

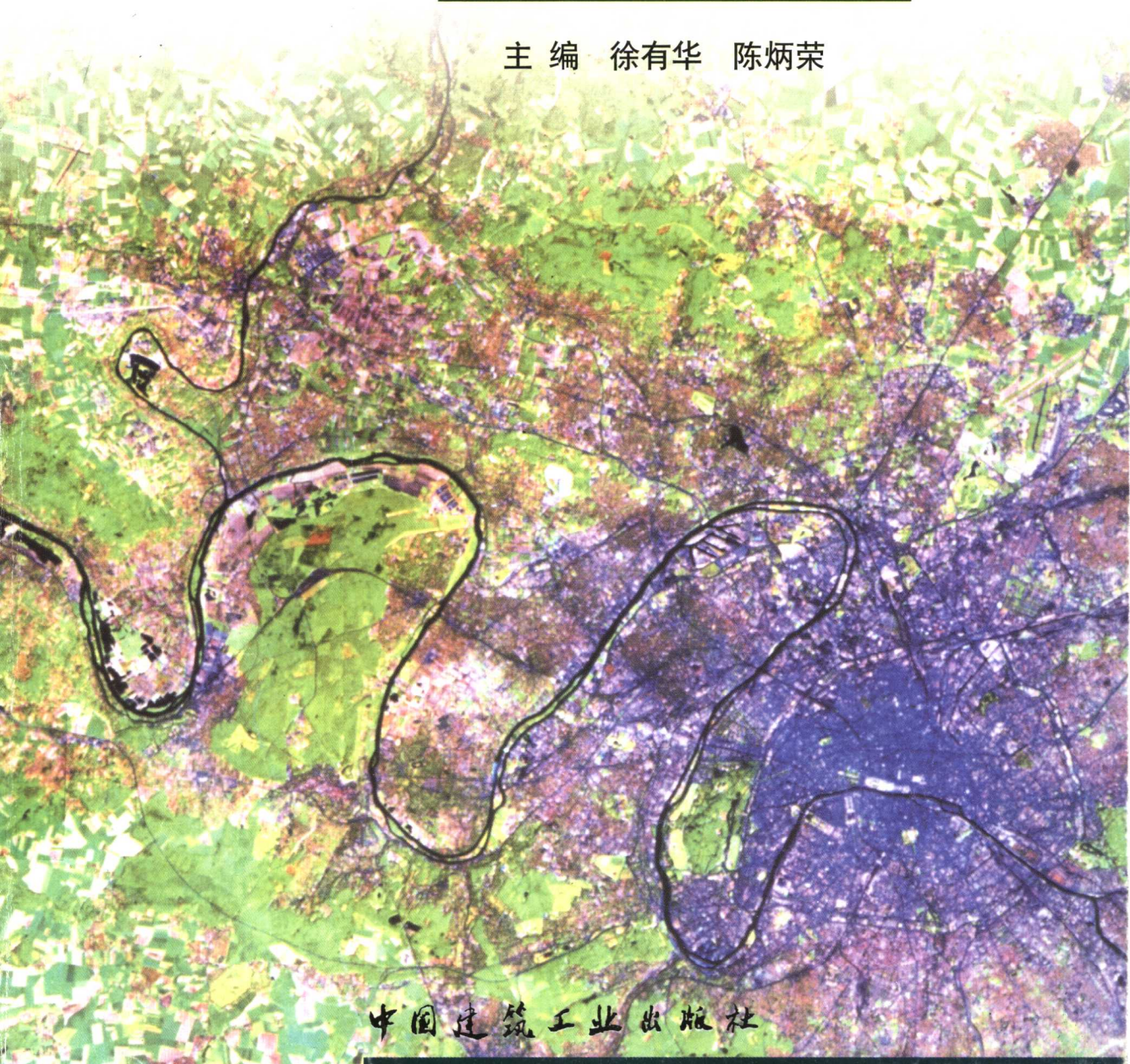


中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 国土资源遥感

◀ 国土资源调查专业 ▶

主 编 徐有华 陈炳荣



中国建筑工业出版社

中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 国土资源遥感

(国土资源调查专业)

主    编    徐有华    陈炳荣  
责任主审    毕孔彰  
审    稿    邝生爱    田淑芳

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

国土资源遥感/徐有华, 陈炳荣主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2002

中等职业教育国家规划教材. 国土资源调查专业

ISBN 7-112-05432-X

I. 国... II. ①徐... ②陈... III. 遥感技术-应用-国土资源-专业学校-教材 IV. F129.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 102119 号

本书是根据教育部职教司组织制定的中等职业学校三年制国土资源调查专业《国土资源遥感》课程教学大纲基本精神编写的, 是教育部面向 21 世纪中等职业教育国家规划教材。

本书共分七章, 主要内容包括: 遥感基础知识, 国土资源的遥感解译和实训。本书取材广泛, 内容丰富, 图文并茂, 实用性较强。

本书主要适用于全日制中等职业学校 (包括中等专业学校、职业高中和技校) 国土资源调查专业。运用学时为 60~70 学时。

中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

**国土资源遥感**

(国土资源调查专业)

