

现代技术地理学

遥感分析方法与 GIS 技术

徐建华 方创琳 白新萍 编著



甘肃科学技术出版社

前 言

地理学以地球表层的地理环境及其与人类活动的相互关系为研究对象,它的发展始终伴随着技术的革新与进步,随着研究工具和手段的变化,其发展过程具有明显的时代性。15 世纪以前,由于受技术手段的限制,地理学研究所涉猎的地区范围非常有限。当时,在中国,长江、黄河上游尚无人涉足;在欧洲,人类的足迹也仅涉猎于直布罗陀附近的地中海和大西洋,而且有限的交通工具和研究手段使研究范围彼此分割,东西方世界各自孤立。15~18 世纪,罗盘、指南针、望远镜等工具的发明和航海事业的发展,扩大了人类的视野和活动范围,先后发现了澳洲、美洲和南极洲,人类对地理环境的认识得到了扩展。19 世纪,随着精密光学摄影仪、高级定时器、经纬仪等仪器的问世,产生了大地测量技术。俄、英、法、德等国家都先后组建了国家测绘机构,开始了大地测量与地图测绘工作。大地测量技术的飞跃发展,对地理学产生了很大的影响,使得人类对地理环境的认识更为精确,譬如,地中海的经向长度比原来缩短了 5° ,青藏高原也缩小了 2° 。这些测量技术使人类对地壳的形象有了定位定量的描述,从而产生了板块学说;由于精密而又生动的大比例尺地形图的出现,地貌学家彭克(W. Penck)开始研究坡面学说,戴维斯(W. M. Davis)提出了著名的地貌循环理论。定位观测站网——气象站网的出现,使地理学家洪堡(Alexander Von Humboldt)开始用等量线绘制气象图,从而产生了天气预报和气象学。

到了 20 世纪,由于航空与航天事业的发展,产生了遥感技术,使人类能够离开地球去观测自己居住的家乡——地理环境,这将

人类的视野提高到一个新的高度。航空测量技术的出现,几乎完全取代了传统的平板测绘方法;卫星图象提供的则是覆盖范围更大、观测频率更高的综合地理信息。20世纪70年代以来,科技进步将人类带入了一个新的技术时代——信息时代,地理学的发展也已从古典地理学,经近代地理学,进入了一个全新的现代地理学时期。如今,各种先进的技术手段,如遥感、电磁波、激光、中子、地球化学、同位素、孢粉分析、计算机、数据库、机助制图、地理信息系统等等,都被相继引入到地理学研究的领域之中,这些先进的技术手段正在现代地理学研究中发挥着前所未有的作用,推动着地理学的科学化进程。各种技术手段相互结合、相互补充,构成了以定位观测分析、遥感和地理信息系统为基本支柱的现代地理学的技术体系。

由于工作和所从事的专业的关系,近年来,笔者对现代地理学的技术体系问题产生了较为浓厚的兴趣,并且对遥感分析方法与地理信息系统技术作了一些初步的学习与研究。本书就是笔者在学习和总结有关学者的研究成果的基础上,结合自己的教学与科研工作,奉献给广大同仁的一部拙作。由于笔者才疏学浅,书中错误之处在所难免,敬请各位专家、学者批评指正!本书的出版,得到了甘肃科学技术出版社的大力支持;书中插图由兰州大学地理系韩品莲工程师清绘。对此,笔者表示衷心的感谢。

笔 者

1995年5月于兰州

目 录

第一篇 遥感分析方法

第一章 遥感原理与基础.....	(1)
第一节 遥感与遥感技术系统.....	(2)
第二节 遥感技术的特点及分类.....	(5)
第三节 遥感技术的物理基础.....	(7)
第四节 遥感技术的发展	(14)
第二章 遥感图像的处理与判释方法	(17)
第一节 遥感图像的光学处理方法	(17)
第二节 遥感数字图像处理的计算机方法	(21)
第三节 遥感图像与地理信息系统的联合处理方法 ..	(25)
第四节 遥感图像判释的主要标志	(29)
第五节 遥感图像判释的程序与方法	(34)
第三章 航空遥感技术分析方法	(38)
第一节 航空像片的摄制原理与标注	(38)
第二节 航空像片的物理特征与几何特征	(41)
第三节 航空像片判释的程序与方法	(46)
第四节 航空像片补测判释方法	(53)
第四章 航天遥感技术分析方法	(57)
第一节 陆地卫星遥感系统分析	(57)
第二节 卫星遥感图像的符号与注记	(62)
第三节 卫星遥感图像的判释特性	(66)

