

472740

57.195
GLJ

遥感基础与应用

关履基 汤金明 编著

中山大学出版社

遥感基础与应用

关履基 汤金明编著

中山大学出版社

前 言

本书系应广东省遥感学会及广东省国土厅邀请而编写的一本遥感基础读物。它是编者近年来在中山大学地理系讲授遥感课程和参加广东省土地资源详查试点工作、城市遥感试验等科研、教学实践的总结。编写这本书的目的主要是为即将全面开展的应用遥感技术进行土地资源详查，及开展城市遥感调查提供培训教材，并可作为高等院校地理、地质、测绘、农林、水利等专业的师生、以及从事遥感技术研究和应用的有关人员的参考读物。

遥感是六十年代兴起的一门跨学科的综合探测技术。它涉及到多学科、多专业的大量基础知识，应用范围十分广泛。本书着重介绍遥感基本原理及其在土地资源调查和城市规划中的应用。全书共七章，第六章由汤金明、莫敦劲、余国勉编写，其余各章由关履基编写并对全书进行文字整理和修改。书中插图与照片由朱淑然、郑去敌绘制。在编写过程中承蒙缪鸿基教授关心指导并审阅全文、冯炳铜对内容编排提出宝贵意见，在此表示深切感谢。

由于时间仓卒，编者水平有限，错误和不足之处，敬希读者指正。

编者

一九八六年四月

目 录

概述	(1)
第一章 遥感技术的物理基础	(8)
一、电磁波和电磁波谱	(8)
二、光和颜色	(15)
三、热辐射	(24)
四、地物的波谱特性	(28)
五、太阳辐射与大气透过特性	(37)
第二章 传感器与运载工具	(44)
一、传感器的分类	(44)
二、几种常用的传感器	(46)
三、信息记录和记录材料	(56)
四、运载工具	(68)
第三章 航空遥感图像的判读	(74)
一、航空摄影简介	(74)
二、航空摄影像片的几何特征	(77)
三、航空摄影像片的物理特征	(93)
四、航空摄影像片的判读标志	(97)
五、热红外图像的判读标志	(109)
六、侧视雷达图像的判读	(112)
七、航空遥感图像的判读方法与程序	(116)
第四章 陆地卫星图像的判读	(120)
一、卫星图像的几何特征和物理特征	(122)

二、卫星图像的符号及注记·····	(130)
三、不同光谱段的影像特点及应用范围·····	(133)
四、卫星图像的目视判读·····	(138)
五、卫星图像的影像增强·····	(145)
六、卫星图像的电子计算机判读方法·····	(151)
第五章 应用遥感图像判读自然地理要素·····	(161)
一、地貌的判读·····	(161)
二、地质的判读·····	(171)
三、水体及水污染判读·····	(177)
四、土壤的判读·····	(186)
五、植被的判读·····	(189)
第六章 遥感技术在土地资源调查中的应用·····	(195)
一、土地利用现状调查的目的和任务·····	(196)
二、土地利用现状的分类·····	(198)
三、应用卫星图像进行土地利用现状调查·····	(200)
四、应用航空遥感图像进行土地利用现状详查·····	(212)
五、像片转绘方法·····	(217)
六、面积量算方法·····	(230)
第七章 遥感技术在城市规划中的应用·····	(237)
一、国内外应用遥感技术开展城市规划的简况·····	(237)
二、应用遥感图像分析城市自然环境·····	(242)
三、应用遥感图像判读城市要素·····	(254)
四、应用遥感图像编制城市土地利用现状图·····	(268)
五、城市单项要素现状的分析·····	(271)

概 述

神话中的“千里眼”是古代人们希望能识别远方物体的幻想，随着现代科学技术的飞跃发展，这一幻想逐步得到实现。今天，人类已经能够从不同高度的空间，通过飞机或人造卫星对地球表面进行观察和研究，并发展了一门从远处识别地面目标物的技术——“遥感”。

