术进入半自动化和智能化阶段,改变了过去仅依靠人和光学设备进行目视解译的状况。遥感应用领域已从传统的军事侦察和测绘拓展到林业、地质、农业和土地利用、气象、环境和工程选址等各种行业。

20 世纪 60~80 年代,国际遥感技术高速发展,逐步从科学研究进入实用阶段,美国、苏联在这个领域处于领先水平。进入 80 年代末,法国、日本、欧洲空间局、中国和印度均发射了自己的遥感卫星,而且许多国家都制定了遥感卫星计划。进入 21 世纪,随着高光谱遥感、微波遥感、高分辨率影像和多源信息融合、遥感图像自动识别与分类,以及 3S 集成技术由试验研究进入实际应用阶段,遥感技术得到更加全面、深入的应用和发展。

自 20 世纪 80 年代以来,随着遥感技术的发展,我国各高等院校相继开设了遥感课程,供地理以及地质、农学、航测与制图、海洋、水文、数学、计算机、物理和电子学等各类专业的学生学习,培养了大批遥感方面的科研和教学人才,充实了我国遥感人才队伍。如今,遥感已经成为地学和测绘类本科生的重点课程之一,在信息类及其相关专业,也已成为学生的必修或选修课程。在遥感教育的发展过程中,及时更新大学遥感教材,与新技术同步,是我们教育工作者义不容辞的责任。我们编写本书,就是为了适应新形势下遥感教育的需要,希望在 21 世纪遥感技术发展的水平上,从基本概念和理论上指导学生掌握遥感的基本技能,为学生将来参加遥感研究或进一步的专业深造打下坚实的基础。

本书主要面向遥感的初学者,使学生掌握遥感的基础知识,所以在内容上着重于遥感基本原理和方法的介绍,而不是侧重介绍具体的遥感技术。因为遥感技术

的应用面非常广泛,本书不可能面面俱到,所以只讲解遥感技术的主要应用方面,教师授课时可根据自己的科研经验给予补充。

本书面向未来遥感技术的发展,力求做到既保持它的基础性,又增加近年来的新手段、新方法和新技术。本书在撰写过程中,参考了国内外的许多相关文献,这些文献均在书后逐一列出,在此向各位原书作者表示感谢。由于遥感技术的迅速发展和编者水平的限制,本书也许不能反映全部最新成果,内容和体系尚存缺点和不完善之处,欢迎读者提出宝贵意见。

编 者

2007年3月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 遥感概述</b> .....	1
1.1 遥感的基本概念 .....	1
1.2 遥感技术系统 .....	4
1.3 遥感过程及特点 .....	10
1.4 遥感技术的发展简史与发展趋势 .....	13
1.5 遥感、全球导航定位系统、地理信息系统的结合 .....	22
<b>第 2 章 电磁波与地物电磁波特性</b> .....	28
2.1 电磁波与电磁波谱 .....	28
2.2 地物的电磁波辐射 .....	34
2.3 地物的电磁波反射特性 .....	41
2.4 地球大气对电磁波传输的影响 .....	49
<b>第 3 章 遥感光学基础</b> .....	58
3.1 颜色性质和颜色立体 .....	58
3.2 加色法与减色法 .....	62
3.3 黑白影像与彩色影像 .....	67
<b>第 4 章 遥感平台</b> .....	74
4.1 遥感平台的种类 .....	74
4.2 遥感卫星的轨道参数 .....	77
4.3 遥感卫星的轨道类型 .....	82
4.4 几种遥感卫星简介 .....	86
<b>第 5 章 传感器及其成像</b> .....	99
5.1 传感器 .....	99
5.2 摄影型传感器 .....	104
5.3 扫描方式的传感器 .....	108
5.4 推帚式扫描仪 .....	116
5.5 成像光谱仪 .....	122
5.6 侧视雷达及其成像 .....	126
<b>第 6 章 遥感图像的特性</b> .....	150
6.1 摄影像片的特性 .....	150