第四节	卫星遥感图像的判释内容与标志	(71)
第五节	卫星遥感图像的判释程序与方法	(75)
第五章	遥感分析方法在现代地理研究中的应用	(80)
第一节	概述	(80)
第二节	河西走廊绿洲自然环境的卫星图像分析	(81)
第三节	河西走廊绿洲生态环境动态演变的卫星 图像分析	(88)
第四节	河西走廊典型绿洲的卫星图像分析	(92)

第二篇 地理信息系统技术

第六章	地理信息系统引论	(98)
第一节	地理信息系统的基本概念	(98)
第二节	地理信息系统产生的时代背景	(101)
第三节	地理信息系统的结构与功能	(104)
第四节	地理信息系统的基本类型	(112)
第五节	地理信息系统的发展与展望	(118)
第七章	地理信息系统基本原理	(124)
第一节	地理数据的获取	(124)
第二节	地理数据的处理	(144)
第三节	地理信息系统的数据库	(155)
第四节	地理信息系统的空间分析功能	(169)
第五节	地理信息系统的应用模型	(187)
第六节	地理信息系统的设计与评价	(196)
第八章	地理信息系统技术在绿洲国土开发中的应用	(208)
第一节	绿洲国土资源信息系统的建立	(208)
第二节	绿洲地区数字高程模型和数字地形模型 及其应用	(213)

第三节	绿洲土地适宜性分析模型及其应用·····	(221)
第四节	绿洲水资源遥感信息系统的建立与应用·····	(225)
参考文献	·····	(231)

第一篇 遥感分析方法

第一章 遥感原理与基础

遥感分析方法是一种通过探测仪器感知和认识遥远物体特性的技术方法。遥感技术是60年代迅速发展起来的一门综合性探测技术,是人们认识自然、探测自然规律的一种现代化手段。随着遥感技术从以飞机为主要运载工具的航空遥感到以地球卫星和宇宙飞船为运载工具的航天遥感的发展,遥感技术进入了实质性应用阶段,应用范围从过去仅限于军事侦察扩展到农业、林业、海洋、国土资源综合考察、城镇规划、环境监测等自然科学与社会科学诸领域,特别是在地理科学中得到了广泛的应用。地理科学重大研究成果的相继出现,越来越证实了引进现代遥感技术对地理研究的重要意义。遥感技术作为地理学现代化手段之一,不仅能迅速地获得大量丰富的第一手地理信息和数据,而且能科学地、准确地、及时地提供分析成果,不仅能提供局部地区的信息,而且能获得全球信息,从而为地理学从定性到定量、从静态到动态、从整体到局部、从过程到模式研究提供了便利条件。可见,遥感分析方法的确是现代地理研究的一种科学技术方法。

第一节 遥感与遥感技术系统

一、遥感与遥感技术

遥感(Remote Sensing),顾名思义就是“遥远的感知”,是通过不与被研究物体、地区或现象直接接触的装置所获得的有关数据加以分析,从而得知该物体、地区或现象的相应信息的一门科学与技术,简单地说,不直接接触物体但能探知物体的有关信息,称为遥感。例如,当你阅读本页这些文字时,实际上你就在从事遥感。你的两眼是接受本页所反射的光的传感器,所看到的“数据”,是相当于本页字里行间反射出来的不同光量的脉冲。这些数据在你的头脑计算机里经过分析和判读,使你能把本页页面上的黑色部分看成是组成词的字符,同时又能看到这些词组成为句子,并解释出句子所传递的信息。可见,遥感在许多方面常常成为一种阅读过程,通过阅读各种传感系统加工出来的遥感数据,获得对研究对象的各种遥感信息。

遥感技术是指从不同高度的平台(Platform)使用传感器收集地物的电磁波信息,再将这些信息传输到地面并加以处理,从而达到对地物的识别与监测的全过程,亦即接收、传输、处理分析和判译遥感信息的全过程,其主要内容包括:

- (1)地物电磁波辐射特性及信息传输。
- (2)遥感信息探测手段,主要指传感器。
- (3)遥感信息处理系统。
- (4)遥感信息应用。

上述四大内容共同组成了从地面到空间、从资料数据的收集处理到判读应用的遥感技术体系,其工作过程可概括为数据获取和数据分析两大方面,如图 1-1 所示。

遥感数据获取过程是借助大气层的传播,使太阳能量与地表

地物发生相互作用(反射、吸收等),然后通过机载或星载传感器,以图像形式或数值形式记录航线内地面特征反射和发射的电磁能量,获取遥感数据成品。遥感分析是利用各种观察判读装置来分析图像资料以及用计算机分析数字数据,从而对获得的遥感数据成品加以研究,并以地图、表格及书面报告的形式表示出来,成为遥感信息成品,最后提供给用户,以供多级用户决策时参考。

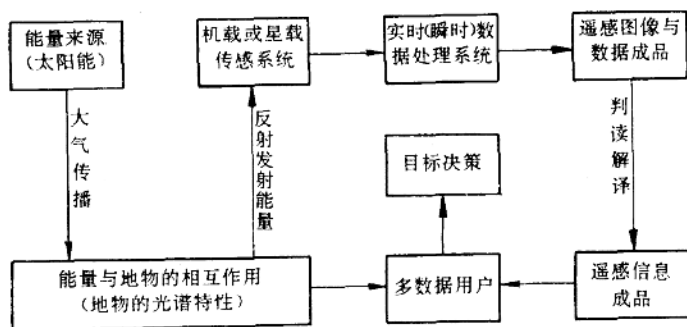


图 1-1 遥感技术工作过程示意图

二、遥感技术系统

遥感技术工作流程告诉我们,遥感技术系统主要由遥感平台、传感器和遥感信息的接收与处理等三部分组成。

(一)传感器

传感器是记录地物反射或发射电磁波能量的装置,是遥感技术的核心部分。根据传感器的工作方式不同,可分为主动传感器和被动传感器两种形式。主动传感器是由人工辐射源向目标物发射辐射能量,然后接收从目标物反射回来的能量,如侧视雷达、激光雷达和微波散射计等。被动传感器是接收自然界地物所辐射的能量,如摄影机(航空摄影机和多光谱摄影机)、多波段扫描仪(红外

扫描仪、多光谱扫描仪)等。传感器根据记录方式的不同,又可分为非成像传感器和成像传感器,其中成像传感器在地理研究中应用得最为广泛。

(二)遥感平台

遥感平台是指装载传感器的运载工具。现代遥感平台依高度不同可分为近地面平台、航空平台和航天平台三大类。近地面平台是指在地面上装载传感器的固定或可移动装置,如汽车、轮船、高塔等,主要用于校准和辅助航空与航天遥感工作。航空平台主要指飞机和气球,其中飞机是航空遥感的主要平台,具有分辨率高、不受地面限制、调查周期短、测量精度高、资料回收方便等特点,特别适用于区域资源探测和环境监测。航天平台主要指探测火箭、人造地球卫星、宇宙飞船和航天飞机等,在航天平台上进行的遥感称航天遥感,其特点是可对地球进行宏观、综合、动态以及快速观察,不受国界限制,如气象卫星拍摄的云图可帮助我们分析全球范围气流的运动情况,从而进行气象预报。

(三)遥感信息的传输与处理

遥感信息主要是指由航空遥感和航天遥感所获得的感光胶卷或磁带。如何将遥感信息适时地传输回地面,经适当处理提供给用户,是整个遥感技术系统的一个重要组成部分。遥感信息的传输包括直接回收和视频传输两种方式,直接回收是指传感器将地物的反射或发射电磁波的信息记录在胶卷或磁带上,待运载工具返回地面时回收,这种回收具有回收方便、信息损失少、保密性强的特点。视频传输是指传感器将接收到的地物反射或发射的电磁波信息,经光电转换,通过无线电将数据传送到地面接收站,这种接收方式克服了直接回收中不能适时回收的特点,但保密性能差。

经过直接回收和视频传输接收到的遥感信息,因受传感器性能、平台姿态等多种因素的综合影响,使地物的几何特性与光谱特征可能发生一些变化,必须通过适当处理校正后方可使用。遥感数

据信息处理系统流程图如图 1-2 所示。

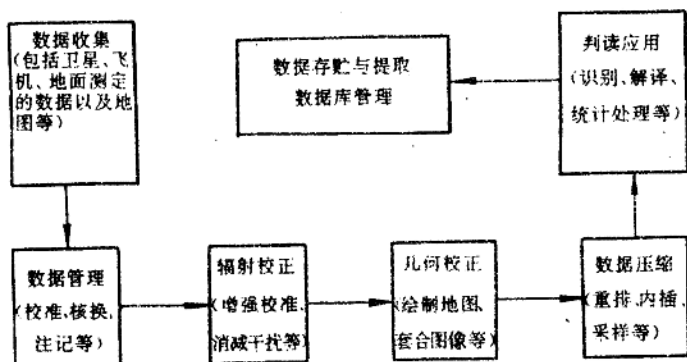


图 1-2 遥感信息数据处理系统流程

第二节 遥感技术的特点及分类

一、遥感技术的特点

(一) 视域宽阔, 具有宏观的特点

运用遥感技术从飞机上获得的关于地面的航空像片, 可以提供地面连续的立体图像, 比例尺 1:10 万一张 18 厘米×18 厘米航空像片的地面面积可达到 324 平方公里左右, 这种宽阔的视域克服了地面工作中点线调查的局限性及视域阻隔, 其效果优于地面调查。同样, 卫星像片视域更为广阔, 一张陆地卫星多光谱扫描图像可表示地面 34 225 平方公里(相当于海南省面积)的实况, 对宏观研究地质构造提供了便利条件, 我国利用卫星图像已新编了 1:400 万比例尺的中国构造体系图、中国地形图和亚洲地质图

等。

(二)信息量大,光谱特征明显,具有全天候观测的特点

遥感技术不仅能获得可见光波段的信息,而且可获得可见光以外的紫外线、红外线、微波波段的信息。这样,可见光看不到的物体和现象,可在像片上用肉眼或凭借专门仪器清楚地看到,从而大大扩充了人们的观察范围。同时,微波遥感可穿透植被、云雾、疏散覆盖物和冰层,这就使得人类对地理实体及现象的认识和研究达到全天候、全天时的境界。

(三)周期成像,动态变化显著,具有时相的特点

根据不同时期拍摄的航空像片,可及时发现地表地理现象的动态变化,为有效地预防作物病虫害、洪水、污染、地震等提供科学依据。卫星像片周期成像的动态相变更为显著。第一颗陆地卫星每隔 18 天就能把整个地球覆盖一次,可以周期成像,获得同一地区不同时间的最可靠最现实的资料。第二颗陆地卫星发射后,与第一颗卫星合在一起又使周期成像的时间由 18 天变为 9 天,这就更利于及时地监测全球自然环境的变化规律。

(四)收集资料方便,不受地面条件限制,具有全面彻底的特点

遥感技术可以获得地面上任何一个地区的资料。借助遥感方法可以获取高山冰雪地区、戈壁沙漠地区、海洋及荒无人烟地区的有用资料,加快地面工作的进程。特别是卫星不受国界限制,可收集全球性资料,并使资料的搜集全面化、彻底化。

二、遥感技术的分类

遥感技术的分类的因分类依据不同有多种分类方法。按运载工具可分为地面遥感、航空遥感和航天遥感;按电磁波段的工作区域可分为可见光遥感、红外遥感、紫外遥感和微波遥感;按遥感资料获取的方式可分为成像方式和非成像方式遥感;按传感器的工作形式可分为主动遥感和被动遥感,等等。遥感技术的一般分类方法如图 1-3 所示。

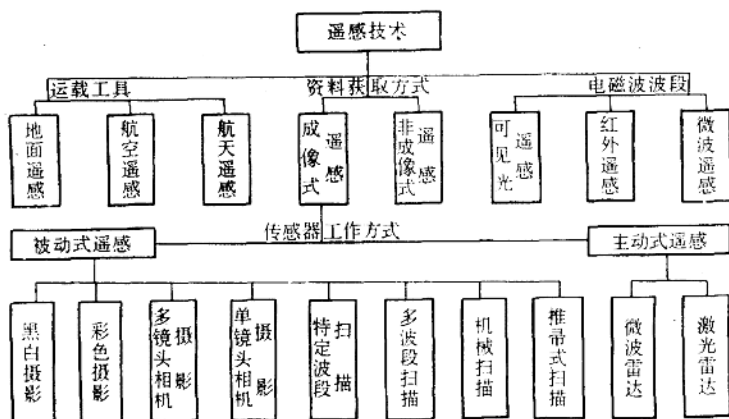


图 1—3 遥感技术分类图式

第三节 遥感技术的物理基础

由于地球表面各种物体都具有电磁辐射的属性,所以,现代地理研究采用遥感分析方法主要是建立在物体电磁辐射原理等物理基础之上。遥感的物理基础涉及面很广,几乎包括物理学中的绝大部分内容,但对于地理研究工作者来说,主要是对应用遥感技术所取得的图像或磁带进行判读,遥感图像判读涉及的物理基础主要有电磁波与电磁波谱、太阳辐射与大气窗口、地物光谱特性等。

一、遥感信息传递的物理基础

遥感信息传递的物理基础主要是指电磁波和其相应的电磁波谱。我们知道,波是振动在空间的传播。自然界中有许多波,如声波、水波、光波、热辐射、无线电波、微波等,其中光波、无线电波、热辐射、微波是通过电磁振荡来传播和传递能量的,统称为电磁波。

可见,电磁波是交变电磁场在空间的传播,是物质运动与能量传递的一种特殊形式。根据麦克斯韦电磁场理论,任何变化着的电场都将在它的周围产生变化的磁场,而变化的磁场又会在它的周围感应出变化的电场,电场与磁场相互激发由近及远向外传播就形成了电磁波。电磁波在传播过程中,电场强度矢量、磁感应强度矢量与传播方向三者之间始终保持相互垂直的关系,所以,电磁波是一种横波。电磁波传递能量的过程叫电磁辐射,包括辐射、吸收、反射、透射等现象。电磁辐射具有波动性和粒子性特征,即所谓波粒二象性,其中波动性是指电磁辐射的时空周期性,主要表现为电磁波能产生干涉、衍射、偏振、散射等现象。粒子性是指电磁波的量子性,即波是粒子流的统计平均,粒子是波的量子化。不同波长的电磁波的其波粒二象性的表现程度不一样,波长愈长的电磁波粒子特征愈不明显,波动特性愈明显,反之亦然。遥感技术正是利用电磁波这两方面的特性来探测目标物所发出的电磁辐射信息。

电磁波的辐射源不同,波长和频率亦各不相同。按电磁波波长的长短或频率的大小,依次排列制成的图表叫做电磁波谱,如图1-4所示。遥感技术应用的波谱段,主要是从紫外到微波的范围。

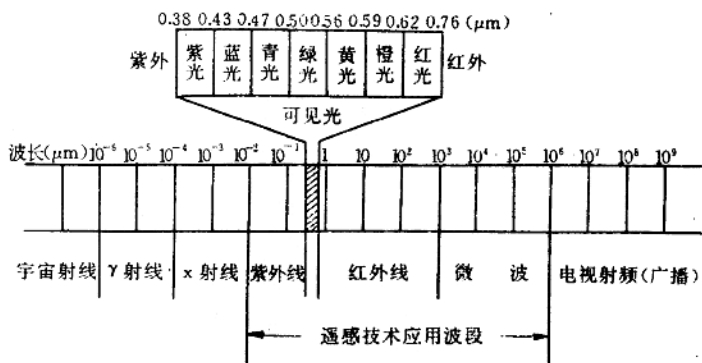


图1-4 遥感技术应用的电磁波谱

围,与此相对应的遥感技术手段分别为紫外遥感、可见光遥感、红外遥感和微波遥感,同时还有多波段遥感技术。在五类遥感技术中,最常用且最成熟的是可见光遥感,分辨能力最好的遥感资料,主要集中在可见光波段范围内。

二、遥感技术的辐射源与大气窗口

太阳的电磁辐射是地球环境中最强大的辐射源,同时又是当前航天、航空可见光及近红外遥感仪器的主要辐射源。太阳是一个表面温度高达 6 000°C 的炽热发光球体,这个极大的辐射源每时每刻都在不断地向宇宙空间辐射出巨大的能量。地球距太阳约 1.5×10^8 公里,太阳辐射要经过 500 秒才能到达地球。因此,在单位时间内,地球只能接收到太阳辐射总量的 22 亿分之一。这是因为太阳辐射进入地球之前必须通过大气层,在通过大气层时,约有 30% 被云层和其他大气成份反射回宇宙空间,约有 17% 被大气吸收,约有 22% 被大气散射,最后只有约 31% 的太阳辐射直射到地面。太阳辐射通过大气的透射率(τ)可表示为:

$$\tau = e^{-\tau_0(a+p)\sec\theta} = e^{-(a+p)\tau_0 \sec\theta} \quad (1)$$

式中 a 为大气中气体分子对太阳辐射的吸收系数;

p 为大气中气体分子、烟和雾对太阳辐射的散射系数;

$(a+p)$ 表示衰减系数,波长越大,衰减系数越小;

τ_0 为大气层的垂直厚度, θ 为太阳高度角。

公式表明,太阳辐射通过大气层后,总辐射能量明显衰减,通过大气层越厚,能量衰减越大,而且,大气层对太阳辐射的反射、散射和吸收作用必然削弱大气层对太阳辐射的透明度,从而模糊遥感图像上地物的影像轮廓,干扰地物影像的真实色调。因此,应用遥感技术进行地理研究时,必须注意选择太阳辐射通过大气层未被反射、吸收和散射的那些透射率高的波段范围,以便使遥感图像清晰地反映地表景观的真实轮廓。我们把大气对电磁波衰减较小、

透射率高的波段称为“大气窗口”，只有当传感器的工作波段选在大气窗口处时，才能从空中遥感到地面目标，接收到地面目标的电磁波信息。遥感技术经常选用的大气窗口如表 1—1 所示。

表 1—1 遥感技术选用的大气窗口表

窗口名称	波长(μm)	光谱特性	成像方式	透射率(%)	选用情况
可摄影窗口	0.3~1.3	地物反射光谱	摄影或扫描	90	应用最广
近红外窗口	1.3~2.5	地物反射光谱	光谱仪或扫描仪	80	遥感地质应用
中红外窗口	2.5~5.0	地物反射、发射光谱	扫描仪或光谱仪	70~80	应用很少
远红外窗口	8~14	地物发射光谱	扫描仪或热辐射计	60~70	遥感地质应用
微波窗口	80~1 000 000	地物发射光谱	侧视雷达	100	全天候遥感

三、遥感数据判读的物理基础

遥感数据判读的物理基础是指地物的光谱特性，即地物对电磁波不同波段的反射、吸收、发射和透射特性。光谱特性是遥感技术探测的重要理论依据，也是利用电子计算机进行遥感数字图像处理 and 分类的参考标准。

地球表面任何地理事物对外来的电磁波都有反射、吸收和透射作用，只要物体温度高于绝对零度（-273.16℃），它就会不断地向外发射电磁波（热辐射），物体的结构与性质不同，对电磁波的反射、吸收和透射程度不同。遥感技术正是利用物体的这种特性，区分和识别自然界千差万别的各种地物。根据能量守恒定律，入射电磁波与反射、透射、吸收电磁波之间的关系可表示为：

$$Q_s(\lambda) = Q_r(\lambda) + Q_a(\lambda) + Q_t(\lambda) \quad (2)$$

式中 $Q_s(\lambda)$ 为入射电磁波能量；

$Q_r(\lambda)$ 为地物反射能量；

$Q_a(\lambda)$ 为地物吸收能量;

$Q_r(\lambda)$ 为地物透射能量。

所有能量均为波长 λ 的函数。对公式(2)两端同除以 $Q_N(\lambda)$ 得

$$1 = \frac{Q_r(\lambda)}{Q_N(\lambda)} + \frac{Q_a(\lambda)}{Q_N(\lambda)} + \frac{Q_r(\lambda)}{Q_N(\lambda)} \quad (3)$$

$$\frac{Q_r(\lambda)}{Q_N(\lambda)} \times 100\% = \rho \quad (\text{反射率})$$

$$\frac{Q_a(\lambda)}{Q_N(\lambda)} \times 100\% = \alpha \quad (\text{吸收率})$$

$$\frac{Q_r(\lambda)}{Q_N(\lambda)} \times 100\% = \tau \quad (\text{透射率})$$

则公式(3)可写成:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (4)$$

对于不透明的地物有

$$\rho = 1 - \frac{Q_a(\lambda)}{Q_N(\lambda)} = 1 - \alpha \quad (5)$$

公式(4)、(5)表明了物体的反射率、吸收率与透射率之间的数量变化关系,其总值恒为 1。反射率高的地物,吸收率就低,传感器记录的亮度值就大,在像片上呈现的色调就浅,反之色调就深,色调的差异就成了目视判读航片与卫片的重要标志。

(一)地物反射电磁波的光谱特征

地物反射电磁波的光谱特性是遥感数据正确判读的重要物理基础,因为目前许多遥感系统都是在反射能量占主导地位的波长区域内工作的,据此,为了突出反射能量的重要地位,常常把公式(2)的能量平衡方程改写为:

$$Q_r(\lambda) = Q_N(\lambda) - Q_a(\lambda) - Q_r(\lambda) \quad (6)$$