

遥感图像处理与应用

宁书年 吕松棠 杨小勤 编著
王四龙 余才英 张景发

地震出版社

1995

9610030

内 容 提 要

本书是作者近年来从事遥感、数字图像处理方面科研与教学工作的成果总结。其内容包含四部分：①遥感图像的原理、信息特征及数据格式；②遥感图像处理系统的构成、发展趋势及几种典型的图像处理系统；③遥感图像处理方法及其计算机的实现；④地学遥感图像处理模式与应用。

本书内容侧重于计算机实现方法与实际应用效果，具有内容新、实用性强的特点。可供从事遥感、图像处理、计算机应用以及地学等专业的科研人员和大专院校有关专业师生参考。

D006/23

遥感图像处理与应用

宁书年 吕松棠 杨小勤 编著
王四龙 余才英 张景发

责任编辑：朱向军

责任校对：李珺

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路 9号 邮编 100081

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

787×1092 1/16 11.125印张 284千字

1995年6月第一版 1995年6月第一次印刷

印数：001—800

ISBN 7-5028-1246-6 / TP·27

(1668) 定价：15.00元

序

遥感是一门新兴的技术，它随着空间技术、传感器、计算机与数字图像处理技术的发展而迅速发展起来。遥感现在已广泛应用于环境监测、资源勘探、土地规划与利用、灾害动态监测、农作物估产、气象预报等领域，对经济和社会发展有着重大的影响。遥感图像处理与图像分析是遥感技术中的关键环节之一。本书是学习和掌握这一环节的很好的参考材料。

本书不仅系统地介绍了遥感图像的形成、图像特征、图像处理的原理、图像处理方法及流程，而且具有以下特色：一是实用性，书中注意收集实用的数据、格式标准以及实用系统的介绍，包括系统的构成、功能以及操作方法，容易使读者做到学以致用；二是本书介绍了遥感在地理信息系统中的应用以及总结了作者在地质解译方面的应用工作，以实例来帮助读者掌握遥感图像处理的应用方法。

全书文字简洁、流畅、通俗易懂。这是作者们总结多年从事遥感、图像处理以及计算机应用的教学与研究经验的结果。我相信本书的出版必将有助于遥感技术的推广和应用。我想，这也是作者们为贯彻“科教兴国”方针而作出的实际贡献。

中国科学院院士
清华大学教授

李德达
于清华园

1995年6月5日

前 言

遥感是近 20 年蓬勃发展起来的一门新兴技术学科，现已被广泛地应用于空间探索、环境监测、资源勘探、气象预报、城市发展规划等许多领域。遥感技术是通过传感器来接收目标物体的电磁波辐射信息的，各个应用领域则是通过对遥感图像的处理、解译来解决实际问题的。数字图像处理是遥感应用中的关键环节之一，随着计算机技术的发展，数字图像处理在遥感技术中的作用将会变得越来越重要。

现有的图像处理和遥感方面的书籍虽然不少，而能将数字图像处理原理与遥感应用实践完美结合的专著很少。这些著作有的偏重于图像处理的纯数学方法与原理问题，而遥感图像处理的计算机实现内容很少，对一般的遥感应用工作者来说很难理解这些复杂的数学推证过程，同时也没有很大的必要；有的只局限于一般性应用问题，而忽略了遥感图像处理原理、计算机实现方法、具体算法的选择以及不同处理方法的优缺点与适用背景，在实际应用中，读者很难针对不同的实际问题灵活掌握与借鉴。本书试图将数字处理理论与遥感应用实践有机结合，注重于遥感图像的计算机实现技术，为遥感应用工作者迅速掌握与应用现代遥感图像处理技术提供了一种可能。本书作者长期从事遥感图像处理的教学与科研工作，具有较深的遥感图像处理的理论知识和丰富的遥感图像处理的工作实践经验，近年来，完成了一些有关的课题和专题文章，本书是作者们近期工作成果的总结。

本书力求全面地反映国内外遥感图像处理的最新成果，内容新颖，深入浅出，实用性强，可作为相关专业科技人员的参考，也可作为有关专业的本科生及研究生教材使用。

本书系统地介绍了遥感图像数字处理与分析技术，主要内容包括遥感图像的形成与图像特征、遥感图像处理系统的构成与发展趋势、遥感图像方法与计算机实现技术、以及地质遥感图像处理流程与特点等。

全书共分四篇十五章，其中第一章由宁书年（中国矿业大学北京研究生部）撰写，第二章由吕松棠（中国矿业大学北京研究生部）撰写，第三章由杨小勤（中国矿业大学北京研究生部）撰写，第四章由王四龙（中国矿业大学北京研究生部）、余才英（淮北矿务局地测处）撰写，第五章由张景发（国家地震局地壳应力研究所）撰写，第六章由吕松棠、杨小勤撰写，第七章由王四龙、宁书年撰写，第八章由宁书年、余才英撰写，第九章由张景发、吕松棠撰写，第十章由王四龙、杨小勤撰写，第十一章由吕松棠撰写，第十二章由杨小勤撰写，第十三章由宁书年撰写，第十四章由王四龙撰写，第十五章由张景发撰写。

