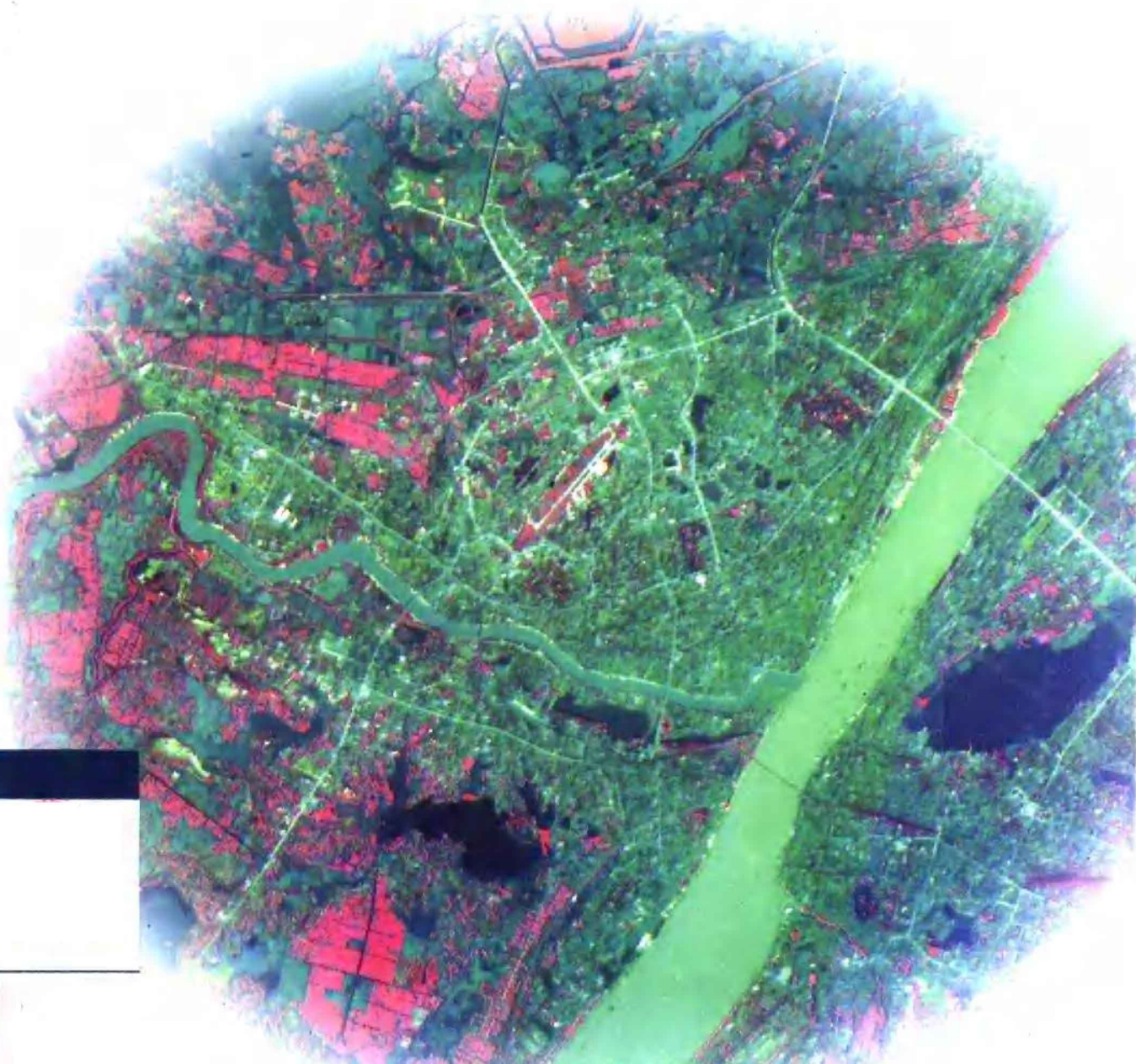


城市遥感技术

詹庆明 肖映辉 编著



武汉测绘科技大学出版社

城市遥感技术

詹庆明 肖映辉 编著

武汉测绘科技大学出版社

(鄂)新登字 14 号

内容提要

本教材根据城市规划专业应用遥感技术的要求和专业特点而编写。主要包括遥感物理基础、遥感技术原理、遥感图像处理、遥感图像目视解译、城市规划数据的遥感调查方法及在城市规划中的应用等方面。针对城市规划专业特点,重点介绍航空遥感图像目视解译的方法及实例,增加小像幅航空摄影和高分辨率卫星遥感图像在城市规划中应用等内容。

本教材采用图文并茂的方式,以大量详实的国内外航空照片和卫星遥感影像作为直观素材,配以文字说明和讲解,便于课堂教学和自学。可作为城市规划及相关专业本科生及研究生的教材和相关专业技术人员的技术参考书。