“遥感”是六十年代开始在国际上迅速发展起来的一门综合性的新型探测技术。近二十多年来，由于光学、电子学、宇航技术和电子计算机技术的相继发展，人造卫星进入实用阶段，获取地面信息的各类传感仪器不断进步，以及数据处理系统的不断完善，使遥感技术的应用范围日益广泛，已在地质、地理、测绘、农林、海洋、水文、城市规划、环境保护及资源调查等各方面得到应用。目前，从地面、空中到空间，已构成一个立体的遥感系统。地面观测、航空遥感和航天遥感三者相互补充、互相促进，进一步加强了遥感获取信息和识别物体的能力，为遥感技术的发展展示出广阔的前景，并在国民经济建设中发挥越来越大的作用。

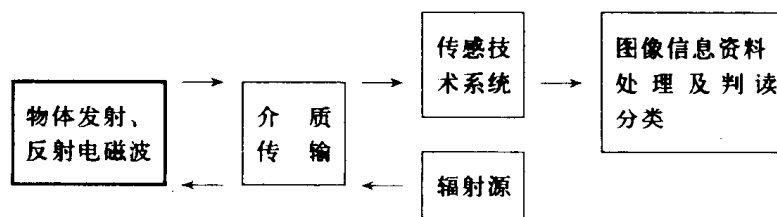
“遥感”一词出现于六十年代初期，意指遥远的感知。从广义上说，可以把遥感定义为不直接与目标物接触而收集该目标物的信息，并对其进行识别。但遥感技术通常是指使用传感仪器检测远处物体反射或发射的电磁波信息来识别物体的方法手段。具体地说，它是指从飞机或人造地球卫星等

运载工具上，利用各种传感仪器收集地面物体反射或发射的电磁波信息，经过加工处理，变成人眼可见的图像或数据，再通过分析判读来识别物体性质的原理和方法。因此，遥感的物理基础主要是电磁波理论。遥感技术的组成部份主要是：

- ①地面物体辐射电磁波特性及其传输规律；
- ②工作在不同波谱段的各种传感仪器和能把传感仪器输送到工作地区上空的运输工具；
- ③遥感图像、资料数据的加工处理及判读分类技术。

一、遥感过程及分类

为了更直观地了解遥感的过程及其相互关系，可以用图概括表示如下：



从图中可见：由辐射源发射的电磁波通过介质传到地面，经地面物体反射或辐射后，再通过介质进入传感器，转换为图像或数据资料，最后进行加工处理及分析判读，这就是遥感的主要过程。

在遥感过程中，由于辐射源的性质不同、运载工具高度不同以及传感器的工作方式和工作波段的不同，可以对遥感进行各种分类：

- ①根据辐射源性质不同分为主动式遥感和被动式遥感。

主动式遥感是采取人工辐射源，由传感系统向地面发射电磁波（脉冲），然后利用接收器接收地物反射的回波，以达到遥感的目的，例如侧视雷达。被动式遥感是以太阳为辐射源，用传感器收集和记录地面物体对太阳电磁波的反射或辐射特征，例如摄影机。

②根据运载工具或传感器的高度不同分为航天遥感、航空遥感和地面观测三种。航天遥感亦称为空间遥感，是用人造地球卫星、宇宙飞船或航天飞机等运载工具，从几百公里以上的高空对地面进行遥感；航空遥感亦称为空中遥感，是用飞机作运载工具，飞行高度一般不超过2万米；地面观测在国外称为近感，是用遥感车、遥感船等运载工具或在地面架高塔进行近距离观测，将获得的地物波谱特性资料与航天或航空遥感资料对照分析，以提高图像判读的效果。

③根据传感器的工作方式分为摄影方式的遥感和非摄影方式的遥感，或分为图像方式的与非图像方式的遥感。此外还有按传感器的工作波段不同分为紫外遥感、可见光遥感、红外遥感、微波遥感及多光谱遥感等。