本书的完成得到了中国矿业大学北京研究生部计算中心图像室全体同志的支持与帮助；中国矿业大学教材编辑室张乃新编辑审阅了初稿，并提出了一些宝贵意见；国家地震局地壳应力研究所续春荣、邱泽华二位同志协助处理了书中有关图像资料；此外，中国矿业大学北京研究生部计算中心研究生王梅、刘玉荣、孙悦霞、张杰林同学完成了部分插图的整理工作。在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于遥感图像处理与分析技术发展很快，所涉及的学科内容也很广，限于编著者的水平、经验，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

第一篇 遥感图像及其特征

第一章 遥感图像原理	1
第一节 电磁波及其传播	1
第二节 地物波谱特征	3
第三节 人的视觉系统与色度学基本知识	7
第二章 遥感图像的形成	9
第一节 遥感成像过程	9
第二节 遥感平台	10
第三节 遥感传感器及其数字图像特征	13
第三章 遥感图像的数据格式	17
第一节 遥感信息处理的几个基本概念	17
第二节 遥感数据世界标准格式	19
第三节 Bulk 格式	21
第四节 关于 Daedalus 磁带的格式	23
第五节 非遥感数据的图像化处理	24
第四章 遥感图像模式与遥感图像信息特征	25
第一节 遥感图像模式与遥感图像的数字表示	25
第二节 遥感图像中的信息内容与测度	30
第三节 遥感图像信息特征的概貌分析	32

第二篇 遥感图像处理系统

第五章 遥感图像处理系统概述	37
第一节 遥感图像处理系统基本构成	38
第二节 几种典型的遥感图像处理系统简介	39
第三节 遥感图像处理系统的发展	42
第六章 VAX / VMS操作系统	46
第一节 访问系统	46
第二节 如何使用命令语言	47
第三节 用户的工作环境	48
第四节 文件管理及其处理命令	49
第五节 外部设备的使用	52
第六节 常用命令列表	54
第七章 I ² S 600数字图像处理系统	57
第一节 S600 图像处理系统的主要硬件配置	57
第二节 S600 系统的主要功能模块	59

第三节	S600 系统的操作使用	60
第四节	S600 系统功能命令表列	66

第三篇 遥感图像计算机处理

第八章	遥感图像的前处理	72
第一节	辐射量校正	72
第二节	图像的几何精校正	75
第三节	数字图像的镶嵌处理	81
第四节	I ² S600系统中各种遥感 CCT磁带的输入	82
第九章	图像变换	85
第一节	傅立叶变换	85
第二节	K-L 变换	88
第三节	缨帽变换	91
第四节	其它的矩阵变换	92
第十章	图像增强处理	95
第一节	对比度增强	95
第二节	图像的平滑处理	100
第三节	遥感图像的线与边缘特征增强处理	104
第四节	比值与差值处理	107
第五节	图像的彩色增强处理	109
第六节	其它增强处理方法	113
第十一章	遥感图像的分类处理	118
第一节	遥感图像分类原理与方法概述	118
第二节	遥感图像的非监督分类处理	119
第三节	遥感图像的监督分类	120
第四节	地学遥感图像计算机分类处理中的几个问题	123
第十二章	纹理分析	127
第一节	纹理分析的自相关函数法	127
第二节	基于邻域特征统计的纹理分析方法	129
第三节	空间频率法	131
第四节	共生矩阵法	133
第十三章	地理信息系统及其在遥感图像处理中的应用	137
第一节	地理信息系统及其发展	137
第二节	地理信息系统的基本构成	139
第三节	地理信息系统的数据结构	142
第四节	地理信息系统的基本功能	143
第五节	地理信息系统与遥感	144

第四篇 地学遥感图像数字处理的模式与应用

第十四章	遥感图像数字处理模式	145
第一节	地学遥感图像数字处理的特点	145
第二节	地学遥感图像数字处理的一般流程	150
第三节	地学遥感图像数字处理中几个问题的探讨	152
第十五章	遥感图像处理在活动断裂带研究中的应用	156
第一节	鲜水河活动断裂带遥感研究的技术路线	156
第二节	鲜水河地区 TM 图像的特征分析	157
第三节	鲜水河活动断裂带专题信息的增强与提取处理	159
第四节	鲜水河活动断裂带的遥感综合解译	164
参考文献	167

第一篇 遥感图像及其特征

第一章 遥感图像原理

遥感是一种通过非直接接触来判定、测量并分析目标性质的技术^[1]，也有人将遥感简称为遥远的感知^[2]。遥感产品分模拟和数字两种形式，模拟产品主要指经过加工处理的各种比例尺照片及底片，而数字产品通常是指经过预处理的计算机兼容磁带（CCT）。遥感图像数字处理的研究对象主要为 CCT。