本书的出版得到国家自然科学基金(编号:59508002)、荷兰政府 DSO 教育援助项目及武汉测绘科技大学教材出版基金的资助。

图书在版编目(CIP)数据

城市遥感技术/詹庆明,肖映辉编著. —武汉:
武汉测绘科技大学出版社,1999.6
ISBN 7-81030-698-7

I. 城… II. ①詹… ②肖… III. 遥感技术-应用-城市规划 IV. TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 14048 号

责任编辑: 曾 兵
武汉测绘科技大学出版社出版发行
(武汉市珞喻路 129 号 430079)
武汉测绘科技大学出版社印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10.625 彩页:6 字数:258 千字
1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷
印数:0001—1000 册 定价:15.00 元

前 言

为了满足城市规划与设计专业学科发展及对新技术的要求,本教材根据城市规划专业应用遥感技术的要求和专业特点而编写。主要内容包括遥感物理基础、遥感技术原理、遥感图像处理、遥感图像目视解译、城市规划数据的遥感调查方法及在城市规划中的应用等方面。同时,针对城市规划专业特点,重点介绍了航空遥感图像目视解译的方法及实例,并增加了小像幅航空摄影和高分辨率卫星遥感图像在城市规划中应用等该领域技术最新发展的内容。

本书采用图文并茂的方式,以大量详实的国内外航空照片和卫星遥感影像作为直观素材,配以文字说明和讲解,便于课堂教学和自学。本教材可作为城市规划及相关专业本科生及研究生的教材和相关专业技术人员的技术参考书。

本书是在武汉测绘科技大学城市规划与设计专业使用多年的作者编写的原校内教材的基础上扩充、改造形成的,并吸收了作者多年来的教学实践经验和科研成果,同时,借鉴了荷兰国际航空航天测量与地学学院(ITC)相关教材的风格和内容。

本书第一、四、五、六、九、十章由詹庆明教授编写,第二、三、七、八章为肖映辉副教授编写。本书作为“九五”规划教材,经武汉测绘科技大学教材委员会审定。在审阅过程中,得到了武汉测绘科技大学孙家柄教授、徐肇忠教授和沈建武副教授的热忱支持和大力帮助,并得到武汉测绘科技大学教务处和出版社的支持和帮助,香港大学城市规划与环境管理研究中心叶嘉安教授对本书的内容和深度也提出了很好的建议,本书的出版得到国家自然科学基金、荷兰政府DSO教育援助项目及武汉测绘科技大学教材出版基金的资助,在此一并表示感谢。

由于受编写时间和作者水平之限,全书难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

作 者

1999年3月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 遥感技术的发展史	(1)
第二节 遥感技术的发展现状	(2)
第三节 遥感技术的发展趋势	(3)
第二章 遥感物理基础	(5)
第一节 电磁波基础	(5)
第二节 地物的波谱特征	(8)
第三节 遥感传感器	(11)
第四节 遥感图像的种类	(13)
第三章 遥感图像的几何特征	(19)
第一节 传感器的几何特征	(19)
第二节 遥感图像的几何变形	(24)
第四章 数字图像处理	(34)
第一节 数字图像增强	(34)
第二节 多光谱数字图像处理	(41)
第三节 遥感数字图像计算机分类	(45)
第五章 遥感图像目视解译	(51)
第一节 引言	(51)
第二节 目视解译标志	(51)
第三节 目视解译方法	(57)
第四节 解译人员的知识结构	(62)
第五节 航空遥感图像的立体观察及仪器	(64)
第六节 影响解译质量的因素	(73)
第六章 遥感影像上的城市地表信息	(74)
第一节 卫星遥感影像上的城市地表信息	(74)
第二节 航空遥感影像上的城市地表信息	(75)
第七章 城市遥感调查	(97)
第一节 城市遥感调查概述	(97)
第二节 城市土地利用调查	(97)
第三节 城市道路交通的遥感调查	(99)
第四节 城市绿地调查	(101)
第五节 城市环境的遥感调查	(104)

第六节	城市人口密度及分布的遥感调查	(107)
第八章	遥感专题图的制作	(110)
第一节	准备工作	(110)
第二节	室内解译	(111)
第三节	信息转绘	(112)
第四节	面积量算	(113)
第五节	专题要素的表示方法	(116)
第六节	城市规划专题图的编制	(118)
第九章	遥感在城市规划中的应用	(122)
第一节	航空遥感在城市规划中的应用	(122)
第二节	航天遥感在城市规划中的应用	(128)
第三节	轻型飞机小像幅航空摄影及航空摄像在城市规划中的应用	(130)
第十章	地理信息系统与遥感图像处理系统	(134)
第一节	概述	(134)
第二节	空间数据的获取	(135)
第三节	空间数据结构	(138)
第四节	空间数据处理与分析	(145)
第五节	地理信息系统软件	(149)
第六节	遥感图像处理软件	(152)
附 录		(158)
城市土地利用分类和代码		(158)
主要参考文献		(164)
附 图		