二、遥感发展简史及其特点

虽然“遥感”一词出现于六十年代，但遥感的历史是悠久的。根据资料记载可以将遥感的发展概括为四个阶段：

1. 航空摄影初期

据报道，第一张空中摄影像片是由达格雷（Daguerre）和尼普斯（Niepce）拍摄并于1839年发表的。摄影技术首次用于绘制地形图大约是1840年。随后兰达（Nadar）和劳塞

戴特(Aime Laussedate)都先后在汽球上拍摄了巴黎地区的照片。1898年劳塞戴特在他的一篇报告中说,他终于研究出一种数学分析法,能把重叠的透视图像(像片)变成正射投影图(地形图)。但由于当时受仪器设备和技术条件的限制,除了进行一些试验性拍照和研究外,没有多大进展。

2. 航空摄影测量和像片判读阶段

二十世纪初,飞机的出现和摄影材料、设备的改进,使应用航空摄影像片测制地形图和像片判读进入实用阶段。1913年在维也纳举行的国际摄影测量学术会议上,开普顿·塔迪沃首次论述用飞机拍摄的像片绘制地形图的问题。在第一次世界大战期间,由于军事上的需要,航空摄影便成为军事侦察的重要手段。据有关资料记载,英国一名空军上校,当时每天平均拍摄空中照片一千张;法国空军曾在一天拍摄了一万多张像片。至第一次世界大战结束时,德国已拥有两千架航空摄影机。随着航空摄影技术的发展和各种立体测图仪器的出现,使应用航空像片测制地图走向理论化、实用化,航空摄影测量便成为测绘部门中一门新兴的科学技术。同时像片判读亦由军事侦察逐步扩展到对自然环境的研究,如地质判读、森林调查、地貌研究等。但直到第二次世界大战前,航空摄影还是以测制地图和像片军事判读为主要内容,还只能以摄影方式获得地表物体在可见光范围内的信息,而且也只能着重于对地表的几何特征的研究。

3. 航空遥感阶段

第二次世界大战期间,由于军事侦察的需要,研制成功

了红外胶片、彩色胶片，逐步扩大了获取地面信息的光谱范围。第二次世界大战后，随着红外、彩色红外摄影技术的发展，又出现了红外扫描仪、多光谱扫描仪和侧视雷达等能工作在可见光、热红外到微波段的传感仪器，大大扩大了常规航空摄影所能感受的光谱范围，构成了多波段、多种传感仪器、多种遥感资料的航空遥感技术系统。同时像片判读也从军事领域迅速扩大到地学各部门。在判读方法上，从过去偏重于研究像片影像几何特征，推进到对影像的电磁波特性的研究。人们发现地面所有物体（如岩石、植被、水、土等），都以自身的特有规律不等量地反射和辐射不同波长的电磁波，这些电磁波信号称为信息。航空像片正是记录着拍摄地区内各种地物的丰富信息的，因此，促进了像片判读理论和方法的发展，使航空像片判读在五十年代末期成为研究地理环境和勘测自然资源的重要手段。

我国对航空摄影的应用是在1930年开始的，1931年成立了航空摄影测量队。但在旧中国除了培养了一批技术人材外，没有突出的成就。解放后，航空摄影测量和像片判读有了飞跃发展。1950—1951年在治淮工程中首先应用了航空摄影。以后又进行了全国性的航空摄影测量。在五十年代初期，航空像片判读即应用于地质、林业、水利等各部门。至五十年代后期已开始应用航空像片研究地理环境和编制专题地图。六十年代初期完成了全国第一批航测地形图。

4. 航天遥感阶段

五十年代后期，人造地球卫星发射成功，人类开始了从外层空间探测地球的新阶段。在1958年至1962年间，通过分析研究由卫星拍摄地面的大量像片，发现从外层空间探测地

球资源比航空摄影具有更大的优越性。1962年在美国密执安大学召开了第一次国际环境遥感会议，交流了从空中研究地理环境的经验，并把这一技术命名为“遥感”。1962—1971年，美国国家宇航局(NASA)进行了多次航空遥感试验，累积了大量资料数据，完成了卫星传感器的设计，为发射地球资源技术卫星作了一系列的准备工作。