---

6.2	扫描图像的特性 .....	162
6.3	侧视雷达图像的特性 .....	170
<b>第7章</b>	<b>遥感影像校正</b> .....	<b>183</b>
7.1	遥感数字图像 .....	183
7.2	遥感图像的辐射量校正 .....	189
7.3	遥感图像的几何变形 .....	195
7.4	遥感图像的几何校正 .....	205
<b>第8章</b>	<b>遥感图像的判读与处理</b> .....	<b>214</b>
8.1	遥感图像目视判读 .....	214
8.2	遥感图像计算机分类 .....	236
8.3	彩色合成与彩色密度分割 .....	254
8.4	多光谱图像的处理 .....	255
8.5	遥感图像信息融合 .....	266
<b>第9章</b>	<b>遥感技术的应用</b> .....	<b>274</b>
9.1	遥感技术在测绘中的应用 .....	274
9.2	遥感技术在军事上的应用 .....	288
9.3	遥感技术在农林牧方面的应用 .....	301
9.4	遥感技术在水体信息提取中的应用 .....	310
9.5	遥感技术在灾害监测方面的应用 .....	315
	<b>主要参考文献</b> .....	<b>330</b>

# 第1章 遥感概述

遥感技术是 20 世纪 60 年代兴起并迅速发展的一门综合性空间信息科学,对于我们全面、准确地认识人类赖以生存的地球家园,起着愈来愈重要的作用,特别是在各类资源勘察、环境监测、全球变化及各类动态变化监测等方面显示了无与伦比的优越性。随着计算机技术和空间技术、信息技术的迅猛发展,人类获取地理空间信息的能力得到了极大提高。信息高速公路的架设、地球空间信息学的产生、数字地球概念的提出,为遥感学科的发展提供了坚实的基础、指明了方向。

遥感技术的迅速发展,促使摄影测量技术产生革命性的变化,从以飞机为主要运载工具的航空遥感,发展到以航天飞机、人造地球卫星等为运载平台的航天遥感,极大地拓展了人们的观测领域,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;同时,由于它在测绘、城市规划、环境保护、地质勘探、农业和林业以及军事等领域的广泛应用,产生了十分可观的经济效益和显著的社会效益。

## 1.1 遥感的基本概念

### 1.1.1 遥感的定义

遥感是 20 世纪 60 年代美国创造的技术用语,随着 1972 年第一颗地球观测卫星 Landsat 的发射成功而迅速得到普及。遥感(remote sensing),早期称“观察”(vision)或远程观察(television),从第二次世界大战到 20 世纪 60 年代,观察改为“探测”(teledetection)。从字面上理解,其意思为“遥远的感知”,通常认为是在不接触物体的情况下,对物体进行探测,来感知它的属性情况,包括它的几何属性和物理属性。也有这样一种理解,“遥”是空间概念,“感”是信息系统,遥感技术是指一种非接触的测量和识别技术,所以,人眼看到远处的物体,就是一种生物遥感,伽利略用自制的望远镜观测星空,普通照相机照相,都属于遥感的范畴。但自从 1962 年密执安大学讨论会后,“遥感”主要是指利用航空航天技术宏观地研究地球、综合评价地球环境、进行资源调查与开发及管理的一种特定技术。

目前,对遥感较为简明的定义是:从不同高度的平台上,使用遥感器收集物体的电磁波信息,再将这些信息传输到地面并进行加工处理,从而达到对物体进行识别和监测的全过程。

从遥感的定义来看,构成遥感技术的 4 个必不可少的要素是遥感对象、遥感器、信息传播媒介和遥感平台。



**遥感对象:**被感测的事物。

**遥感器:**也称传感器,能感测事物并能将感测的结果传递给使用者的仪器,如摄影机、雷达等。

**信息传播媒介:**在对象和遥感器之间起信息传播作用的媒介,如电磁波、声波、重力场、磁力场、电力场、地震波等。

**遥感平台:**装载遥感器并使之能有效工作的装置,也可叫做运载工具,如飞机、人造地球卫星、航天飞机等。

### 1.1.2 遥感的分类

按照遥感的早期定义,它的范围非常广泛,如摄影测量、大地重力测量、卫星轨道遥测、物体光谱测量、超声波鱼群定位等,都属于早期遥感的定义范畴。遥感的分类方式多种多样,目前还没有一个完全统一的分类标准。按上述的遥感定义,较为常见的分类方式有如下几种:

#### 1. 按遥感对象分类

**宇宙遥感:**遥感的对象是宇宙中的天体和其他物质的遥感。

**地球遥感:**是对地球和地球上事物的遥感。

以地球表层环境(包括大气圈、陆海表面和陆海表面下的浅层)为对象的遥感,叫做环境遥感,它属于地球遥感。在环境遥感中,以地球表层资源为对象的遥感,叫做资源遥感。资源遥感是以地球资源作为调查研究对象的遥感方法和实践,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,有利于克服自然界恶劣环境的限制,减少勘测投资的盲目性。环境遥感是对自然与社会环境的动态变化进行监测或做出评价与预报的统称。由于人口的增长与资源的开发、利用,自然与社会环境随时都在发生变化,利用遥感多时相、周期短的特点,可以迅速为环境监测、评价和预报提供可靠依据。

#### 2. 按遥感平台分类

**地面遥感:**是指平台距地面 150m 以下进行的遥感。常用平台为汽车、舰船、三角架、塔台等,地面遥感是遥感的基础。

**航空遥感:**又称机载遥感,是指在飞机(飞艇或热气球)飞行高度上对地球表面进行的遥感。它的特点是灵活性大、影像清晰、分辨率高,并且历史悠久,已经形成了较完整的理论和应用体系。它还可进行各种遥感试验与校正工作。

**航天遥感:**又称星载遥感,是指从人造卫星轨道高度上(包括利用卫星、航天飞机、宇宙飞船、航天空间站等)对地球表面进行的遥感。它的特点是成像高度高,宏观性好,可重复观测,影像获取速度快,不受沙漠、冰雪、高山、海洋和国界等自然因素和条件的限制。

### 3. 按遥感媒介分类

电磁波遥感:以电磁波为信息传播媒介的遥感。

声波遥感:以声波为信息传播媒介的遥感。

力场遥感:以重力场、磁力场、电力场等为媒介的遥感。

地震波遥感:以地震波为媒介的遥感。

### 4. 按遥感成像波段分类

紫外遥感:是指利用紫外波段进行地物探测的遥感。探测波段为 $0.05\sim 0.38\mu\text{m}$ 。

可见光遥感:是指利用可见光波段进行地物探测的遥感。探测波段为 $0.38\sim 0.76\mu\text{m}$ 。

红外遥感:是指利用红外波段进行地物探测的遥感。探测波段为 $0.76\sim 1000\mu\text{m}$ 。

微波遥感:是指利用微波波段进行地物探测的遥感。探测波段为 $1\text{mm}\sim 1\text{m}$ 。

### 5. 按波段宽度及波谱的连续性分类

高光谱遥感:它使用成像光谱仪传感器将电磁波谱的紫外、可见光、近红外和中红外区域分解为数十至数百个狭窄的电磁波波段(波段宽度通常小于 $10\text{nm}$ ),并产生光谱连续的图像数据的遥感。

多光谱遥感:是指利用多通道传感器(如多光谱相机、多光谱扫描仪等),将较宽波段的电磁波分成几个较窄的波段,通过不同波段的同步摄影或扫描,分别取得几张同一地面景物同一时间的不同波段影像,从而获得地面信息的遥感技术。