第一章 绪 论

“遥感”(Remote Sensing)一词作为科学技术术语出现于本世纪 60 年代,意思是遥远的感知,即不与对象接触而收集有关该对象的信息。现代遥感的定义是:不直接接触有关目标物或现象而能收集信息,并能对其进行分析、解译和分类等的一种技术。遥感所收集的信息是由目标物反射或发射的电磁波。收集电磁波信息的装置(如摄影机和扫描仪等)叫传感器。装载传感器的设备,如飞机和人造卫星等称为运载工具或遥感平台。

第一节 遥感技术的发展史

自然界本身也存在许多遥感现象。例如:蝙蝠之所以能在漆黑的环境中自由快速地飞翔,是因为它不仅能够向外发射 25 000~70 000Hz 的强超声波,而且能够接收这些超声波的反射回波,以此来判断障碍物的距离、方位和性质;狗的鼻子能够嗅出 100 万种物质的气味;人的眼睛能看见和识别一定距离的各种物体等。

然而,遥感作为一门科学技术是随着摄影技术和空间运载工具的发展而发展起来的。自 1839 年,法国人达意尔(Luis. J. M. Daguerre)发明了摄影术,人类就有了能把自然界的的信息记录在感光材料上的照片。1859 年美国布拉克(J. W. Black)在 265m 高的气球上拍摄了第一幅空中照片,地点是波士顿海港,见图 1-1-1。1903 年飞机问世以后,便开始了航空摄影的试验,即从空中对地面进行摄影。1910 年怀特(Wilbur Wright)第一次成功地从飞机上拍摄了意大利 Centocelli 地区的航空像片,从此便开始了航空遥感,在此前后的航空摄影其主要目的是为了军事侦察、地形测量及制图。

第一次世界大战(1914~1918)期间德国人和英国人相继采用航空摄影作为军事侦察手段,到了第二次世界大战,许多参战国都采用了航空摄影进行军事侦察,一大批科学家和技术人员应征从事航片解译(Photo-Interpretation)工作,收集军事情报。航空遥感技术在第二次世界大战期间受到了广泛的重视。美国海军以及大地测量局应用彩色航片进行了海岸及浅海海底地形制图,使航空遥感在测量与制图的应用方面有了较大的发展。

1957 年苏联发射了第一颗人造地球卫星,3 个月后美国也发射了一颗人造地球卫星,于是开始了航天遥感的历史。随着空间技术、无线电电子技术、光学技术、传感器技术、计算机技术以及现代通讯技术的发展,遥感技术有了很大发展。传感器从第一代的航空摄影机,第二代的多光谱摄影机、多光谱扫描仪,很快发展到第三代的固体扫描仪(CCD);遥感器的运载工具,从飞机很快发展到卫星、宇宙飞船和航天飞机;遥感波谱段从可见光发展到红外和微波;遥感信息的记录和传输从图像的直接传输发展到非图像的无线电及微波传输;而图像像元地面分辨率也从 80m×80m,很快发展到 30m×30m,20m×20m,10m×10m,最新的发

展甚至达到 $3\text{m} \times 3\text{m}$, $2\text{m} \times 2\text{m}$, $1\text{m} \times 1\text{m}$ 。



图 1-1-1 人类历史上第一张空中照片(1859 年)

第二节 遥感技术的发展现状

遥感技术经过几十年的发展,目前已经形成了比较完整的基础理论体系及其一系列的技术支持。遥感技术作为一种信息获取的手段,集中了航空、航天、电子学、计算机、通讯、现代光学等学科发展的最新成果,成为现代科学技术的重要组成部分,它已经渗透到国民经济各个领域,如农业、林业、地质、气象、海洋、环境、城市规划及土地管理等专业领域和部门。

遥感依传感器接收信号的来源和方式,可分为主动式遥感和被动式遥感,所谓被动式遥感是指传感器直接接收地面物体反射或发射的电磁波来探测物体的遥感方式,如多光谱扫描。所谓主动式遥感是指利用人工发射一定频率的电磁波信号来探测物体的遥感方式,如侧视雷达;按照所获得遥感资料的结果,可分为图像方式和非图像方式遥感。图像方式的遥感是指能够获得影像资料的遥感;非图像方式遥感是指只能获得数据或曲线记录而不能最终获得图像资料的遥感,如使用微波辐射计和红外辐射仪所进行的遥感。按照遥感器使用的运载工具可分为地面遥感、航空遥感、航天遥感,按照应用领域可分为地球资源遥感、农业遥感、林业遥感、地质遥感、气象遥感、海洋遥感、环境遥感、城市遥感等。