1972年7月23日美国发射了第一颗地球资源技术卫星(E R T S - 1)，1975年1月22日发射了第二颗卫星(E R T S - 2)，以后改称为陆地卫星(L a n d s a t)。迄今为止美国已发射了五颗陆地卫星。其中第一、二、三颗卫星已相继于1978年及1984年停止运行，目前第四、五颗陆地卫星仍在继续工作。美国发射了几颗陆地卫星后，获得大量的地面信息资料，并向世界各地提供照片或磁带。目前它已广泛用于地理、地质、测绘、农业、林业、水文、水利，以及环境、资源调查等各个方面，并取得较好效果。

此外苏联、法国、日本等都致力于遥感技术的研究，发射了各种类型的卫星。特别值得提出的是我国依靠自己的技术力量，于1970年4月发射了第一颗人造地球卫星，以后又多次发射了各类卫星，并成功地实现了卫星的回收。我国的遥感技术虽然起步较晚，但发展较快，目前已进行多次航空遥感试验，研制成功各类传感仪器如航空摄影机、热红外扫描仪、多光谱扫描仪等。我国近年发射成功的卫星获得的照片已具有较高的影像分辨率，达到了先进水平，具有大面积覆盖、准同步的特点。目前在国民经济各部门中应用遥感技术都取得较好成绩，逐步走向实用阶段，取得明显的经济效益。

综观遥感技术的发展状况，可见当前的遥感技术具有广、

多、快、省等特点。

广：视域宽广，可以在一张像片上观察大面积地区。一张1:10万比例尺的航空像片覆盖面积达400多平方公里。一张卫星像片拍摄地区面积为3400平方公里，对研究宏观地质、地貌、大气环境、大河流域等提供十分有利的条件。其次是涉及学科范围广。遥感技术是一门综合性的边缘科学，它涉及物理、光学、电子学和电子计算机科学，同时也涉及航测学、地理、农林、地质、水利等学科各专业，因此遥感技术只能是“多兵种协同作战”，各学科互相渗透、密切配合。其三是应用范围广，现已在军事、地理、地质、测绘等四十多个学科领域上获得应用。

多：采用多种运载工具、多种传感器、多种遥感资料、多种地面信息、多种时间顺序重复拍摄，以及遥感资料的多种用途和多种处理手段。

快：收集资料速度快，能反映地面的动态变化。1000平方公里的地区的航空摄影只要几小时即可完成。对不同时期拍摄的航空像片进行对比分析，可反映出地区环境的变化。陆地卫星每天绕地球14圈，每18天覆盖地球一次，若用两颗卫星的资料，则每9天即可重复拍照，故能很快收集到地面的资料，及时了解地面的动态变化。另外利用遥感资料进行调查、制图，速度比常规方法快。

省：利用遥感技术勘测自然资源比用常规的地面调查，能节省大量经费、时间和劳动力。

第一章 遥感技术的物理基础

要了解遥感技术的基本原理，首先要了解与遥感有关的一些电磁波的基本特性，地物发射、反射电磁波的特性，以及电磁波在大气层中的传播规律等基础知识。

一、电磁波和电磁波谱

波是振动在空间的传播。波的产生有两个基本条件：一是振源（波源）；二是要有能传播振动的媒质。例如石块跌落静止的水面时，在落水点（振源）便产生振动，这种振动沿水面（媒质）周围传播，产生水面波。又如拉紧的一根绳子，同时使一端点作垂直于绳子方向的振动，这振动就会沿着绳子向另一端传播，形成绳子上的波。以上的波是由机械振动产生的，称为机械波。在机械波中，振动着的是弹性介质中质点的位移矢量。由于振动的情况不同，产生的波也不同。最基本的波有两种：横波和纵波。用手迅速而有节奏地推压弹簧的一端，便看到弹簧有的部分密集，有的部分稀疏，疏密相间，沿着弹簧向前传播。这种振动方向与传播方向相同的波称为纵波。如声波就是纵波（图 1-1）。手握绳子一