常规遥感:又称宽波段遥感,波段宽一般大于 $100\text{nm}$ ,且波段在波谱上不连续。

### 6. 按传感器接收信号的来源和方式分类

主动遥感:也称有源遥感,是指从遥感平台上的人工辐射源向目标发射一定形式的电磁波,再由传感器接收和记录其反射波的遥感系统。

被动遥感:也称无源遥感,是指用传感器从远距离接收和记录物体自身发射或反射太阳辐射的电磁波信息的遥感系统。

### 7. 按应用空间尺度分类

全球遥感:全面系统地研究全球性资源与环境问题的遥感的统称。

区域遥感:以区域资源开发和环境保护为目的的遥感信息工程,它通常按行政区划(国家、省区等)、自然区划(如流域)和经济区进行。

城市遥感:以城市环境、生态作为主要调查研究对象的遥感工程。

### 8. 按不同应用领域分类

根据不同的应用目的可分为环境遥感、城市遥感、农业遥感、林业遥感、海洋遥感、地质遥感、气象遥感和军事遥感等,还可以把它们划分为更细的专业领域进行

研究。

### 1.2 遥感技术系统

将遥感技术和方法应用到某个专业领域便构成了一个遥感技术系统。一个完整的遥感技术系统通常由 3 个部分组成：空基系统、地基系统和研究技术支持系统。空基系统主要包括遥感平台、各种传感器、监视控制系统和遥感数据传输系统等，主要完成遥感数据的采集和传输工作。地基系统主要完成遥感数据的接收、处理存档、分发和应用开发工作。研究技术支持系统主要完成定标、地面试验、光谱数据测量等基础性工作以及与遥感发展和应用密切相关的高技术研究和开发任务。遥感技术的 3 个组成部分既有分工，又相互紧密联系，共同完成遥感技术系统对地面目标进行探测，进而实现目标定位、定性或定量描述的目的。通常情况下，遥感技术系统又可分为 4 个组成部分：遥感平台、传感器、遥感数据接收与处理系统、遥感数据分析与应用系统，如图 1.1 所示。

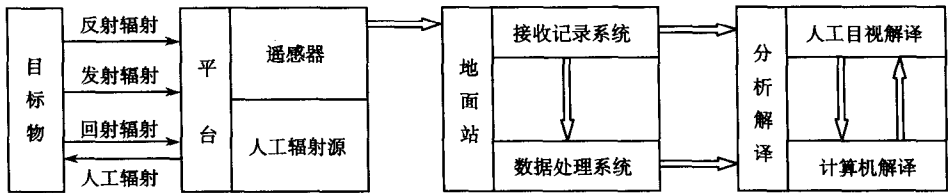


图 1.1 遥感过程与技术系统

#### 1.2.1 遥感平台

搭载传感器的载体称为遥感平台 (remote platform)，如地面三角架、遥感车、气球、航空飞机、航天飞机、人造地球卫星等。遥感平台按其飞行高度的不同可分为地面平台、航空平台和航天平台。这 3 种平台各有不同的特点和用途，根据需要可单独使用，也可配合使用，组成多层次立体观测系统。

#### 1.2.2 遥 感 器

收集、探测、记录和传送目标中反射或辐射来的电磁波的装置叫做传感器 (remotes sensor)。目前应用的传感器主要有摄影机、摄像机、扫描仪、雷达、成像光谱仪、光谱辐射计等。针对不同的应用波段范围，人们已经研究出很多种类型的传感器，用以接收和探测物体在可见光、红外线和微波范围内的电磁辐射。根据传感器的基本结构原理划分，目前遥感中使用的传感器大体分为摄影、扫描成像、雷达成像和非图像 4 种类型。

### 1.2.3 遥感数据接收与处理系统

遥感平台与传感器是遥感技术系统的重要组成部分,但它们仅是一个子系统,要使整个遥感系统运转起来,还必须有控制中心、地面遥测数据收集站、跟踪站、遥感数据接收站、数据中继卫星、数据处理中心、基础研究中心和试验场等子系统。控制中心是整个系统的核心,负责监测遥感的工作状况,并及时向平台与传感器发送各种指令,以指挥它们工作。地面遥测数据收集站是无人工作站,它分布在高山、荒漠和边远地区,自动收集各种环境数据,并将这些数据发送给卫星。跟踪站负责监测卫星的运行。遥感数据接收站是各种遥感数据和信息的接收中心。数据中继卫星负责保证全球数据的实时传输。数据处理中心是将来自数据接收站的数据进行加工处理并提供给各方面的用户。基础研究中心和试验场主要进行地物波谱和传感器工作波段的研究、新型传感器的研制试验、遥感数据辐射校正及综合光谱信息研究等。下面简要介绍遥感卫星地面接收站有关数据接收与处理的基本情况。