主 编 徐有华 陈炳荣

责任主审 毕孔彰

审 稿 卞生爱 田淑芳

\*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市书林印刷厂

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9½ 插页: 4 字数: 227 千字

2003 年 2 月第一版 2003 年 2 月第一次印刷

印数: 1—2000 册 定价: 16.00 元

ISBN7-112-05432-X

TU·4756 (11046)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

# 前 言

本书是根据教育部职教司组织制定的《国土资源遥感》课程教学大纲的基本精神并在总结近年来课程教学经验的基础上编写的。国土资源遥感是随着遥感技术的发展而出现的一门新兴的边缘学科,近年来发展非常迅速,国内外新资料很多,而且国土资源涵盖的内容广泛。根据目前我国实际状况,编写本书时,做到重点突出,以地质矿产为主、土地为辅,兼顾其他的办法。文字上通俗易懂,注意理论知识,加强实践教学,以满足中等职业学校国土资源调查专业的教学要求。同时也考虑到国土资源行业的行政管理和技术人员的需要,可以作为他们的参考资料或培训教材。

本书内容分为三大部分:第一部分介绍遥感的基本知识,包括遥感基本原理、航空及航天遥感图像特征、遥感图像解译基础;第二部分为遥感在国土资源方面的应用,包括国土资源遥感图像解译、遥感图件编制及遥感图像处理;第三部分为实践,共安排10次实训。基于遥感发展或各校服务的区域经济不同,书中画有“\*”者,各校自行掌握,可作为选学或自学内容,便于学校和教师及时调整或更新教学内容。

本书各章节编写的具体分工为:第一章、第五章第二节到第七节,徐有华(江西应用技术职业学院);第二章、第三章,彭志良(江西应用技术职业学院);第四章,陈炳荣(扬州农业学校);第五章第一节,蔡汝青(江西应用技术职业学院);第五章第八节,陈洪冶(江西应用技术职业学院);第六章、第七章,邓鹏(江西应用技术职业学院);附录,周仁元(江西应用技术职业学院)、辛娟(扬州农业学校)。最后由徐有华对全书作了统编及部分章节的补充修改。全书由国土资源部咨询研究中心毕孔彰教授、中国地质大学邝生爱教授和田淑芳教授主审。

在编写过程中得到了国土资源部人力中心和江西应用技术职业学院领导的大力支持,许多同行提出了宝贵的意见,在此向他们表示衷心的感谢。由于编者水平有限,成书时间仓促,书中不足和错误之处恳望批评指正。

编者



# 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一章 绪论                 | 1   |
| 第一节 概述                 | 1   |
| 第二节 遥感科学及国土资源遥感的发展概况   | 3   |
| 第二章 遥感的基本原理            | 5   |
| 第一节 电磁波及电磁波谱           | 5   |
| 第二节 电磁辐射源              | 6   |
| 第三节 大气对电磁波辐射的影响        | 7   |
| 第四节 地物波谱特征             | 10  |
| * 第五节 地物波谱特征测定         | 13  |
| 第三章 遥感图像特征             | 15  |
| 第一节 航空遥感图像特征           | 15  |
| 第二节 航天遥感图像特征           | 28  |
| 第三节 热红外、微波图像特征         | 35  |
| 第四章 遥感图像解析基础           | 39  |
| 第一节 概述                 | 39  |
| 第二节 遥感图像空间坐标变换         | 44  |
| 第三节 遥感像片上的像点位移和方向偏差    | 46  |
| 第四节 立体观察和量测            | 48  |
| 第五节 遥感影像解析             | 52  |
| 第五章 国土资源遥感图像解译         | 61  |
| 第一节 遥感图像解译的主要方法和原则     | 61  |
| 第二节 遥感图像国土资源解译标志       | 62  |
| 第三节 地貌解译               | 70  |
| 第四节 遥感土地资源调查及土地资源动态监测  | 74  |
| 第五节 土壤解译               | 79  |
| 第六节 岩性解译及地层分析          | 80  |
| 第七节 构造解译               | 89  |
| 第八节 矿产解译               | 99  |
| 第九节 遥感在其他领域中的应用        | 100 |
| 第六章 遥感图件编制             | 103 |
| 第一节 遥感影像镶嵌图的制作         | 103 |
| 第二节 地质解译图的编制           | 105 |
| 第三节 土地资源专题图及土地利用现状图的编制 | 106 |
| * 第七章 遥感图像处理           | 113 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第一节 光学图像增强处理 .....   | 113 |
| 第二节 数字图像处理 .....     | 117 |
| 附录 国土资源遥感实训指导书 ..... | 121 |
| 主要参考文献 .....         | 143 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 概 述

### 一、遥感的基本概念

遥感是遥远感知的意思，感知的主体和被感知的对象不直接接触。因此，遥感可以叫做不直接接触的感知。自然界中有各种遥感现象。如蝙蝠之所以在漆黑的夜晚能自由快速地飞翔，是因为蝙蝠能够向外发射强超音波，并能接收这些超声波的反射回波，判明各种物体的距离、性质和方位。

遥感一词含义有广义和狭义两种理解，广义地说，是在不直接接触的情况下，对目标物（对象）远距离感知的一种探测技术。狭义而言，是指在高空和外层空间的各种平台上，运用各种遥感器（如摄影仪、扫描仪和雷达等）获得地表电磁波辐射信息，通过数据的传输和处理，从而识别地面物体的性质和运动的现代化应用技术科学。目前通用的遥感概念是指狭义而言。

构成遥感技术的4个不可缺少的因素是：对象（目标物）、遥（传）感器、信息传播媒介和平台。现在实用的遥感技术绝大多数以电磁波为信息传播媒介，以飞机、人造卫星等飞行器为平台。