众所周知，遥感 CCT 中的每一个图像数据都有明确的物理意义，简单说来它反映了与地面相对应的某一区域内地物的平均电磁波辐射水平，而地物反射与发射电磁波能量的大小又直接与地物的类型相关。因此遥感图像值的大小及其变化主要是由地物的类型及变化所引起。遥感的基本原理就是通过分析遥感 CCT 数值的大小与变化规律来有效地识别地物，数字图像处理作为遥感处理的一个重要技术手段，其目的是为了增强与提取遥感图像中的专题信息，根据专题信息来设计选择遥感图像数字处理的方法。因此，遥感图像的形成原理与物理基础是遥感图像数字处理方法研究所必须掌握的内容。本章将介绍与遥感图像形成原理有关的电磁波传播问题、地物波谱特征以及色度学的基本原理。

第一节 电磁波及其传播

电磁波是在真空或物质中传播的交变电磁场。电磁波理论是遥感的物理基础，遥感中经常使用的可见光、微波以及红外线等都是电磁波。本节将介绍电磁波的基本特征。

一、电磁波的性质^[3,4]

电磁波具有波动性和粒子性两重性质。

1) 电磁波的波动性。所谓波动性指的是电磁波的时空周期性，可以用波长、速度、周期和频率来表征。电磁波是一种伴随电场和磁场的横波，在平面波内，电场和磁场的振动方向是在与波行进方向成直角的平面内。理论上电磁波的波长 λ 、频率 f 以及速度 V 满足关系式 $\lambda = V / f$ 。

电磁波的波动性主要表现为电磁波具有干涉、衍射、偏振以及散射等现象。

2) 电磁波的粒子性。电磁辐射与物质作用时，电磁波具有粒子性。将电磁波作为粒子对待时，其能量 E 为：

$$E = hf \quad (1-1)$$

式中， E —— 能量；

h —— 普朗克常数；

f —— 振动频率。

电磁波的粒子性主要表现为电磁辐射的光电效应、康普顿效应等。

3) 电磁波和物质的相互作用。当电磁波通过物体时必然要与物体发生作用，电磁波在传播过程中会发生诸如反射、折射、散射、吸收以及偏振等现象。例如，在白天植物叶子呈现绿色正是由于叶子中的叶绿素对太阳光中的蓝光及红光强烈吸收而对绿色波段光强烈反射的缘故；在漆黑的夜晚，由于没有光与叶子的叶绿素发生作用，因而就见不到叶子是绿色的。

二、电磁波的波段^[5,6]

不同的电磁波其波长各不相同，将各种电磁波按照波长的大小与范围，依次排列成图表，这个图表就是所谓的电磁波谱。

将连续的电磁波谱人为地划分成若干区段，即电磁波段。从波长较短的一侧开始到波长较长的一侧依次被称之为 γ 射线、 x 射线、紫外线、可见光、红外线、无线电波。目前遥感所使用到的电磁波的波长有紫外线的一部分、可见光的全部、红外线的一部分以及微波等。

各种文献中有关各波谱段波长范围的划分不尽相同，本书采用了文献[1]中列出的划分方案（表 1-1）。表 1-1 中的毫米波、厘米波以及分米波又合称为微波；近红外和短波红外合起来又称为反射红外。

根据遥感所利用的电磁波段，遥感可以分为可见光-反射红外遥感、热红外遥感以及微波遥感三种类型。

表 1-1 电磁波的分类和名称^[1]

名 称		波长范围	频率范围
紫外线		10nm—0.4 μ m	750—3000THz
可见光		0.4—0.7 μ m	430—750THz
红外线	近红外	0.7—1.3 μ m	230—430THz
	短波红外	1.3—3 μ m	100—230THz
	中红外	3—8 μ m	38—100THz
	热红外	8—14 μ m	22—38THz
	远红外	14 μ m—1mm	0.3—22THz
电波	亚毫米波	0.1—1mm	0.3—3THz
	毫米波	1—10mm	30—300GHz
	厘米波	1—10cm	3—30GHz
	分米波	0.1—1m	0.3—3GHz
	超短波	1—10m	30—300MHz
	短 波	10—100m	3—30MHz
	中 波	0.1—1km	0.3—3MHz
	长 波	1—10km	30—300kHz
超长波	10—100km	3—30kHz	

三、大气对电磁波传输的影响^[3]

遥感是通过遥感平台（如卫星等）携带的传感器来接受地物的电磁辐射能量的，地物发射和反射电磁波在达到遥感平台的传感器之前，需要穿过大气层，因此遥感传感器所采

用的波段应该选择能够穿过大气层的电磁波段，搞清楚地物辐射电磁信息在大气中传输时的衰减情况及畸变。以下主要介绍电磁波与大气的相互作用。

1) 大气散射。电磁波在大气中传播当遇到各种颗粒时将产生散射现象，一般有三种情况：瑞利（**Rayleigh**）散射、米氏（**Mie**）散射以及无选择性散射。