就本书主要讨论的城市遥感而言,遥感技术是一种快速获取城市规划现状基础资料的

重要手段,在城市的调查、监测、规划和管理中占有非常重要的地位。我国城市遥感的历史,可以追溯到 20 世纪 30 年代。我国首次进行城市航空摄影的是南昌市,环境遥感的第一批试点城市是大连市和天津市。1978 年,大连的海港污染遥感监测实验得到了可喜的突破,接着 1980 年天津市在大气、水体、土壤、交通、植被、土地利用等多方面的环境遥感监测中,进行了比较系统的分析、评价,出版了计算机辅助制图的环境质量地图集。1983 年,北京市组织了规模宏大的航空遥感综合调查(8301 工程),进行了深入细致的分析研究,取得了显著的社会、经济效益。嗣后,沈阳、太原、广州、武汉、上海、杭州、九江、海口、三亚等 90 多个城市都陆续开展了以彩红外航空摄影为主要信息源的城市综合遥感调查工作,涉及到土地详查、热岛效应、水源及固体污染、绿地保护、文化考古、旅游资源、道路规划等许多方面,应用领域愈来愈广泛,并得到了社会的认可与支持。一些沿江和沿海城市,从遥感监测着手,结合地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS),进一步开展了区域规划、城市规划、小区规划、土地管理和道路、通讯及其他管线的基础设施调查等更加深化的遥感应用工作。

第三节 遥感技术的发展趋势

21 世纪将是空间时代和信息社会的新世纪,随着空间技术、传感器技术、数字图像处理技术的发展,遥感技术的发展将进入一个崭新的时代。总的发展趋势有以下几个方面:

- ①研制和发射以环境监测和资源管理为主要目标的实用型商业遥感卫星;
- ②发展高分辨率遥感传感器,提高遥感影像的分辨率,增加可使用的遥感波谱段;
- ③扩大遥感技术的应用领域,诸如全球性的大地构造、大陆漂移、板块构造的研究、人类生态环境的研究、全球性的环境监测、资源开发、气象预测及地球动力的研究、大型工程的综合评价、海洋开发等全球性的课题;
- ④提高数字图像处理技术及分析解译技术;
- ⑤与地理信息系统和全球定位系统相结合,实现分散或网络数据共享。

由于城市规划和工程设计对高分辨率遥感数据要求的不断增加,以及高新技术本身的发展可能性,空间分辨率的普遍提高将是总的发展趋势,发展高波谱(几十至一百个波段)及超波谱(数百个波段)的传感器以适合不同领域的应用要求。美国国家航空航天局于 1997 年发射了第一颗载有 384 个“波段”的超波谱传感器的小卫星(实验阶段),装载 1m 分辨率传感器的遥感卫星也即将发射。另外,由于微波具有全天候、穿透云层的特点,因此,微波遥感将具有广阔的应用前景。

当前,在空间遥感信息获取技术方面,正日臻完善。一个多层次、多立体、多角度、全方位和全天候的对地观测网正在形成。在今后的 10 年中,人们将看到高、中、低轨道结合,大、中、小卫星协同,粗、细、精分辨率互补的全球系统。在信息与数据处理方面,将加速技术整合,实现遥感、制图、地理信息系统和全球定位系统的一体化与全数字化。在应用领域中,将强调信息共享,逐步实现国家自然资源与环境空间信息基础设施的网络化,提高综合分析能力,扩大空间信息使用的社会效益和经济效益。

现代遥感源于传统的航空摄影测量技术,地理信息系统技术则得益于遥感的系统、连续和动态的数据支持而产生活力,而全球定位系统不分昼夜地提供地球上任意地方、任意天气

条件下的精确定位数据,为遥感和地理信息系统的动态应用提供了基础保障。遥感、地理信息系统和卫星定位系统的结合,将有力地推动技术的发展,使得遥感、地理信息系统和全球定位系统一体化,真正进入人类的活动空间。

思考题:

1. 遥感技术的发展经历了哪些基本阶段?
2. 遥感技术的发展得到哪些技术的支持?
3. 遥感技术未来的发展有哪些特点?

第二章 遥感物理基础

第一节 电磁波基础

一、电磁波

凡是温度高于绝对零度(-273°C)的物体都发射电磁波。由于产生电磁波的波源不同,它们的波长或频率也不同。下面是物质在各种内部状态下所产生的电磁波类型:

原子核内部的相互作用	γ 射线
层内电子的离子化	X 射线
外层电子的离子化	紫外线
外层电子的激化	可见光
分子振动、晶格振动	红外线
分子旋转和反转、电子自转与磁场的相互作用	毫米波和微波
核自转与磁场的相互作用	米波

各种类型的电磁波,由于波长范围的不同,它们的性质(如传播方向、穿透性等)有很大差别。不同物质的分子结构和规模是不一样的,所以它们发射和吸收的电磁波系列,即电磁波谱也是不一样的。

电磁波是空间传播的交变电磁场,是能量的一种动态形式,只有当它与物质相互作用时才能表现出来。整个电磁波按产生的方式和物理特性的不同可划分为不同的波谱区。因为各波谱区之间没有明确的界线,所以各个国家划分波谱区的波长范围并不完全相同。图 2-1-1 是将电磁波按波长的大小顺序排列构成的电磁波谱。

小于 $\text{\AA}$ (10^{-7}mm) 为 γ 射线;

$0.06\sim 20\text{\AA}$ 为 X 射线;

$0.04\sim 0.39\mu\text{m}$ 为紫外线;

$0.39\sim 0.77\mu\text{m}$ 为可见光;