#### 1. 数据的传送和接收

接收站主要负责完成捕获跟踪卫星、传送接收卫星数据的任务。从遥感卫星上向地面传输的数据中,除了图像数据外还传送遥感平台上搭载仪器的温度、电压、电流等遥测数据。这些数据通常用数字信号传送,具有抗噪声性强、功率低等特点。通常卫星发射国在本土的接收站除了接收遥感图像信息外,还负担发送控制中心的指令,以指挥星体的运行和星上设备的工作,同时还接收卫星发回的有关星上设备工作状态的遥测数据和地面遥测数据收集站发给卫星的数据。而本土以外的遥感卫星地面接收站通常仅仅接收遥感图像信息。每个地面站都有一个跟踪卫星的大型天线,天线的旋转形成了跟踪卫星的一个张角,这个张角确定了接收遥感卫星所发送信息的范围。对于卫星经过接收站时能覆盖到的区域,通常采用在卫星观测的同时直接接收实时传送数据;对于覆盖不到的区域采用数据记录器 MDR(mission data recorder)和跟踪数据中继卫星 TDRS(tracking and data relay satellite)两种方式。MDR 是将观测数据先记录在数据记录器上,当卫星飞到能接收的区域时,再把数据回放出来进行接收;TDRS 是通过数据中继卫星进行间接实时传送的方法。例如,美国宇航局(NASA)在西经  $41^\circ$  及西经  $171^\circ$  的赤道上空发射了两颗跟踪数据中继卫星,陆地卫星在美国本土以外的地域可以通过其中的一颗中继卫星将图像数据传送给设在新墨西哥州的白沙(White Sands)接收站,这个接收站又将数据通过国内通信卫星 DOMSAT(domestic communications satellite)转送到戈达德中心(GSFC)进行处理,由此实现对全球数据的实时传送,图 1.2 为陆地卫星 4 号图像信息的传递线路示意图。

目前接收美国陆地卫星信息的地面接收站的分布情况见表 1.1。

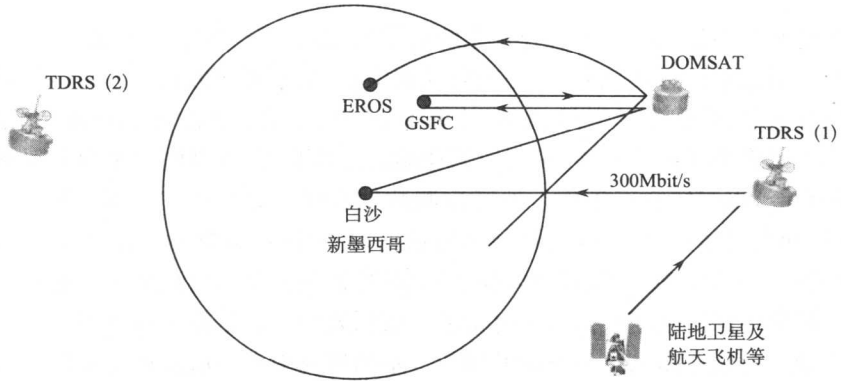


图 1.2 陆地卫星 4 号图像信息的传递线路

表 1.1 陆地卫星地面接收站分布

国别	经营单位	地面站位置	使用年份
美国(U. S. A.)	美国宇航局(NASA)	费尔班克斯(Fairbanks)	1972
		戈尔德斯通(Goldstone)	1972
		格林贝尔特(Goldstone)	1972
加拿大(Canada)	国家遥感中心(CCRS)	艾伯特王子城(Prince Albert)	1972
		舒科夫(Shoe Cove)	1976
巴西(Brazil)	空间研究所	库亚巴(Cuiaba)	1974
阿根廷(Argentina)	空间研究委员会	奇基塔(Mar Chiguita)	1980
瑞典(Sweden)	空间公司	基律纳(Kiruna)	1978
意大利(Italy)	空间电信公司	福奇内(Fucino)	1975
西班牙(Spain)	—	马斯帕洛马斯(Maspalomas)	—
法国(France)	国家空间研究中心(CNES)	图卢兹(Toulouse)	1983
扎伊尔(Zaire)	—	金沙萨(Kinshasa)	—
南非(South Africa)	—	比勒陀利亚(Pretoria)	—
布基纳法索(Burkina Faso)	—	瓦加杜古(Ouagadougou)	—
日本(Japan)	国家空间发展局(NASDA)	东京(Tokyo)	1979

续表

国别	经营单位	地面站位置	使用年份
印度 (India)	国家遥感局 (NRSA)	海德拉巴 (Hyderabad)	1979
泰国 (Thailand)	国家科学研究 委员会	曼谷 (Bangkok)	1982
中国 (China)	国家遥感中心 (NRSC)	北京 (Beijing)	1986
孟加拉国 (Bangladesh)	空间研究和 遥感组织	达卡 (Dacca)	—
巴基斯坦 (Pakistan)	—	伊斯兰堡 (Islamabad)	—
伊朗 (Iran)	—	德黑兰 (Teheran)	1978
沙特阿拉伯 (Saudi Arabia)	—	利雅得 (Riyad)	—
智利 (Chile)	智利大学	圣地亚哥 (Santiago)	1980
澳大利亚 (Australia)	科学环境部	艾利斯·斯普林斯	1980
印度尼西亚 (Indonesia)	—	雅加达 (Jakarta)	—

## 2. 数据加工与处理

通常在理想情况下,遥感数据的质量只依赖于进入遥感器的辐射强度,而实际上,由于大气层的存在以及遥感器内部检测器性能的差异,使得反映在图像上的信息量发生变化,引起图像失真、对比度下降等。此外,由于卫星飞行姿态、地球形状及地表形态等因素影响,图像中地物目标的几何位置也可能发生畸变。因此,原始遥感数据被地面站接收后,要经过数据处理中心做一系列复杂的辐射校正及几何校正处理,消除畸变,恢复图像,提供给用户使用。

对卫星数据进行加工处理需要经历许多步骤。原始数据一般记录在高密度磁带上,首先需回放读出,然后输入计算机提取卫星姿态与星历轨道数据,提供校正遥感图像所需的参数,最后才能对图像数据进行辐射校正与几何校正,并提供注记信息。光学处理中心配备有黑白与彩色胶片和像片冲洗设备、光学彩色合成设备、放大与复制设备以及各种质量控制与检验设备等,可以生产适用于不同用途的各种比例尺的图像产品。图 1.3 为卫星遥感系统示意图。

## 3. 中国遥感卫星地面站

我国于 1986 年由中国科学院根据中美《科学技术合作协定》,从美国 Scientific Atlanta 公司引进陆地卫星地面接收系统,建立了中国遥感卫星地面站 (China remote sensing satellite ground station)。地面站的主要任务是:接收、处理、存档、分发各类对地观测卫星数据,为全国服务,同时开展卫星遥感影像数据接收与处理

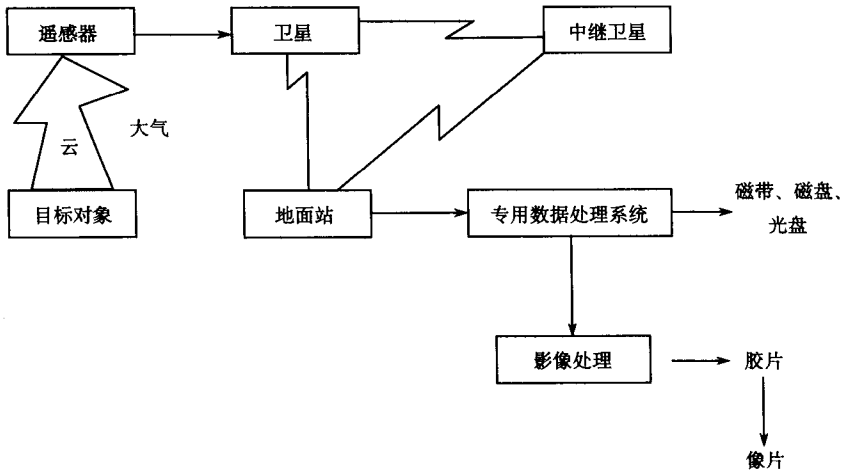


图 1.3 卫星遥感系统示意图

以及相关技术的研究。

地面接收系统安装于北京密云境内，站址四周山丘环抱，是一个理想的“电磁寂静区”。它可以接收我国陆地面积 80%~95% 的遥感卫星数据，是我国主要的民用资源卫星遥感信息源。