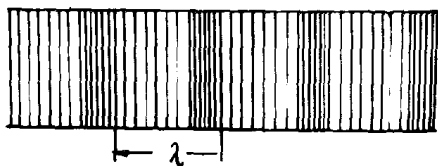


图 1-1 声波—纵波

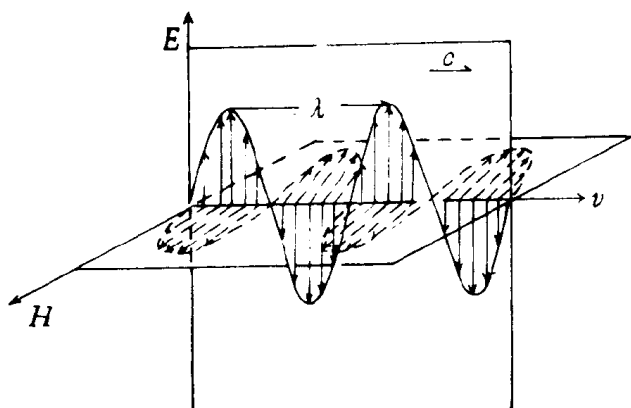


图 1 - 2 电磁波—横波

端，上下抖动形成绳子上的波，其振动方向与传播方向是互相垂直的，这种波称为横波。电磁波就是一种横波(图 1-2)。

1863年物理学家麦克斯韦发表了著名的电磁场理论，其要点是：变化的电场产生磁场和变化的磁场产生电场。根据这个理论，如果在空间某一区域内有变化电场和变化磁场，就会在邻近区域中产生变化磁场和变化电场(图1-3)。这种在空间传播着的交变电磁场，就称为电磁波。在电磁波里，振动着的是空间的电磁矢量 E 和 H (E 为电场强度， H 为磁场强度)。 E 与 H 互相垂直且垂直于传播方向 (V)。因此电磁波是以场的形式表现的横波，电磁波的传播就是变化电磁场的传播。理论计算证明电磁波的传播速度等于光速。由此麦克斯韦指出光也是电磁波，把光和电磁现象统一起来。

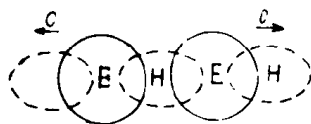


图 1 - 3 电磁场在某一方向上的传播

虽然电磁波的传播与机械波不同，前者是振源发出的电磁振动在空中的传播，而后者则是振源发出的机械振动在弹性媒质中的传播，但两者在运动形式上都是波动。因此电磁波也可用波动的时空周期性来描述。

描述电磁波的时空周期性的几个主要物理量是：波速、波长、周期、频率、振幅及初位相。

波速是波在单位时间内传播的距离。电磁波在真空中的传播速度为每秒 3×10^8 米，通常用 C 表示。

波长是在同一波线上两个相位差为 2π 的质点之间的距离，即一个完整波的长度，以 λ 表示。

周期是从任一点开始，振动传播一个波长所需的时间，以 T 表示。

频率是单位时间内波动前进距离中所包含的波数，以 ν 表示。因此频率是周期的倒数。

根据上述定义，波长、波速、周期及频率有下列关系：

$$C = \lambda / T, \quad \nu = 1 / T, \quad C = \nu \lambda \quad (1-1)$$

振幅即振动点离开平衡位置两边的最大位移。如图 1-4 中的 a 点，以 A 表示。

初位相即波形的时间提前或延后量，以 ϕ 表示。 ϕ 越大则波形的延后量越大（图 1-5）。

对于单一波长的电磁波可以由波动方程中的波函数来表示。即：

$$\Psi = A \cdot \sin[(\omega t - kx) + \phi] \quad (1-2)$$

式中： Ψ 为波函数， A 为振幅， ϕ 为初位相， k 为圆波数， ω 为圆频率（ $\omega = 2\pi / T$ ）， t 为时间变量， x 为空间变量。