$0.77\sim 1\,000\mu\text{m}$ 为红外线;

$1\text{mm}\sim 1\text{m}$ 为微波;

大于 1m 为无线电波。

可见光还可再分为:

紫 $0.390\sim 0.455\mu\text{m}$;

蓝 $0.455\sim 0.492\mu\text{m}$;

绿 $0.492\sim 0.577\mu\text{m}$;

黄 $0.577\sim 0.597\mu\text{m}$;

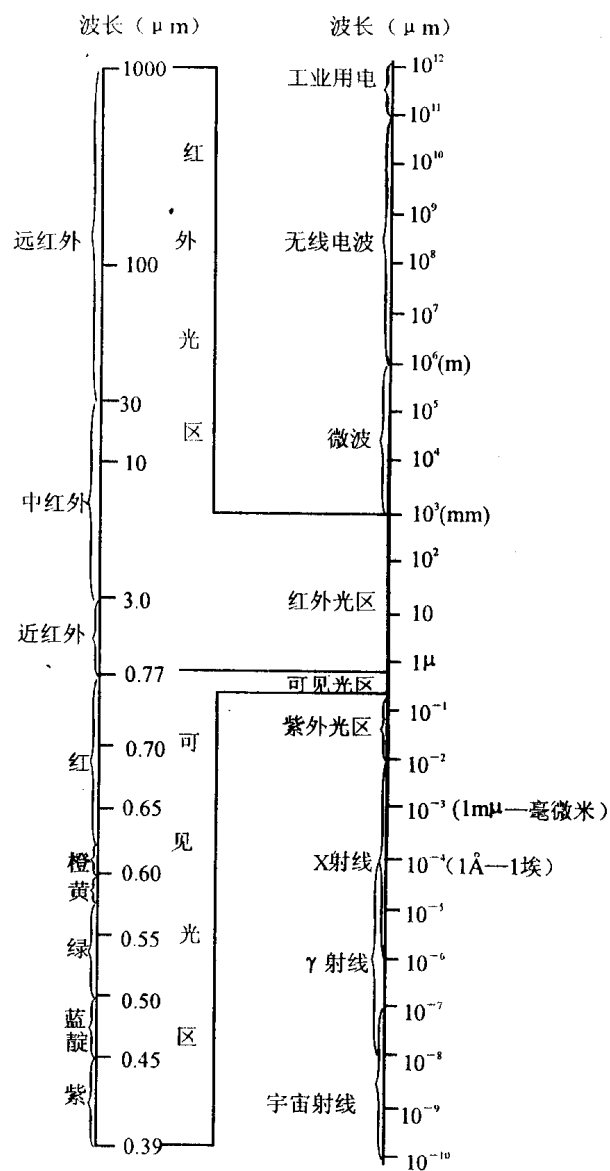


图 2-1-1 电磁波谱

橙 $0.597 \sim 0.622 \mu\text{m}$;

红 $0.622 \sim 0.770 \mu\text{m}$ 。

红外线还可细分为:

近红外 $0.77 \sim 3.00 \mu\text{m}$;

中红外 $3.00 \sim 30.00 \mu\text{m}$;

远红外 $30.00 \sim 1\,000 \mu\text{m}$ 。

微波波段又分为毫米波、厘米波和分米波。

电磁波是取得图像的的物理基础。遥感器是通过探测或感测电磁波谱的不同波段的发射、反射辐射能级而成像的。遥感采用的电磁波波段可以从紫外波段一直到微波波段。

二、太阳辐射、大气吸收、大气散射、大气窗口

太阳是巨大的电磁辐射源,它的表面温度高达 $6\,000\text{K}$,是地球能量的主要来源,也是遥感技术的主要能源。太阳辐射包括了整个电磁波谱范围,波长从短于 $1\text{\AA}$ ($1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$) 的 γ 射线到波长大于 10km 的无线电波。各波长范围内辐射能量大小不同,可见光波段辐射强度最大,可见光和红外两部分的辐射通量(单位时间传送的能量)占太阳总通量的 90% 以上。紫外线、X 射线和无线电波段在太阳电磁辐射总通量中占的比例很小,见图 2-1-2。到达地球大气上界的太阳电磁辐射大小主要取决于日地距离和太阳高度角的变化。太阳处于日地平均距离时,大气上界垂直于太阳入射方向的单位面积、单位时间内获得的太阳辐射能量称为太阳常数,平均太阳常数值是 $135.3\text{mW}/\text{cm}^2$ 。由于太阳辐射在到达地面