经过多年发展，地面站已形成了以北京本部数据处理与运行管理为核心，北京接收站(位于密云)为数据接收点的运行格局。接收站内配备大型接收天线 2 部、中小型接收天线 2 部及相关的各种卫星数据接收、记录设施多套，具备接收国内外 15 颗遥感卫星数据的能力，目前全天候运行接收 9 颗卫星数据，初步实现了一站多星，并逐步建成全天候、全天时、准实时、多分辨率的卫星对地观察数据接收中心。目前，北京地面站能够接收处理美国 Landsat-5 和 Landsat-7，欧洲空间局 ERS-1、ERS-2 和 ENVISAT-1，日本的 JERS，法国 SPOT-1、SPOT-2 和 SPOT-4，加拿大 RADARSAT 以及中巴 ZY-1(CBERS)卫星数据。地面站已拥有国内外用户 600 余家，分布在国家 10 余个部委和 30 个省、自治区和直辖市，每年提供 2000 余件遥感卫星数据资料，广泛应用于我国国土资源调查、全国林业资源调查、生态环境调查以及重点城市扩展情况监测、荒漠化监测、农作物估产、灾害监测与评估、地质与资源勘探、地形图测绘等众多领域。

地面站正式投入运行以来，为国家积累和保存了唯一的、极其珍贵的长达 18 年的空间对地观测数据资料，这是我国进行空间信息应用中宝贵的遥感卫星影像数据资源。数据种类涵盖多光谱与合成孔径雷达，空间分辨率为 2.5~100m。中国遥感卫星地面站已成为国家关键的对地观测卫星数据源，是国际上接收与处理

卫星数量最多的地面站之一。为进一步扩大接收范围,我国准备在广州和乌鲁木齐再建设两个地面接收站。

中国遥感卫星地面站的建立标志着我国航天遥感技术发展到了一个新阶段,这些来自空间的遥感数据显示了人类改造自然的巨大潜力,使人们从宇宙空间的高度上,对地球进行系统的、多时相的观测和研究,把视域从可见光扩展到红外、远红外乃至微波,大大丰富和提高了人们对地球的认识。

#### 1.2.4 遥感数据分析与应用系统

遥感影像经卫星地面站接收和处理后,用户可以得到遥感影像及其辅助数据。得到的遥感影像是经过数据处理中心做一系列复杂的辐射校正及几何校正处理,消除了一定的辐射噪声与几何变形的恢复图像。由于不同用户的应用目的不同,对影像辐射量测精度和几何量测精度的要求也不尽相同,为了满足应用要求,经常使用一些遥感影像处理软件对遥感影像作进一步的处理并制作相应产品。比较常用的遥感图像处理软件有美国 ERDAS 公司开发的 ERDAS IMAGINE,美国拉克大学制图技术与地学分析实验室研制的 IDRISI,美国 RSI 公司开发的 ENVI,加拿大 ERM 公司研制的 ER-Mapper,加拿大 PCI 公司开发的 PCI 以及由武汉大学开发的吉奥之星(GEOSTAR)国产软件。这些软件通常可以提供三级打包方法,即基础级(essentials)、高级(advantage)和专业级(professional)。基础级遥感图像处理软件包提供最低成本的影像制图和可视化工具,如几何纠正、影像分析、可视化和自动专题地图输出等功能。高级遥感图像处理软件包除了具有基础级软件包的全部功能外,还增加更高级且精确的遥感制图、影像处理和地理信息分析等功能。专业级遥感图像处理软件包是在高级软件包的基础上,增加用于遥感与地理分析专业的综合工具,如混合分类技术、雷达分析、可视化空间建模工具等。此外还有另外一类遥感图像处理软件,它们更侧重于目标的精确定位和三维量测,如美国 Intergraph 公司的 Image Station 数字摄影测量系统、瑞士 Helava 公司的 DPW(Digital Photogrammetric Workstation)数字摄影测量系统等。这些系统的软件功能主要包括:数字空中三角测量、数字地面模型 DTM 的自动生成和编辑、正射影像图制作、地物要素采集、三维景观图生成、栅格数据与矢量数据的综合成图等功能。