虽然麦克斯韦的电磁场理论能很好地解释光的干涉、衍

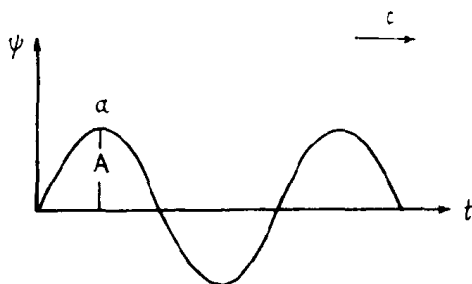


图 1 - 4 电磁波的振幅

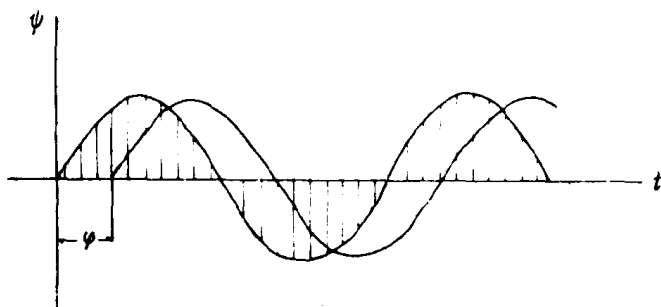


图 1 - 5 电磁波的初位相

射、反射、折射、散射和色散等波动特性，但不能解释物体受热发光的热辐射现象，也不能解释如象紫外线这一类波长很短的射线照射在金属面上时，金属中有电子逸出的光电效应现象。1905年爱因斯坦提出了电磁辐射的光子理论，认为光是由一颗颗具有一定质量、能量和动量的粒子所组成的粒子流，这种粒子称为光子。光子具有质量、能量和动量，以及存在热辐射、光电效应等现象，说明光具有微粒性。光具有一定的波长、频率以及存在反射、折射、偏振等现象，这是光在传播过程中所表现的波动性。因此电磁辐射具有波动和微粒二象性。根据电磁辐射的量子性质，电磁辐射流量子的能量为 $\epsilon = h \nu$ (h 为普朗克常数， ν 为频率)。

由上式可见：频率或波长不同的电磁辐射具有不同的能量，频率高、振幅大的辐射能量大；频率低、振幅小的辐射能量小。普通发电厂发出的交流电频率只有50赫兹，故电路中辐射的电磁能量很小。为了获得一定的辐射功率，在无线电中使用的频率通常在100千赫兹以上。

由于产生电磁波的波源不同，如电磁振荡、热辐射、物质内部的原子或电子跃迁、振动或转动等都能产生不同波长的电磁波。因此电磁波的波长范围变化很大。但各种不同波长的电磁波在真空中的传播速度（ C ）都是相等的。实验证明，无线电波、红外线、可见光、紫外线、 χ 射线、 γ 射线等都是电磁波，只是由于波源不同，因而波长、频率也不同，它们的性质也有差异。把各种电磁波按波长或频率大小依次排列（图1-6），称为电磁波谱。

通常用于遥感的电磁波谱主要是：紫外线、可见光、红外线及微波等波谱段。

1. 可见光谱段

它的范围大约在波长0.38至0.76微米之间，虽然它的范围很窄，但人眼仍能据其不同的波长区分各种色光。表1-1即为我们能感觉和区别自然现象中所谓“虹”的七种不同波长的色光。对于波长小于0.38微米和大于0.76微米的光谱段，人眼的感光灵敏度即急剧下降，图1-7是眼睛的感光灵敏曲线。

利用可见光进行航空摄影，并对摄影像片进行判读与测量已为人们所熟悉。同时由于可见光谱一般都能透过大气层，而地面物体对各种色光均有不同的反射和吸收特性，因此利用这一特性可判读和识别物体。虽然由于现代科学发