2) 大气吸收。大气的主要成分是氮和氧，其余还有水汽、臭氧以及二氧化碳等。氮对太阳辐射几乎无吸收作用；氧吸收波长小于 $0.2\mu\text{m}$ 的紫外线；水对太阳辐射有强烈的吸收作用，其吸收范围在 $0.7\text{—}0.3\mu\text{m}$ 波段区间；臭氧主要吸收波长小于 $0.32\mu\text{m}$ 的紫外线。大气吸收的主要影响是造成遥感图像暗淡，由于大气对紫外线有很强的吸收作用，因而现阶段遥感中很少用到紫外线波段。

3) 大气反射。由于大气中有云层，当地物辐射电磁波到达云层时，就像到达其它物体界面一样，不可避免地要产生反射现象，这种反射同样满足反射定律。

4) 大气窗口的概念。由于地物辐射电磁波在大气中传输时，要与大气产生相互作用，因而不可能所有波长的电磁波都能够有效地穿过大气到达遥感平台的传感器，因此遥感所能够使用的电磁波段是有限的，那些透射率较高的电磁辐射波段就被称之为大气窗口。

第二节 地物波谱特征

遥感图像中灰度与色调的变化是遥感图像所对应的地面范围内的电磁波谱特征的反映。对于遥感图像的三大信息内容（波谱信息、空间结构信息以及时间信息），波谱信息用得最多，同时波谱信息的增强与提取技术是遥感图像数字处理的主要内容之一，因此了解并掌握地物的辐射波谱特征是准确、有效地进行遥感图像数字处理的前提之一。

电磁波与地物相互作用时，一部分能量为物体所反射，另一部分能量被物体所吸收，还有部分能量将穿过物体。航天遥感的遥感平台所携带的传感器通常接收的是地物反射和发射的电磁波能量，由于地学遥感中常遇到的地物发射电磁波能量一般都很小，所以遥感图像主要包含的是地物反射电磁波能量。

一、基本术语^[3,6,7]

1) 双向反射率分布函数。双向反射率分布函数被定义为观测方向物体表面反射辐射亮度除以入射到物体表面的辐照度，它是描述反射辐射在空间分布的物理量。

2) 双向反射率。双向反射率被定义为测量方向上物体的反射辐射亮度与光源在入射方向的辐射亮度之比。双向反射率的大小常常与测量条件相关，因此难以进行比较。

3) 双向反射率因子。双向反射率因子也称相对反射率，被定义为在相同照度条件下，目标物的反射亮度与标准参考面（朗伯面）的反射亮度之比，并乘以标准参考面的反射率。双向反射率因子与测量条件无关，它仅仅只是地物波长的函数，因而能够较好地反映地物的反射波谱特性。

4) 反照率，反照率指的是半球空间内反射通量与入射通量之比。

二、地物的反射波谱曲线与波谱分析

所谓的地物反射波谱曲线就是指地物的反射波谱率随波长而变化的曲线，反射波谱曲线通常是以波长为横轴、反射率为纵轴所作出的相关曲线。

不同的地物具有不同的波谱反射率；相同的地物在不同的波段也具有不同的反射波谱率。在波谱曲线上，不同地物的波谱曲线形态不同；同一地物的波谱曲线也并不是平坦的而是起伏变化的，常常有多个峰点与谷点。

波谱曲线特征的不同是遥感能够识别地物的重要理论前提，波谱曲线分析一方面指的是对某一种特定地物波谱曲线的特征分析，如曲线的峰与谷的位置、数目、高度、宽度、斜率以及波谱曲线的对称度等；另一方面波谱曲线特征分析还应当包括不同地物波谱曲线之间的相关性、峰（谷）共生关系以及峰（谷）的消长关系等。

三、地物的波谱测试

测定地物的反射波谱特征是遥感传感器波段选择的重要依据之一；也是图像成像原理研究的重要基础资料。在遥感图像数字处理中，实际的波谱资料则是遥感图像处理方法与方案选择的重要依据。

在实际的遥感工作中，地物波谱测试一般测定的是地物的相对反射率。为了使所测得的地物反射波谱曲线具有代表意义，并能够与图像传感器所接受的波谱信息相对应且能够用于指导遥感图像数字处理方案的制定，对一种地质体进行波谱测试时，仅仅测量新鲜的样本是远不够的，要综合考虑风化作用、岩层产状变化、土壤覆盖厚度、植被发育、含水性等因素对波谱反射率的影响。

四、常见地物反射波谱特性^[3,4,6,8]