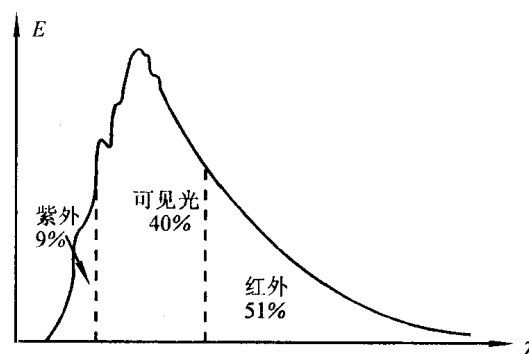


图 2-1-2 太阳辐射能量分布

之前要穿过大气层,其能量有一部分被大气吸收,一部分被大气所散射,还有一部分被云层反射,而大气对太阳辐射中不同波长辐射的吸收和散射的多少是不一样的,所以太阳辐射穿过大气到达地表时,不仅其能量被衰减,而且光谱成份也发生了变化。吸收太阳辐射的主要成份是水蒸汽、臭氧和二氧化碳,而这些成份都吸收紫外线,所以在遥感技术中很少应用紫外波段。

在可见光波段范围内,大气分子吸收的影响很小,主要是大气散射引起衰减。电磁波在传播中遇到大气分子和气溶胶微粒时,改变传播方向,向各个方向散开。散射的方式随电磁波波长与大气分子直径、气溶胶微粒大小之间的相对关系而变,主要有瑞利散射、米氏散射和无选择性散射等。瑞利散射是比电磁波波长小很多的分子所引起的散射。散射强度与波长的四次方成反比,即波长越短,散射越强,当波长增加,散射很快减小。在天空无云、能见度极好的天气下主要是瑞利散射,可见光中的蓝光受散射影响最大,所以天空呈蓝色。大气中的瑞利散射对可见光影响较大,而对红外的影响很小,对微波的影响可以忽略不计。米氏散射为波长与散射微粒大小相近的散射。在大气中米氏散射主要是气溶胶引起的散射。因

气溶胶的形成受天气的影响很大,所以米氏散射主要取决于天气。当大气中的微粒尺寸远大于电磁波波长时,这种微粒的散射为无选择性的散射,它与波长无关。例如,云、雾由比较大的水滴组成,对可见光产生无选择性散射,因此云和雾看起来都是白色的。

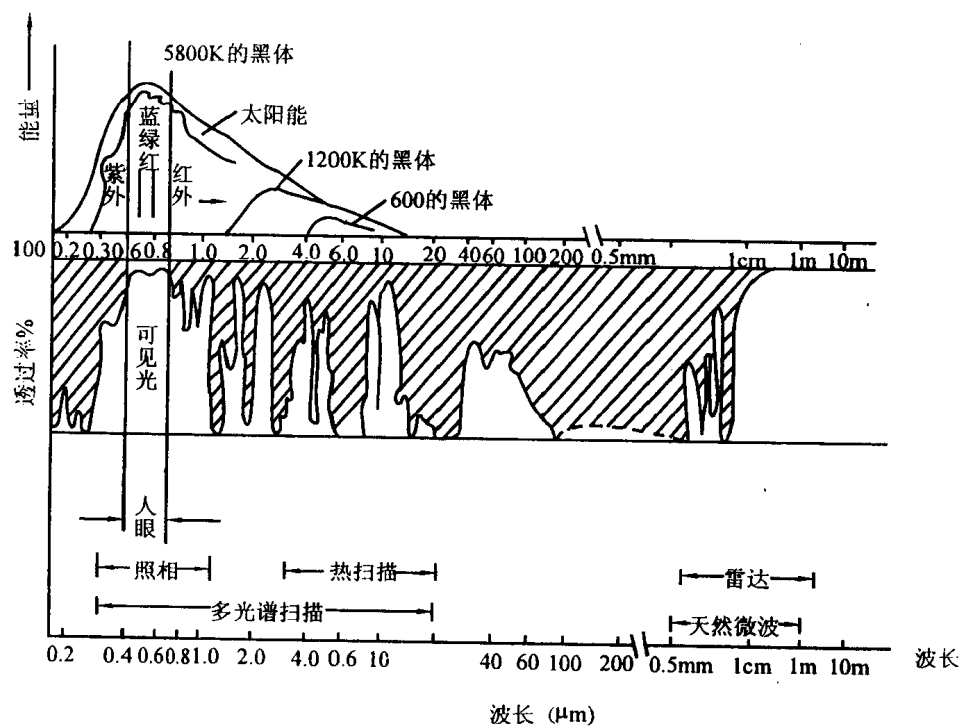


图 2-1-3 大气窗口

电磁波透过地球大气时,其衰减强度随波长而异。电磁波的某些波段,大气对它们的衰减作用较小,透过率比较高,这些电磁波波段称为大气窗口,见图 2-1-3。那些衰减作用大,透过率很低的电磁波波段称为大气屏障。遥感技术的重要课题之一,就是研究和选择有利的大气窗口,以利于最大限度地接收有用信息,可见光窗口最透明,即透过率最高。对遥感最为有利。

第二节 地物的波谱特征

一、地物波谱

自然界中地物与电磁波的相互作用主要表现为反射、发射、吸收和透射几种形式。物体在同一时间、空间条件下,其发射、反射、吸收和透射电磁波的特性是波长的函数。当我们将这种函数关系用曲线的形式表现出来时,就形成了地物电磁波波谱,简称地物波谱。不同的物体由于其组成成份、内部结构和表面状态以及时间、空间环境的不同,它们的反射、发射、吸收和透射电磁波的特性也不同,即不同的地物具有不同的波谱曲线形态。