遥感技术系统包括遥（传）感器和运载工具、信息的接收与预处理及分析解释系统三个部分，具体内容将在后续章节中涉及。

### 二、遥感的分类

遥感的分类方法如下：

#### 1. 按遥感平台分类

（1）航空遥感 平台处于80km以内的海拔高度的空中遥感，这类平台主要是飞机和气球。

（2）航天遥感 平台处于80km以上的海拔高度的空中遥感，航天平台有火箭、人造卫星，宇宙飞船和航天飞机。以卫星为平台的遥感称为卫星遥感。

（3）地面遥感 平台放在地面上的遥感。地面平台有遥感车、遥感塔和船、三角架等。地面遥感是航空和航天遥感辅助手段。

#### 2. 按遥感对象分类

（1）宇宙遥感 遥感的对象是宇宙中的天体和其他物质的遥感。

（2）地球遥感 是对地球及地球上的事物的遥感。以地球大气圈、地球表面（含表面下浅层）为对象的遥感，叫做环境遥感。以地球表层资源为对象的遥感，叫资源遥感。

#### 3. 按遥感媒介分类

（1）电磁波遥感 以电磁波为信息传播媒介的遥感。按工作波段分，电磁波遥感又分为可见光遥感、红外遥感、微波遥感、紫外遥感等。现在常用的是前三种遥感。

(2) 声波遥感 以声波为信息传播媒介的遥感。它主要用于探测海水中和海底的情况。

(3) 力场遥感 以重力场、磁力场、电力场为媒介的遥感。它主要用于地球物理探矿。

(4) 地震波遥感 以地震波为媒介的遥感。它常用于探测地质构造和探矿。

#### 4. 按遥感器的工作方式分类

(1) 被动遥感(无源遥感) 遥感器本身不发射任何人工探测信号,它只能被动地接收从对象那里来的信息进行遥感,如不使用闪光灯的摄影。

(2) 主动遥感(有源遥感) 遥感器本身发射人工探测信息,这信息碰到对象后有一部分被反射回来,被遥感器接收,依靠这种信息进行的遥感为主动遥感,如用闪光灯摄影和雷达遥感。

#### 5. 按遥感所获资料的形式分类

(1) 成像方式遥感 能获取遥感对象的图像的遥感。又可分为摄影方式遥感和扫描方式遥感。

(2) 非成像方式遥感 不能获取遥感对象图像的遥感。如不扫描的辐射计只能得到一些数据而不能成像。

#### 6. 按应用领域分类

遥感广泛应用于资源勘探、环境监测、气象预报和军事及侦察等方面。按应用领域,遥感可分为地质遥感,农业遥感,林业遥感、测绘遥感、环境遥感、灾害遥感、城市遥感、海洋遥感、大气遥感、军事遥感等 40 多个领域。

### 三、遥感技术的特点

1. 探测范围大 平台越高,遥感范围越大,图像覆盖面积越大。常用的 1:10000 和 1:60000 航空像片覆盖的面积分别为  $3.24\text{km}^2$  和  $116.64\text{km}^2$ ,一幅 TM 图像面积为  $185\text{km} \times 185\text{km}$ ,这有利于国土资源大面积勘测、对比和区域性分析。

2. 信息量丰富 包括可见光、红外、微波等多波段遥感,能提供超出人视觉以外的大量国土资源信息;信息获取不受地形的限制,除可见光之外也不受气候的限制;图像地面分辨率不断提高,大大加深了人类对自然界认识的深度和广度。

3. 资料新颖 陆地卫星不停地绕地球运转,重复地获得最新颖、最现时的情报资料,及时监测和发现各种自然现象的异常和变化,做出动态分析,及时提出科学预测和预报工作。

4. 发展迅速 遥感技术虽然面世时间不久,但随着电子技术、计算机和空间科学技术及其他新技术的发展,遥感技术发展迅速,日新月异。

### 四、国土资源遥感研究的内容、方法与其他学科的关系

国土资源广义上说是国家的一切资源,通常国土资源是指自然资源,包括土地、气候、水、生物、矿产、海洋等 6 大资源。国土资源遥感是遥感技术与国土资源密切结合而形成的一门新兴学科。由于国土资源内容广泛,本书重点介绍遥感在地质矿产及土地两方面的应用,这也符合当前我国国土资源部门的实际状况。

#### (一) 国土资源遥感研究的主要内容

1. 研究国土资源物体的电磁波谱特征。不同物体由于其内部组成及外部特征不同,



或同一物体因所处的环境条件不同，都可能具有不同的波谱特征，因此认识和量测国土资源物体的波谱特征是利用遥感技术识别国土资源的基础和依据。

2. 研究国土资源在遥感图像上的影像特征。遥感图像是国土资源遥感研究的基本资料之一，它包括了航空摄影成像的像片和航空或航天遥感中扫描成像的各种图像。遥感图像真实记录了国土资源的多种特征和地区的总体概貌，根据遥感图像所提供的光谱信息和影像特征，去分析国土资源的类别、分布形态等特性。

3. 研究图像的光学增强方法和数字处理方法，从各种图像及它们的合成中提取更多有用的国土资源信息。

### (二) 国土资源遥感研究的方法

国土资源遥感研究的方法与常规研究方法有较大的差别。通常所用的方法有波谱测试、各种图像的解译分析和遥感资料的处理方法等。如目视解译、光学图像增强处理、数字图像处理，具有快速高效等优点。

### (三) 国土资源遥感与其他学科的关系

国土资源遥感一方面与许多基础学科和技术学科有密切关系；另一方面与地质学与土地资源学等国土资源领域的其他学科紧密相连。

国土资源遥感是为国土资源工作服务的方法性学科，它研究的对象主要是地面各种地物和现象。因此，必须具有坚实的地质学、土地资源学和地貌学等方面的知识，并具有丰富的野外工作经验。要进行图像处理必须要有扎实的电子计算机技术。

## 第二节 遥感科学及国土资源遥感的发展概况

### 一、发展阶段

1. 早期阶段 第二次世界大战之前的航空摄影阶段。1839年摄影像机问世，法国人达格雷发表了第一张航空像片。1903年莱特兄弟发明飞机后，开始有机载可见光黑白摄影，1909年意大利人威尔伯·赖特第一次在飞机上拍摄了连续像片。这一阶段摄影技术主要用于军事、气象和地形测绘试验。

2. 中期阶段 从1937年到1960年，主要表现在航空摄影机、电视摄影机、图像扫描仪及航空大口径的成像雷达等技术手段有了显著进步，使图像可记录的波长范围从近紫外到达红外，并扩大到了微波。成像取得的资料除用于军事外，还广泛地应用于各行业。遥感技术应用在国土资源调查方面得到了迅速发展，如利用航空遥感进行区域地质调查和航空物探测量。

3. 近期阶段。上个世纪60年代到现在，是从航空遥感到航天遥感的飞跃阶段，可称为航天遥感阶段。美国陆地资源技术卫星的发射成功，标志着航天遥感阶段的开始，使遥感的定时、定位观测与对比解译在技术上变为可能，在经济上变得合算，并使人类对地球的观测从高空扩展到外层空间；大型电子计算机的开发和应用，为遥感图像处理技术奠定了坚实的基础，使从遥感获得的大量数据得以及时处理并提供给用户，使得遥感技术走向实用化和商业化；遥感技术在国土资源各个方面得到广泛应用，卫星遥感为大区域甚至全球范围内的地质调查创造了有利条件，遥感用于环境监测、土地利用调查等诸多方面都得到了长足的发展。

## 二、发展前景

国土资源遥感作为遥感的一个组成部分，将随着遥感技术的发展而不断前进。

1. 新的遥感波段的开发和遥感器的研究。毫米波段、激光雷达、紫外波段将得到开发利用，提高波谱分辨率和地面空间分辨率，遥感器的运载工具的各种平台的研究，遥感数据的实时传输等都将给遥感带来广阔的前景。

2. 快速、有效的国土资源信息处理、提取、分析方法。如：地理信息系统，全球定位系统，数字摄影测量技术、专家系统，新的图像处理方法开发等。

3. 遥感技术在国土资源领域的深化和开拓。国土资源调查将向模式化、自动化、定量化方向发展。

## 思 考 题

1. 什么是遥感？
2. 遥感的分类有哪些？
3. 遥感技术有哪些主要特点？
4. 遥感科学及国土资源遥感的发展历史如何？

## 第二章 遥感的基本原理

遥感是对地物的信息收集、探测和记录过程。而这些信息事实上是地物的电磁波辐射特性及电磁波的传播机制，是遥感技术及应用的基础。

### 第一节 电磁波及电磁波谱

#### 一、电磁波

遥感的基本理论是建立在物体的电磁波特性上的。电磁波是交变电磁场在空间的传播。电磁波的性质是由组成物质的电子、原子、分子的数量和结构决定的。因而不同的物质具有不同的电磁波特性。

电磁波的描述可以用波长  $\lambda$ ，也可以用频率  $\nu$ ，它们与波的传播速度  $c$  有以下关系。

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (2-1)$$

式中  $c$ ——电磁波传播速度， $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

电磁波所具有的能量  $E$  为

$$E = h \cdot \nu \quad (2-2)$$

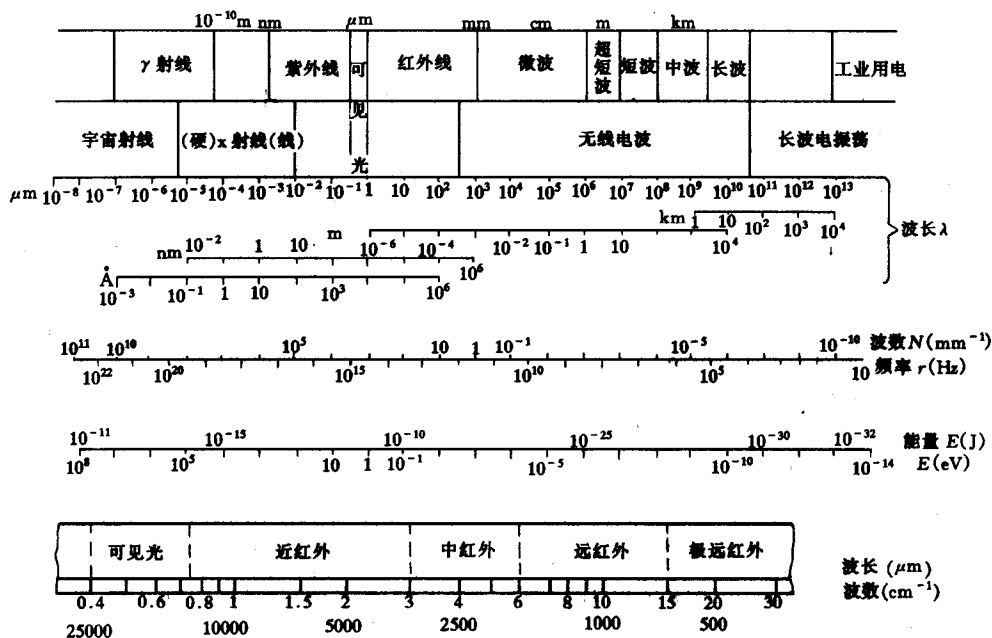


图 2-1 电磁波谱

式中  $h$ ——普朗克常数,  $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ 。

由物理学知识可知,电磁波有若干的特性,它们分别是:电磁波是一个横波;电磁波具波粒二象性,即既有粒子性又有波动性;电磁波可以叠加;电磁波有相关性和非相关性;电磁波能产生衍射、偏振及多普勒效应等特性。

## 二、电磁波谱

将各种电磁波按波长的大小(或频率的高低)依次排成的图表即为电磁波谱(图 2-1)。

## 第二节 电 磁 辐 射 源

物体是电磁波的辐射源,电磁辐射是电磁发射辐射、电磁反射辐射、电磁吸收和透射,即辐射包含发射和传播过程。

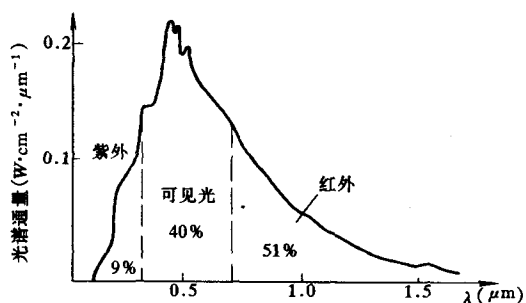


图 2-2 太阳辐射能量分布图

### 一、太阳辐射

太阳辐射是地球能量的主要来源,太阳是一个巨大的电磁辐射源,其表面温度高达 6000K,每秒钟辐射的热量大于  $3.48 \times 10^{26} \text{J}$ ,到达地球的约有  $1.73 \times 10^{17} \text{J}$ 。

太阳辐射中,可见光的辐射强度最大,可见光及红外两部分占总辐射通量的 90% 以上,其余的紫外、X 射线、无线电波在总辐射通量中占很小的比例(图 2-2)。

### 二、地物辐射

地物都是电磁波的辐射源,同时又受到太阳辐射等外界电磁波的辐射作用。

#### (一) 地物的发射辐射

任何物体,只要处于绝对零度 ( $-273.16^\circ\text{C}$ ) 以上,都会由于物质中的电子跃迁,原子振动和分子旋转状态的改变而发射电磁波,在红外波段的发射称为热辐射。

地物的电磁波发射辐射率(发射率)以  $\epsilon_\lambda$  表示。物体单位面积上发射某一波长的能量  $W_\lambda$  与同温度的绝对黑体发射相同波长的能量  $W_{\lambda 0}$  的比值即为发射率,即:

$$\epsilon_\lambda = \frac{W_\lambda}{W_{\lambda 0}} \quad (2-3)$$

显然  $0 < \epsilon_\lambda < 1$

基尔霍夫总结了物体的发射率与它的吸收率  $\alpha_\lambda$  的关系,得到了任何物体的发射率总是和同温度同波长下物体的吸收率相同。即:

$$\alpha_\lambda = \epsilon_\lambda \quad (2-4)$$

物体的发射辐射具有一定规律:

1. 物体发射的电磁波谱中,其峰值波长(即最大发射强度所相应的波长)与绝对温度成反比。即高温物体发射较短的电磁波(如火山爆发时所喷射的熔岩发射红光),低温物体发射较长的电磁波(如冰川发射微波)。介于两者之间的物体,如人体温度一般为  $37^\circ\text{C}$  ( $310\text{K}$ ),其发射的峰值波长为  $10\mu\text{m}$  的红外辐射。

2. 一种物体在不同的温度下其发射强度也不相同,一般与绝对温度的四次方成正比。

由于不同地物有不同的温度，同一地物的温度有昼夜之别和季节的变化，而且与地理位置也有一定的关系，因此，利用这一特性，在热红外探测器中已可探测到  $\pm 0.25^\circ\text{C}$  的温度变化，这对沙漠干旱地区的环境监测具有重要的意义。

## (二) 物体反射、吸收和透射电磁波

电磁波与物体作用过程会出现反射、吸收和透射三种情况。根据能量守恒定律，可对其作用写成：

$$\frac{W_{\rho(\lambda)}}{W_{S(\lambda)}} + \frac{W_{\alpha(\lambda)}}{W_{S(\lambda)}} + \frac{W_{\tau(\lambda)}}{W_{S(\lambda)}} = 1 \quad (2-5)$$

或 
$$\rho(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1 \quad (2-6)$$

式中  $\rho(\lambda)$ ， $\alpha(\lambda)$ ， $\tau(\lambda)$  分别为物体在某波处的光谱反射率，光谱吸收率和光谱透射率。对于不透的物体而言，可以认为  $\tau(\lambda) = 0$ ，即

$$\rho(\lambda) + \alpha(\lambda) = 1 \quad (2-7)$$

显然，在相同的摄影条件下，与摄影有关的主要是地物的反射辐射特性。

## 三、人工辐射

利用某种设备进行电磁波辐射。通常是发射一定波长及能量的电磁波并接收其遇目标后的反射波特征，从而可以进行遥感，如雷达探测即属该类辐射的应用。

# 第三节 大气对电磁波辐射的影响

在任何形式的辐射过程中，辐射都与大气发生作用，从而大气对电磁辐射有很大的影响。

地球大气层的多种气体混合成分如表 2-1。

地球大气层的分层（图 2-3）。对流层的平均厚度约 12km，这层空气密度最大，成分复杂，除气体外还有固态和液态物质。如冰晶、盐晶，其半径约为  $0.1 \sim 1.0\mu\text{m}$ ，水分子半径约为  $2.8\text{\AA}$ ，雾滴半径约  $0.5 \sim 0.8\mu\text{m}$ ，雨滴半径约为  $100 \sim 1000\mu\text{m}$ ，尘烟半径约为  $0.1 \sim 100\mu\text{m}$ 。在对流层  $1.2 \sim 3.0\text{km}$  范围易形成云区，具反射太阳辐射和反射大地辐射的作用，且易产生雷电，故又称为 C 电离层。

平流层（又称同温层）的平均厚度约  $12 \sim 80\text{km}$ 。其中在  $25 \sim 30\text{km}$  范围有一臭氧层，强烈吸收太阳紫外辐射。

电离层的厚度约为  $80 \sim 1000\text{km}$ 。其中 E 和 F 电离层对无线电波具全反射现象。

外大气层的主要成分是氦离子和氢离子。

## 一、大气散射

电磁波穿过大气时遇到各种微粒，如气体分子、尘、烟、雾、霾等等。这些微粒会使电磁波发生衍射，从而改变了电磁波传播方向，这就是大气散射的实质。大气散射作用对可见光波段影响较大，它减弱了电磁波的能量，影响了大气的能见度。

大气散射作用一般说来有分子散射和气溶胶散射两种情况。

大气分子散射也称为瑞利散射。大气中的氮、氧、水汽等各种气体分子都能使太阳辐射产生这种散射。其散射能力与电磁波波长有关，电磁波的波长愈短，受散射愈强烈。这种与波长有关的散射，称选择性散射。对太阳辐射来说，紫外和紫、蓝光受散射最强，因

大气成分表

表 2-1

| 气体                        | 体积混合比<br>( $\times 10^{-2}$ )                                           | 分子半径<br>( $\text{\AA}$ ) |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 氮 $\text{N}_2$            | 78.09                                                                   | 0.70*                    |
| 氧 $\text{O}_2$            | 20.95                                                                   | 0.66*                    |
| 氩 $\text{Ar}$             | 0.93                                                                    | 1.54                     |
| 二氧化碳 $\text{CO}_2$        | 0.03                                                                    | 1.15                     |
| 氖 $\text{Ne}$             | $1.8 \times 10^{-3}$                                                    | 1.12                     |
| 氦 $\text{He}$             | $5.2 \times 10^{-4}$                                                    | 0.93                     |
| 甲烷 $\text{CH}_4$          | $2 \times 10^{-4}$                                                      |                          |
| 氪 $\text{Kr}$             | $10^{-4}$                                                               | 1.69                     |
| 氢 $\text{H}_2$            | $5 \times 10^{-5}$                                                      | 0.32*                    |
| 氧化二氮 $\text{N}_2\text{O}$ | $5 \times 10^{-5}$                                                      |                          |
| 氙 $\text{Xe}$             | $8 \times 10^{-6}$                                                      | 1.90                     |
| 臭氧 $\text{O}_3$           | $10^{-6}$                                                               |                          |
| 水蒸气 $\text{H}_2\text{O}$  | $\begin{cases} 10 & (\text{对流层}) \\ 10^{-4} & (\text{平流层}) \end{cases}$ |                          |
| 二氧化硫 $\text{SO}_2$        | $10^{-4}$                                                               |                          |

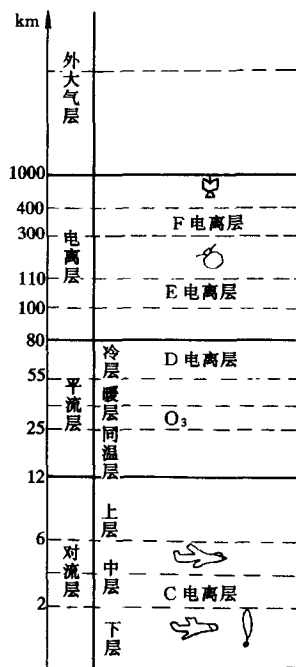


图 2-3 大气分层

而使晴朗的天空呈蔚蓝色。朝霞和夕阳是红色，是由于太阳高度角很小，大气光学厚度加大，阳光在长光程的传播过程中，蓝、紫光部分已被散射殆尽，最后只剩下较长光波的缘故。因为这种散射，高空遥感无法利用紫外波段，就是蓝光波段的遥感图像也总是较模糊的。

气溶胶散射的性质与气溶胶颗粒直径的大小有关。当颗粒直径明显小于波长时，与瑞利散射性质相同，当颗粒直径大于  $2\lambda$  时，散射与波长无关，称为非选择性散射，也称米氏散射。米氏散射的散射光呈白色，其强度与空气中粗颗粒的密度有关。米氏散射的结果是使能见度降低而产生雾蒙现象。

## 二、大气吸收

地球大气层的厚度很大。一般说来，在地表以上 80km 的范围内大气成分是均匀混合的；80km 以上大气就非常稀薄而处于电离状态。遥感研究大气透射特性，主要是 80km 以下均匀层的透射特性。在这一层中，氮、氧、氩三种气体的含量占大气总体积的 99.96%，其中除了  $\text{O}_3$  在紫外波段有些吸收外，都不吸收电磁波。吸收电磁波的气体总共不到 0.1%，它们主要有以下几种：

1. 水汽 水汽对红外的许多波段能强烈吸收，对红光的一部分也能吸收。大气中水汽的含量在不同地点、不同时间变化是很大的。这是造成地表太阳辐射不稳定的主要因素。大气中水汽的含量随高度增加而迅速减少，在高度 13km 以上，水汽可忽略不计。

2. 二氧化碳  $\text{CO}_2$  主要在高度 20km 以下，其含量基本上是稳定的 (0.030%)，人烟稠密的工业区稍高 (0.05%)。它能强烈吸收中、远红外，还能发射热红外。

3. 臭氧  $\text{O}_3$  在低层大气中很少，在 5~10km 以上才逐渐增加，含量最大值在 20~



25km 高空。它能强烈地吸收紫外线，对可见光和红外的某些波段也能吸收。O<sub>3</sub> 在大气中的含量是不稳定的。

4. 其他气体 如甲烷 (CH<sub>4</sub>)、一氧化二氮 (N<sub>2</sub>O)、一氧化碳 (CO) 等对红外线也有选择性吸收，但含量甚微，所以对遥感的影响不大。

5. 气溶胶 大气中悬浮的液体和固体微粒与其周围的气体介质一起称为气溶胶。如雾、尘、烟等。它们对各种电磁波都有某些吸收，但其主要影响是散射。

综上所述，大气中各种成分的吸收主要发生在紫外和红外谱区，吸收的结果使太阳辐射能量损失 17%，最大强度的辐射波长由 0.48μm 移到 0.59μm。

### 三、大气透射

电磁波辐射受到大气的吸收和散射后，将减少通过大气的辐射能，其减小的程度以大气透射率  $\tau$  来表示：

$$\tau = e^{-\delta_0 x} \quad (2-8)$$

$$\delta_0 = \alpha + \gamma \quad (2-9)$$

式中  $x$ ——太阳辐射通过大气的路程长度；

$\delta_0$ ——衰减因素；

$\alpha$ 、 $\gamma$ ——大气吸收率和散射率，随波长而变化。

### 四、大气窗口

在电磁辐射与大气的相互作用中，有些电磁辐射波段，受大气的影 响比较严重，形成所谓大气屏障。而有些波段，大气没有影响或影响很小，形成所谓的大气窗口 (图 2-4)。因此，大气窗口是指大气对电磁辐射吸收和散射很小而透射率很高的波段，换句话说，就是电磁辐射在大气中的传输损耗很小的波段。显然，电磁波遥感用于探测地球资源，获取地面信息的波段必须在大气窗口中选择。

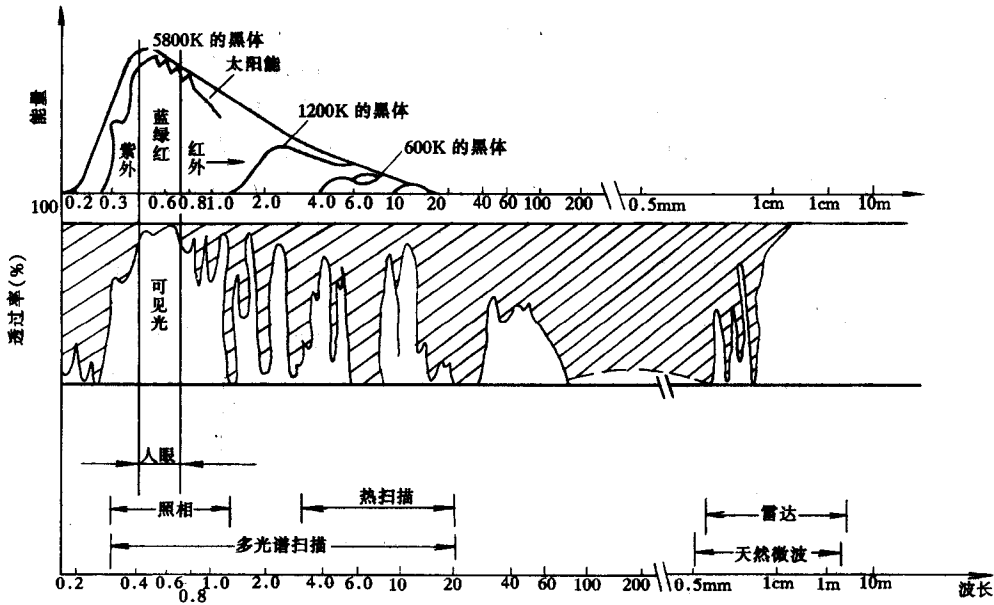


图 2-4 大气窗口

目前所知，可以用做遥感的大气窗口大体有如下几个：

1.  $0.3 \sim 1.4\mu\text{m}$  大气窗口：这个窗口包括全部可见光波段、部分紫外波段和部分近红外波段。这些波段通常只能以摄影和扫描的成像方式在白天感测、收集目标信息，其中  $0.3 \sim 0.4\mu\text{m}$  近紫外窗口，透射率约为 70%； $0.4 \sim 0.7\mu\text{m}$  可见光窗口，透射率约为 95%； $0.7 \sim 1.1\mu\text{m}$  近红外窗口，透射率约为 80%。

2.  $1.4 \sim 2.5\mu\text{m}$  近红外窗口，透射率在 60% ~ 95% 之间。一般是以扫描的成像方式在白天感测、收集目标信息。

3.  $3.5 \sim 5.5\mu\text{m}$  大气窗口：这个窗口属于中红外波段，透射率在 60% ~ 70% 之间。白天夜间都可应用，是以扫描的成像方式感测、收集目标信息。

4.  $8 \sim 16\mu\text{m}$  大气窗口：这个大气窗口属于远红外波段，透射率超过 80%。

5.  $1.4 \sim 300\text{mm}$  大气窗口：这个大气窗口属于微波波段。远红外和微波都能在白天夜间应用，通常也是以扫描成像方式感测、收集目标信息。

## 第四节 地物波谱特征

地物的电磁波谱特征反映的是不同地物的自身特性及相关特性。

### 一、地物反射波谱特征

地物的亮度系数或反射率与入射电磁波的波长有关，同一地物的光谱亮度系数或光谱反射率随入射电磁波波长的改变而改变，地物的这种特性称为反射光谱特性。地物的反射光谱特性通常以反射光谱特性曲线来表示，曲线的横坐标是波长，纵坐标是光谱反射率或光谱亮度的系数。这种曲线直观地反映了地物在不同波长的光谱反射率（或光谱亮度系数）的大小及其变化，充分反映了地物反射电磁波的特性。

物体的反射波谱特征与物质的性质有关：

1. 不同的物体，在同一波长处，反射率的差别是很大的，图 2-5 是几种地物的反射光谱特征曲线，从图中曲线看出：雪的反射光谱和太阳光谱最相似，在蓝光  $0.49\mu\text{m}$  附近有个峰值，随着波长增加，反射率逐渐降低。沙漠的反射率在橙色（ $0.6\mu\text{m}$ ）附近为峰值。湿地在图中的波长范围反射均较弱，色调发暗灰。小麦叶子的反射光谱和太阳的光谱有很大的差别，在绿色波长处有一个小反射峰值，而在红外部分（ $0.7 \sim 0.9\mu\text{m}$ ）附近有一个强峰值。

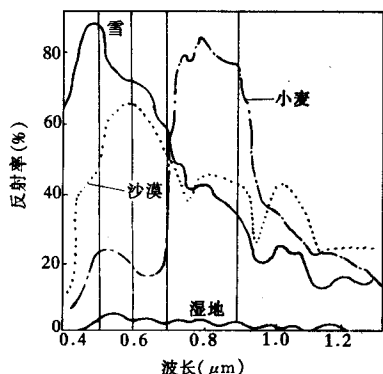


图 2-5 四种地物的反射光谱特性曲线

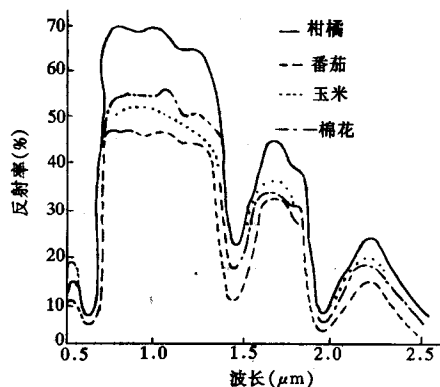


图 2-6 四种植物的反射光谱特性曲线

2. 同类地物由于内在差异反射光谱曲线也不完全相同。图 2-6 绘出了同属植物柑橘、番茄、玉米和棉花四种地物的反射光谱特性曲线。它们总的变化趋势一致，但反射强弱有差别，特别在  $0.75 \sim 1.25\mu\text{m}$  之间差别较大。

同类植物由于生长状况、健康程度不同，它们的反射光谱特征也有差异，如图 2-7 是植物健康状况的不同；图 2-8 是不同生长期的反射特性不同。另外地物的物质成分差异及形成时间的差异使它们的反射光谱特征也有差异，如：土壤含水量的不同（图 2-9），水中泥沙的不同（图 2-10），新雪与陈雪的反射特性（图 2-11）也各不相同。

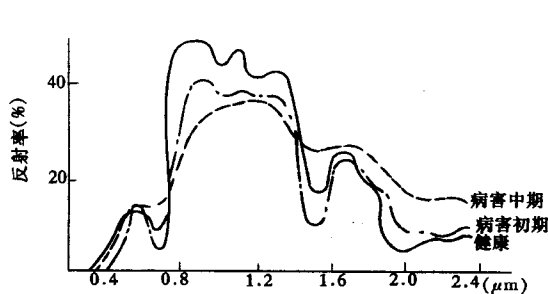


图 2-7 不同健康状况的松树的反射特性曲线

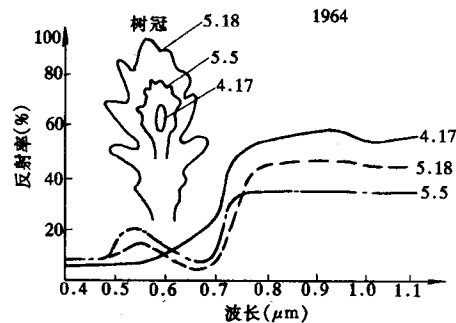


图 2-8 白桦树在不同生长期的反射特性曲线

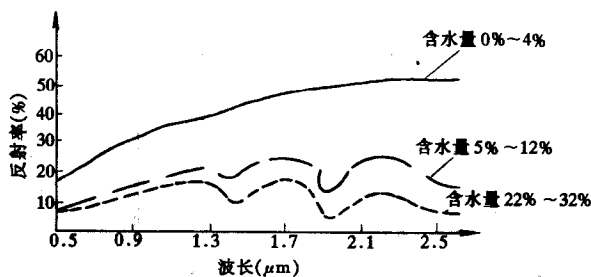


图 2-9 不同含水量（湿度）的沙土的反射波谱特性曲线

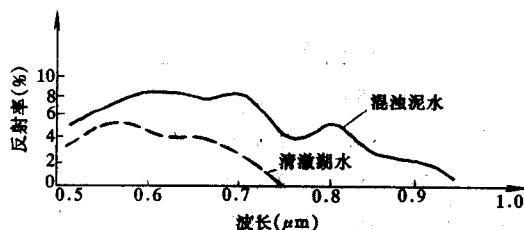


图 2-10 清澈湖水和混浊泥水的光谱反射特性曲线

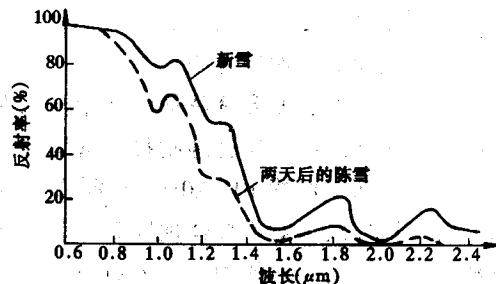


图 2-11 新雪和陈雪的反射特性曲线