地球表面的地物虽然千差万别，但常见的地物也只有水、植被、土壤及矿物岩石等几种主要类型。城市作为遥感研究的重要对象，其反射波谱特征也开始引起人们的重视。

1) 水的光谱特性。水是地球表面所占面积最多的一种物体，研究水的波谱特性对于遥感应用与遥感图像的数字处理极为重要。

低反射高透射是水体最主要的光谱特征，水体反射率在各个波段都较低，一般都在3%左右，水体对光的作用主要是吸收，在遥感图像上，水体一般都偏黑。清水的反射率在可见光部分较高，达到了4%—5%，波长增加到 $0.6\mu\text{m}$ 时，反射率下降到只有2%—3%，然后曲线继续下降到 $0.75\mu\text{m}$ 以后的近红外波段，水就成为全吸收体。

自然界中水体的可见光反射率主要来自三个方面，即水体表面反射、水体底部物体的反射以及水中悬浮物的反射。自然界中水体的反射波谱曲线与清水的反射波谱曲线之间有很大的差异，自然界中的水体由于水中的藻类及泥沙的影响，反射率比清水高，反射曲线的形态也与其有很大的不同（图1-1）。

水中的叶绿素浓度对水的反射率影响明显，叶绿素的增加通常会导致蓝光波段反射率的显著下降，绿光波段反射率的增加，叶绿素对红外波段光的反射作用使水变为全吸收体的波长大大增加。

含沙的水流，在整个可见光波段的反射率都比清水的反射率要大，水中含沙还造成了 $0.6-0.7\mu\text{m}$ 之间出现水的反射峰，同时使含沙水的反射率为零的波长比清水反射率为零的波长要大得多，可达 $0.95\mu\text{m}$ 。

水体的特点是比热大、热惯性大、自身辐射率高，所以水体在图像上呈现为较深的色调甚至为黑色，而夜间成像图像，水体因为温度高反而为浅色调。

雪是一种固态的水，其反射波谱特性与水有很大的差别，图1-2是雪的反射波谱曲线，雪在可见光波段几乎是全反射的；在红外波段反射波谱曲线的下降斜率很大，到了

1.5 μm 和 2.0 μm 处降为零。

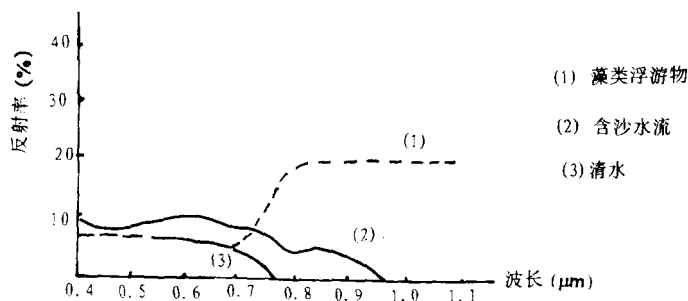


图 1-1 水体的反射波谱曲线^[6]

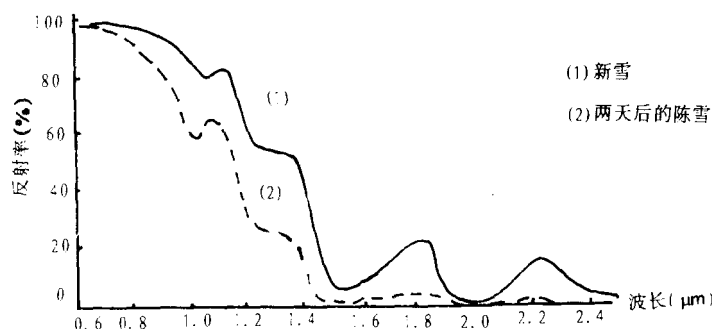


图 1-2 雪的反射波谱曲线^[3]

2) 植物的光谱特性。植物是陆地上分布最广的地物类型之一。植物的基本波谱特征是(图 1-3)：在可见光绿光波段 0.55 μm 附近有一个反射峰；近红外线 0.8—1.0 μm 处有一个强反射峰；以后到 0.3 μm 处是一段下降曲线；在红光波段 0.7 μm 和近红外 1.9 μm 处有强烈吸收峰。

进入衰老期的植物和有病虫害的植物的反射波谱特征与正常的绿色植物的反射波谱特征存在一些差别。在可见光范围内正常植物的反射率比进入衰老期植物和病虫害植物的反射率稍为低些。

3) 土壤的波谱特性。土壤与电磁波相互作用时，一般只存在反射与吸收过程。土壤的反射光谱特征受土壤的质地、氧化铁的含量、有机质含量、湿度、颗粒大小、矿物成分、盐分和表土结构等因素影响，土壤的反射光谱特征变化较大，不同的土壤，反射波谱特征也往往不同，但土壤的反射波谱曲线的基本轮廓表现出反射率总体是上升的。

4) 岩石的波谱特性^[4,6]。岩石是由一种或一种以上的矿物组成的集合体。岩石的可见光、近红外光谱结构极为复杂，难于直接用它来鉴定岩石。但是地物光谱能够反映出组成岩石的基本物质成分及其结构特点，所以可见光、近红外光的反射光谱特征依然是识别与区分岩石的重要依据。岩石的反射光谱特征存在一些基本的特点。

(1) 岩石中的反射波谱特征与矿物晶体中电子跃迁和分子振动有关。岩浆岩波谱特征

与铁离子、羟基和水关系密切；沉积岩除上述因素外，还与碳酸根等阴离子有关；变质岩的波谱特征除与上述因素有关外，还与铁、铝等金属离子有关。

(2) 岩浆岩的波谱反射率随岩石中二氧化硅含量的减少而降低，规律性较强；沉积岩中的碳酸盐岩波谱反射强度最大，碎屑岩次之，粘土岩最小；变质岩波谱反射强度随岩类变化的规律不明显。

(3) 影响岩石反射强度的因素除了物质组分外，还有岩石的结构、构造、产地的自然环境。总之岩石表面粗糙、裂隙发育、湿度大，则图像颜色较暗，风化较深的岩石反射强度往往偏低。

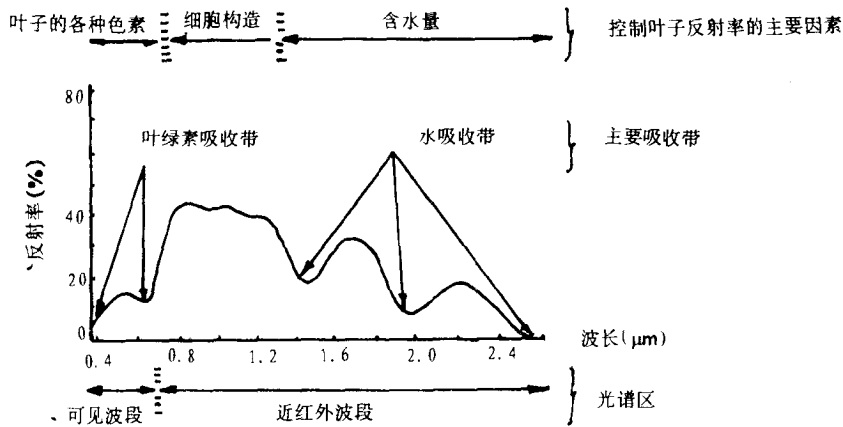


图 1-3 典型绿色植物的反射波谱曲线^[3]

5) 城市地物波谱特征^[6]。城市中的主要地物有水体、植被以及人工建筑物。水体与植被的反射波谱特征在前面已经讨论过，这里主要介绍城市中的建筑物、道路以及垃圾的波谱特征。

城市建筑物的波谱特征主要取决于建筑物屋顶所使用的建筑材料，浅色材料屋顶其波谱反射率较高，图像色调也较淡；深色材料屋顶，波谱反射率较低，图像暗淡；黑色材料屋顶，对太阳光的吸收作用较大，反射率很低，图像为黑色。图 1-4 是几种常见屋顶的波谱特征。

城市道路的波谱特征也决定于路面所用的建筑材料，可分为水泥路、沥青路、土路等，波谱曲线基本上都是平缓上升，水泥路反射率最高，图像上一般为灰白色，土路比沥青路的反射率要高些。城市中的工业垃圾和生活垃圾是城市中特有的一种地物类型，工业垃圾波谱曲线比较平坦，而生活垃圾由于成分较杂曲线不规则。

6) 地物波谱特征的时间效应和空间效应。地物波谱特征的时间效应指的是同一地区相同地物，其波谱特征随时间变化而产生的变化。在遥感图像的数字处理中，这种变化就是所谓的时间信息。

地物波谱特征的空间效应则指的是同一地物，由于所处的地理位置的不同而引起的波谱特征的变化。时间效应和空间效应使地物波谱特征存在某种程度的不稳定性，在实际遥感图像处理方法与方案选择时应该加以注意。

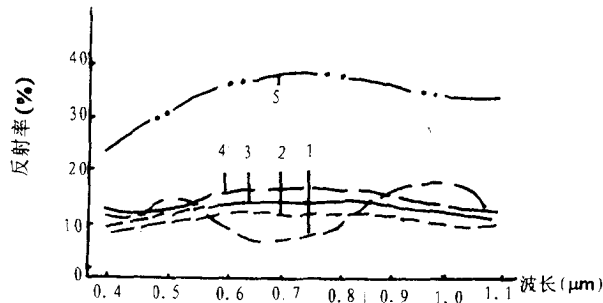


图 1-4 建筑物屋顶的波谱特征

1.塑料顶棚；2.铁质屋顶；3.水泥平顶；4.沥青沙石屋顶；5.石棉屋顶

第三节 人的视觉系统与色度学基本知识

目前，遥感图像数字处理结果的解译在很大程度上还依赖于人工目视解译，因此了解一些人的视觉系统原理和色度学的知识，对于遥感图像的数字处理方法选择大有益处。

一、人的视觉系统^[9]