在通常情况下,用户在利用遥感影像获取所感兴趣的有关信息时,需要(辅以一定的参考资料)对遥感影像进行分析、研究、判断、解释等一系列的影像判读工作,以生成我们所需要的文字资料或图件。遥感影像“判读”也称“解译”。目前,遥感影像判读已经形成一些规范的技术线路和方法,常用的方法有目视判读(解译)和计算机自动识别两种方法。

(1)目视判读(解译):目视判读是指判读人员利用放大镜或立体镜等工具对遥



感影像进行分析,凭借判读人员的经验,来识别目标的性质和变化规律的方法。判读的工作在野外和室内均可进行。该方法既能获得一定的效果,又可验证仪器或其他方法的准确程度,它是一种最基本的判读方法。但是,目视判读既受判读人员的专业水平和经验的影响,也受眼睛视觉功能的限制,判读速度较慢。

(2)计算机自动识别:计算机自动识别技术是 20 世纪发展起来的一种影像解译方法,它利用计算机对遥感影像进行数据分析、处理,提取有用信息,进而对待识别的影像目标进行自动识别和分类。该技术识别速度快,一般可直接得到识别结果,是遥感影像分析识别的发展方向。但遥感影像自动识别技术的稳健性、适应性与实用性的研究还需进一步深入。

### 1.3 遥感过程及特点

#### 1.3.1 遥感基本过程

遥感过程是指遥感信息的获取、传输、处理及其判读分析和应用的全过程。利用遥感器进行目标电磁波辐射信息的采集过程如图 1.4 所示,目标反射的太阳辐射

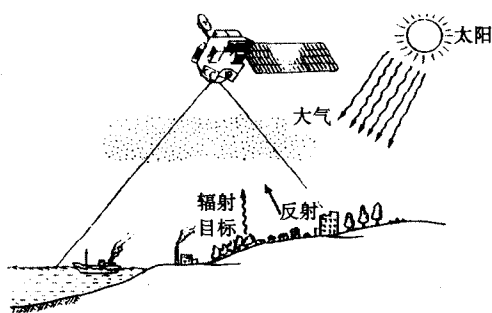


图 1.4 遥感数据采集过程示意图

能量或遥感器发射的电磁波能量或自身温度存在而发射的电磁波能量经过大气到达遥感器被收集、探测和记录。

在遥感过程中,电磁波辐射能量的辐射一般源自 3 个方面:太阳辐射、目标自身热辐射和遥感器的电磁波发射。由于目标性质的不同,不同目标在不同波段的电磁波反射和发射特性也不相同。目标电磁波反射或发射的能量经过大气层

到达遥感器被探测和记录,在此过程中,它会受到一些因素(如太阳位置、大气状态、季节、地表状态、遥感器性能和位置等因素)的影响,进而在遥感数据采集时在影像和有关数据中产生辐射误差和几何误差。遥感数据经过数据处理中心和遥感影像处理软件的处理,消除相关辐射误差与几何误差,根据不同的应用目的提取相关信息并进行分析。有关过程的一般流程如图 1.5 所示。

例如,森林火灾发生的时候,一个载有热红外波段遥感器的卫星经过林火上空,遥感器会拍摄到火灾周围上万平方千米的影像。由于着火的树木比没有着火的树木温度高,它们在电磁波的热红外波段会辐射出比没有着火的树木更多的能量,在影像上表现为蔓延着火的树木的色调更亮。经过影像辐射校正、相关影像信