二、地物的反射波谱特性

辐射能量入射到任何地物表面上时,都有一部分被反射,一部分被地物吸收后成为其内能部分再发射出来,另一部分则穿透地物即被地物透射。根据能量守恒定律,可得出下式:

$$P_{\lambda} = P_{\rho} + P_{\alpha} + P_{\tau}$$

其中, P_{λ} 是入射的总能量; P_{ρ} 是地物反射的能量; P_{α} 是地物吸收的能量; P_{τ} 是地物透射的能量。

$$\text{令} \quad \rho = P_{\rho} / P_{\lambda} \quad \alpha = P_{\alpha} / P_{\lambda} \quad \tau = P_{\tau} / P_{\lambda}$$

ρ 、 α 、 τ 分别称为地物的光谱反射率、吸收率、透射率,于是有

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

$\rho = 0, \alpha = 1, \tau = 0$ 的物体为黑体;

$\rho = 1, \alpha = 0, \tau = 0$ 的物体为绝对白体;

$\rho = 0, \alpha = 0, \tau = 1$ 的物体为绝对透明体。

不同的地物有不同的反射率。同一地物在不同的波谱段有不同的波谱反射率。地物的波谱反射率随波长变化的规律称为地物反射波谱特性。某地物反射率随波长变化的曲线称为该地物的反射波谱曲线。有时也把这种曲线形态特征称之为反射波谱特征。

地物不同,反射波谱特性也不同,图 2-2-1 给出了一些城市地物的反射光谱曲线。地物反射光谱特性是像片解译的重要依据。

三、地物发射波谱特性

任一地物发射的辐射能量 W 由下式给出

$$W = \epsilon \sigma T^4$$

其中, ϵ 是地物的发射率; T 是地物的温度; σ 是常数。该式表明,地物辐射能量与温度的四次方成正比,且地物的微小温度差异会引起地物热辐射能量的显著变化,因此热红外遥感可用于城市热岛、水体热污染等方面的调查和研究。

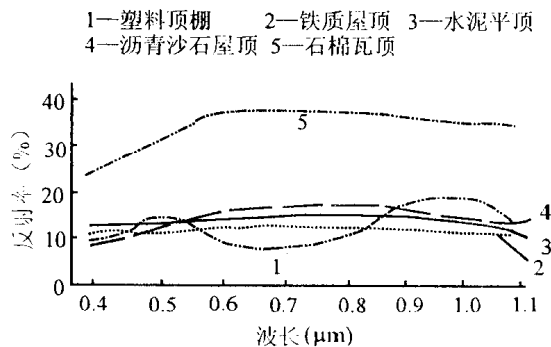
地物的发射率与其表面状态、温度、类别等因素有关,地物发射率随波长变化的规律称为地物发射光谱。一般而言,同一物体的发射率随其自身温度不同而异。当温度一定时,表面较粗糙或颜色发暗的地物有较高的反射率,而表面较光滑或颜色较明亮的地物的发射率较低;比热大、热惯性大及具有保温作用的物体,其发射率就大,反之其发射率就小,例如,白天水面光滑明亮,水体发射率较低,夜晚因其比热大,发射率就高。

四、城市地物的波谱特征和影像特征

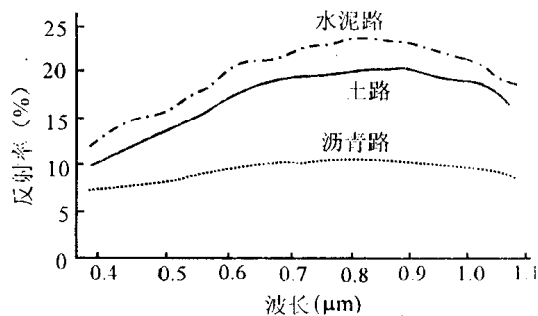
城市是人们改造自然的结果。城市中的地物大多具有人工特征,如人工建材修建的各种建筑和铺砌的路面,人工种植的绿化植物群落,人工开挖和铺装过的游泳池、喷水池等。研究这些地物特有的波谱特征和影像特征是城市遥感技术的基础工作之一。