人对图像的灰度、对比度、色调、结构及其变化的感觉是通过光的反射、传输而作用到人的视觉系统中来的。人的视觉现象是由物理和生理因素所引起的，光的辐射能量与人们感觉到的亮度之间不是一种简单的关系，实际上人主要是通过对比度来“感觉”图像明暗程度的。

人的视觉系统可以分为四个部分：人的眼睛、视神经传导途径、侧外膝状体及视觉皮层。景物（遥感图像）在左、右眼视网膜接收器上形成景像，视网膜接收器通过光化反应把光能转换成电脉冲，这些脉冲通过视神经传到视神经交叉，再传到侧外膝状体，最后到达大脑中的视觉皮层。

二、色度学的基本知识

遥感图像中的各种色彩都是光作用于人的视觉系统的结果，光辐射中能够引起人眼视觉的波长是 $0.4-0.7\mu\text{m}$ ，即可见光波段。由于可见光的波长不同，因此引起人眼对颜色感觉就不同。

1) 彩色三要素。彩色是可见光的一种属性，是一定波长范围内的电磁波在人眼中所引起的视觉反映。彩色通常可以用色调、饱和度以及明度（强度或亮度）三个要素来描述。

色调是颜色的类别，是遥感图像地学解译的主要标志之一。

饱和度是指彩色的纯洁程度、白色的数量。各种单色光有最高的饱和度，因此当物体只对光谱中某一窄波段高反射时，其颜色的饱和度就高。

明度指图像在视觉上引起的亮暗程度。

2) 三基色原理。虽然自然界的颜色千差万别，但是绝大多数的颜色都可以通过红、

绿、蓝三种颜色按照一定的比例混合而成，因此，红、绿、蓝三种颜色就被称为构成其它颜色的三基色。

国际上规定三基色的波长分别为：红—— $0.7\mu\text{m}$ ；绿—— $0.546\mu\text{m}$ ；蓝—— $0.4358\mu\text{m}$ 。由色光实验得到了三基色原理（图 1-5）：

(1) 加色法：三基色相加可以得到三种间色光：

红+绿 = 黄

红+蓝 = 青

蓝+红 = 品红

(2) 减色法：两种色光相加得到白色光，这两种色光称为互补色，用白色减去色光可以得到它的补色光。例如白色减去红色可以得到青色光、白色减去蓝色可以得到黄色光等。

由于篇幅所限，对于视觉系统与色度学不可能展开讨论，更进一步的内容请参考有关专著。

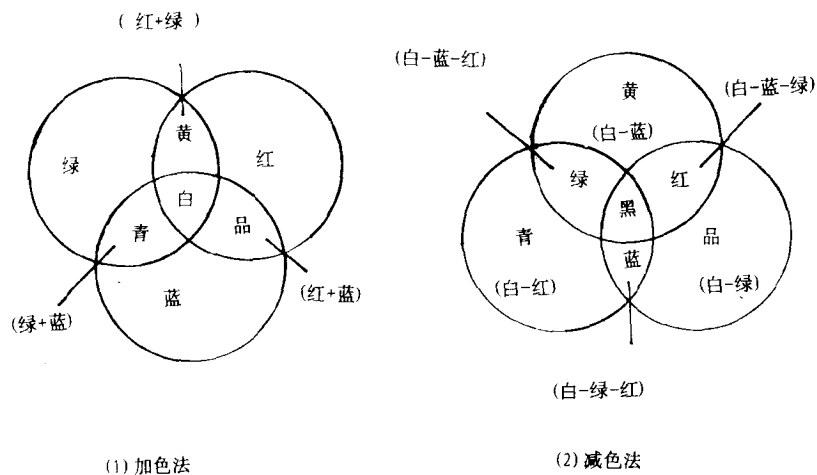


图 1-5 三基色原理图

第二章 遥感图像的形成

对遥感图像进行数字处理其实质是通过各种运算及变换来提取和增强图像中的专题信息，以达到识别地物的目的。遥感图像数字处理方法与方案的选择是依据遥感专题的目的和遥感图像本身的特征来确定的。而遥感图像的本身特征又在很大程度上取决于图像的形成过程，因而图像的形成过程对于遥感图像的数字处理有较重要的意义。本章将讨论遥感图像的成像过程和与之关联的遥感传感器及其数字图像特征。

第一节 遥感成像过程

遥感是遥远的感知，它是通过远离目标物的仪器（传感器）观测并记录来自目标物的信息，然后通过对所记录的目标物信息的加工分析来识别目标物。这个过程明显地可分为两部分，第一部分是目标物信息的观测和记录，即图像的成像过程^[2,10,11]；第二部分是信息处理、分析与解译，即图像处理与解译。

在遥感图像的成像过程中，记录来自目标物信息的仪器被称为传感器；遥感传感器所记录的信息是地物辐射的电磁波能量；携带遥感传感器的工具称之为遥感平台。

从把遥感平台送到远离目标物的位置（如用火箭把卫星送到预定轨道）开始，到由专用的处理系统生产出遥感数字产品（计算机兼容磁带）和模拟产品（各种比例尺的遥感像片）的全过程和全部设备可以统称为遥感系统。图 2-1 是卫星遥感系统示意图。

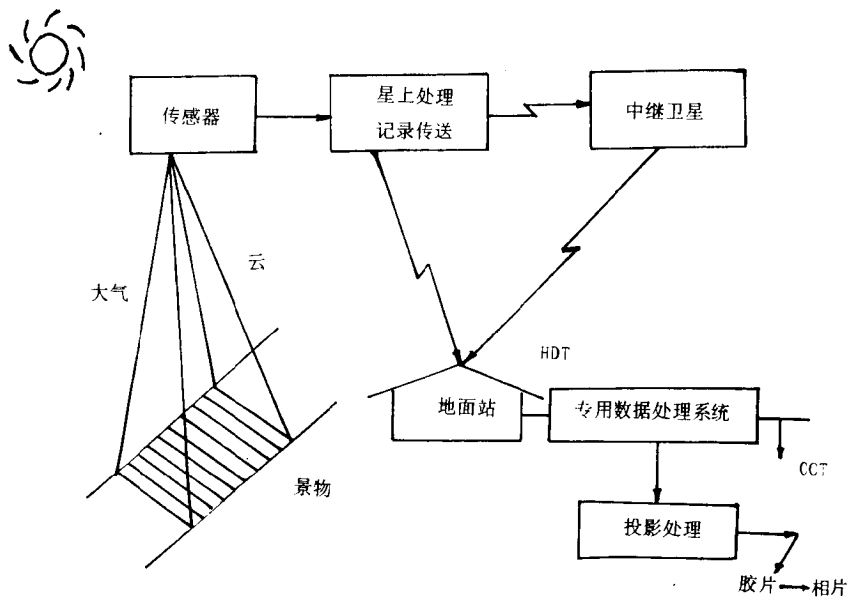


图 2-1 卫星遥感系统示意图

综上所述，与遥感图像成像过程密切相关并影响遥感图像基本特征的主要因素是：地物信息（即地物辐射电磁波能量）、遥感平台以及遥感传感器。遥感传感器所接收的电磁波辐射能量的影响在本书第一章已作过讨论，这一章主要介绍遥感平台与遥感传感器。

第二节 遥感平台

一、遥感平台概述

凡能够把遥感传感器带到远离地面的工具都可以作为遥感平台，能够用来携带遥感传感器的工具（即遥感平台）有许多，例如，卫星、飞机、气球等。文献[1]按照平台高度、目的与用途等因素，对现有的遥感平台作了详细的归纳总结，表 2-1 是实际可应用的遥感平台一览表。

表 2-1 可应用的遥感平台^[1]

遥感平台	高度	目的与用途	其它
静止卫星	36000km	定点地球观测	气象卫星
地球观测卫星	500—1000km	定期地球观测	Landsat, SPOT 等
航天飞机	240—350km	不定期地球观测与空间实验	
无线探空仪	100m—100km	各种调查	
高高度喷气机	10—12km	侦察与大范围调查	
中低高度飞机	500—8000m	各种调查，航空摄影测量	
飞艇	500—3000m	空中侦察，各种调查	
直升机	100—2000m	各种调查摄影测量	
无线遥空飞机	< 500m	各种调查，摄影测量	飞机，直升机
牵引飞机	50—500m	各种调查，摄影测量	牵引滑翔机
系留气球	< 800m	各种调查	
索道	10—40m	遗址调查	
吊车	5—50m	近距离摄影测量	
地面测量车	0—30m	地面实况调查	车载升降台

二、陆地卫星

1972 年美国发射了第一颗地球观测卫星，称为地球资源卫星，1975 年后更名为陆地卫星（Landsat）。从 1972 年到 1992 年共发射了五颗陆地卫星，1993 年发射 Landsat6。陆地卫星的轨道是与太阳同步的近极地圆形轨道，卫星通过地球上某一点的时间总是相同的，每幅图像的覆盖面积是 $185\text{km} \times 185\text{km}$ ，相邻卫星的前后重叠为 10%，侧向重叠的大小与景所在的地理位置有关，向两极方向重叠增加，赤道处的侧向重叠为 14%，到极圈时侧向重叠为 71%，陆地卫星轨道参数详见表 2-2。

三、SPOT 卫星

SPOT(System Probatoire d'Observation de la Terre) 是法国空间研究中心研制的高性能地球观测卫星，SPOT 卫星是 1986 年发射的，现运行的有 1 号星和 2 号星，1993 年又发射了 3 号卫星。SPOT 卫星星体长 3m 宽 2.5m 重 1—2t。