1. 建筑物

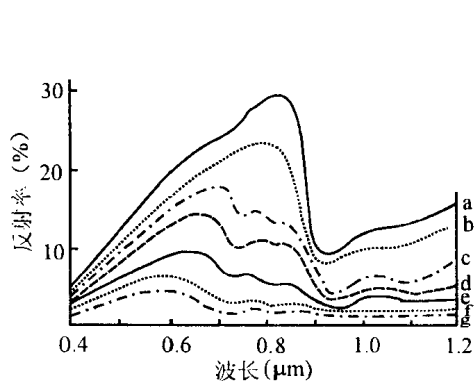
在遥感图像上,通常只能看到建筑物的顶部或者是部分建筑物(中心投影像片的边缘部



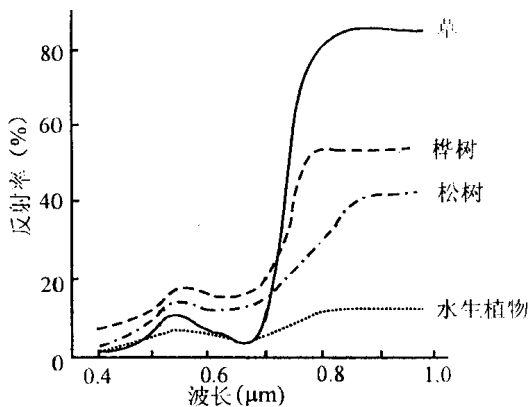
(a) 各类建筑物屋顶的波谱特征



(b) 各种道路的波谱特征



(c) 不同浊度水体的波谱特征



(d) 不同植物的波谱特征

图 2-2-1 主要城市地物的波谱特征

分)的侧面,因而建筑材料所构成的屋顶的波谱特征(见图 2-2-1(a))是我们着重研究的。石棉瓦反射率最高。沥青粘砂屋顶,由于其表面铺着反射率较高的砂石而决定了其反射率高于灰色的水泥平顶。铁皮屋顶表面呈灰黑色,反射率低且起伏小,故曲线平坦。绿色塑料棚顶的波谱曲线在绿波段处有一反射峰值,与植被相似,但它在近红外波段处没有反射峰值,有别于植被的反射波谱。

人工建筑物还具有热红外发射特征,在热红外图像上留下亮斑,而其发射的强弱则取决于建筑材料的热特性。当物体接受太阳、天空辐射或地下热流补给时温度上升,温度上升的速度则与物体的热惯性有关。大多数物质的热惯量随物体的密度的增大而线性增大,即:

$$P = \sqrt{KC\rho}$$

式中, P 为热惯量(单位: $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$); K 为热传导率; C 为热容量(温度改变时,物质吸收或放出的热量); ρ 为物质的密度。例如,各类钢材的热传导系数较大,因而热惯量较大,在图像上呈亮色调,而木材的密度及热传导系数较小,因而热惯量较小,而呈暗色调。

2. 城市道路

城市中道路的主要铺面材料为水泥和沥青两大类,在城乡结合部有少量土路,这三种铺面道路的反射波谱特征如图 2-2-1(b)。由图可见这三种路的波谱曲线形状大体相似。水泥路呈灰白色,反射率最高,其次为土路,沥青路反射率最低。

沥青路面和水泥路面的温度传导系数小,白天增温慢,而晚上其发射辐射强,温度比周围地物高,所以在黎明前的热红外图像上,城市道路为白色的线状网络,如图 2-4-4。

3. 城市水体

比起地面物体来说,水体的反射更为复杂,它不只是光的入射反射角度不同,还受水体表面状态、水深和水底形态以及水体自身的影响。

水体的反射率(除镜面反射方向外),在整个波段内都很低,一般都在 3% 左右。在近红外部分更为突出。对于清水,一般在可见光部分反射率为 4%~5%,于 $0.6\mu\text{m}$ 处开始下降至 2%~3%,到 $0.75\mu\text{m}$ 以后的近红外波段,水成了全吸收体。而浑浊水的波谱曲线则整个偏高,随着悬浮泥沙浓度的增加及悬浮泥沙粒径的增大,水体反射量将逐渐增加。反射峰亦随之向长波方向移动,称为红移。然而由于水体在 $0.93\mu\text{m}$ 和 $1.13\mu\text{m}$ 附近对红外辐射吸收强烈,反射通量急剧衰减,反射峰移到 $0.8\mu\text{m}$ 附近便终止移动,如图 2-2-1(c)所示。所以,在一般的黑白航空像片上,洁净的水体(如大蓄水池、清水水库等)比含沙量大的水体(如长江,黄河)的影像色调深;在彩红外航片上洁净水体呈黑色。

另外,水体中叶绿素浓度和植物性浮游生物密度对水体的反射波谱影响也比较明显,因为水体中水生植物含叶绿素而在近红外波段出现反射峰值,据此可以判定水体的富营养化程度及分析污染程度。

4. 城市绿地

与其他物体相比较,各类绿色植物具有极为相似的反射波谱特征,原因是植物均进行光合作用。植物的反射波谱特征是:在可见光绿波段 $0.55\mu\text{m}$ (绿光)附近有反射率为 10%~20% 的一个峰值,在近红外波段 $0.8\sim 1.0\mu\text{m}$ 间有一个反射率为 50%~60% 的峰值,如图 2-2-1(d)所示。因此绿色植物在彩红外遥感影像上非常明显,很容易识别。

第三节 遥感传感器

遥感传感器(Sensor of Remote Sensing)是收集、量测和记录地物辐射电磁波特性的仪器,亦是获取遥感图像数据的工具。目前遥感中使用的传感器,大体可分为如下类型: