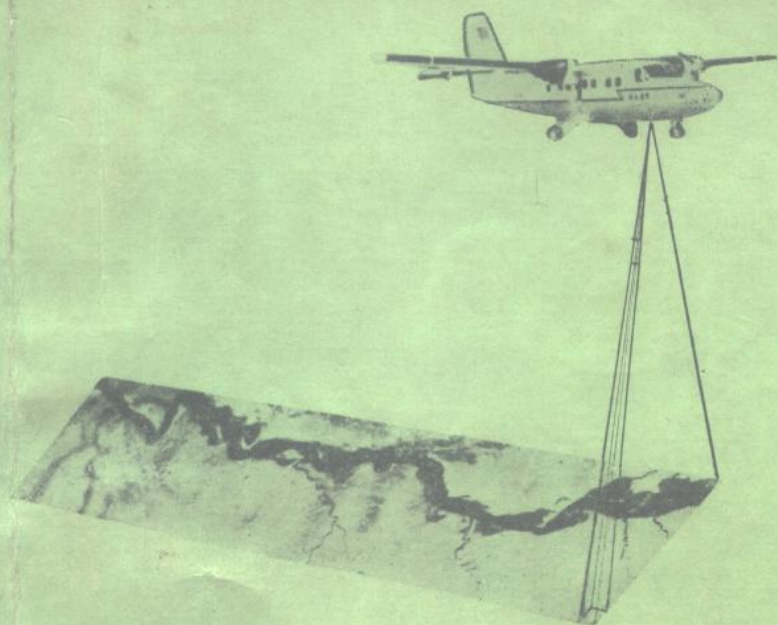




遥 感

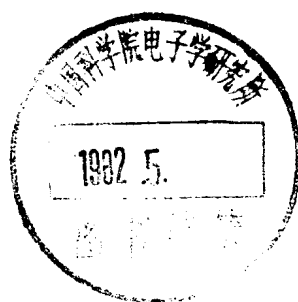
赵振远 编著

地 质 出 版 社

879
776
312

遥 感

赵 振 远 编 著



地 质 出 版 社

1109879

DS89/32
内 容 简 介

本书较系统地介绍了遥感的基本原理、技术、工作方法以及遥感资料在地质学中的应用等基础知识。全书共分六个部分,包括:(一)概述;(二)遥感的物理基础;(三)遥感技术;(四)地物波谱特性测试及其使用的设备;(五)遥感资料的解译方法与设备;(六)遥感资料在地质学中的应用。书中还附有遥感平台、遥感仪器、解译设备以及典型图象资料地质解译效果方面的插图和象片,共108幅。文字比较通俗易懂,插图和象片比较丰富。对于初学遥感的读者是一本很好的参考书,值得阅读。

本书读者对象主要是地质人员和地质行政人员,以及各个部门从事遥感工作的人员,亦可供高等院校有关专业师生参考。

遥 感
赵振远 编著

地质部书刊编辑室编辑

责任编辑:张怀素

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张: $6^{3/4}$ ·插页: 1个·字数: 147,000

1981年7月北京第一版·1981年7月北京第一次印刷

印数 1—6,100册·定价 1.20元

统一书号: 15038·新659

前 言

遥感是最近十多年来迅速发展起来的新兴技术。它在军事、气象和地球资源勘测的各个领域中已经得到了广泛的应用。特别是在地质学方面，它的进展很快，已经成为一种新的探测手段。

目前，遥感技术在地质学中的应用逐步扩大，要求了解遥感基本知识的地质人员越来越多。为了使大家了解遥感基础知识，编写了《遥感》这本书。

本书介绍的内容包括：什么是遥感，根据什么原理进行遥感，怎样进行遥感和获取图象资料，如何使用遥感资料，以及遥感在地质学中应用效果方面的技术知识。由于遥感技术在不断发展，地质应用效果还处在试验摸索阶段，所以本书只对遥感做一初步介绍。本书涉及内容广泛，编者水平有限，书中一定会有不少错误和不足之处，希望读者提出批评、指正。

本书经过杨光庆、曾朝铭两位同志审阅并提出许多宝贵意见，书中部分附图是何心强同志清绘的，在此一并表示衷心的感谢。

目 录

第一章 概述	1
一、什么是遥感	2
二、遥感的发展过程与现状	4
三、遥感的作用	8
第二章 遥感的物理基础	10
一、电磁波谱	10
二、地球大气层对电磁波传递的影响	14
三、地质体的电磁波辐射特性	21
第三章 遥感技术	31
一、卫星遥感	31
二、航空遥感	51
第四章 地物波谱特性测试及其使用的设备	107
一、遥感试验的目的	109
二、地物波谱测试设备	115
第五章 遥感资料的解译方法与设备	125
一、常规的目视解译方法与设备	127
二、假彩色影象增强解译方法与设备	137
三、计算机自动识别与分类解译方法	146
第六章 遥感资料在地质学中的应用	162
一、区域地质调查	162
二、矿产普查	175
三、水文地质调查	189
四、地热调查	208

第一章 概 述

近十几年来,随着空间技术、电子光学、激光和计算技术的迅速发展,人类开始进入通往宇宙空间和征服自然的新纪元。到目前为止,包括我国在内的一些国家,已经先后向宇宙空间发射了两千多颗人造地球卫星。在这些卫星中,除了少数属于星球之间科学探索的星际卫星之外,绝大多数都是用于某种特定目的的人造地球卫星,如侦察卫星、海洋卫星、气象卫星、陆地卫星和通讯卫星等。此外,还有一些载人或不载人的宇宙飞船,如“天空实验室”、“双子星座”、“联盟”和“礼炮”等。借助于这些运载工具上的传感器所获得的遥感图象资料,特别是陆地卫星的遥感图象资料,目前已经开始在国内外许多部门中得到越来越广泛的应用。应用比较多的是在农林、地理和地质等方面,如农作物的估产、病虫害的监视、土地利用、森林分类、土壤与水利资源调查、火山、地质构造、岩类区分、成矿远景探测和地形测绘等。因此,遥感技术已经逐步发展成为人类从宇宙空间探测地球资源的一种新的手段。

当前,除了农林和土地利用方面以外,尤其引人注目的是地质遥感技术的应用和发展。它无论在我国还是其它国家的一些地质资源勘察部门,都受到了普遍的重视,并且引起了广大地质工作者的浓厚兴趣。

一、什么是遥感

“遥感”一词，最初是在 1962 年美国召开的第一次环境科学遥感讨论会上，讨论如何把探测地面军事目标的侦察技术转向民用的问题时提出来的。按照字面的含义，“遥感”就是“遥远感知”。在科学上，它是使用一定的传感器，从不同高度的空中或空间探测地面物体大小和性质的一门边缘学科。这种探测手段使用的技术装置和方法，通常统称为遥感技术。确切地说，它是根据物体电磁辐射、反射和散射理论，借助于安装在运载工具上的传感器，在几百米到几百公里以外，接收、记录地物辐射或反射出来的各种不同波长的电磁波信息，用以探测与识别地面地物性质的一种综合技术。这种非接触的空间探测技术，是在航空摄影的基础上发展起来的。它具有感测面积大，获取资料速度快，受地面条件限制少，以及连续进行、反复观察的优点，因而遥感技术不但在军事上，而且在国民经济各部门都有十分重要的应用价值。

目前，在遥感探测中一般使用的运载工具包括人造地球卫星、宇宙飞行器、火箭、气球和飞机等。通常人们把这些运载工具统称为遥感平台。比较常用的传感器主要有多光谱摄影机、多光谱扫描仪、红外扫描仪和侧视雷达等。这些传感器统称为遥感仪器。它们的工作波段从紫外、可见光、红外，直到微波。

通常人们在习惯上根据遥感平台、遥感仪器、遥感资料结果以及应用领域的不同，把遥感进行以下分类：

1. 根据遥感平台分类。一般地说，人们把在大气层下

界利用飞机、气球和火箭作为遥感平台的探测方法，叫做航空遥感；而把在地球外层空间以宇宙飞行器或人造地球卫星作为遥感平台的探测方法，叫做航天遥感或卫星遥感。

2. 根据传感器接收信号的来源和方式的不同，可以分为被动式遥感和主动式遥感。所谓被动式遥感，是指利用传感器直接接收地面物体反射或发射的辐射能量来探测物体的遥感方式，如多光谱摄影、多光谱扫描成象等；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。

3. 根据获得的遥感资料结果，可以分为有影象方式和无影象方式的遥感。

有影象方式遥感，是指能够获得图象资料方式的遥感。按其成象原理，又可分为摄影方式遥感和非摄影方式遥感。一般地说，前者是指用光学原理摄影成象方法获得图象资料的遥感，如使用多光谱摄影机进行探测的航空或航天遥感。后者是指用光电转换原理扫描成象方法获得图象资料的遥感，如使用红外扫描仪、多光谱扫描仪和侧视雷达等进行探测的航空或航天遥感。

无影象方式遥感，是指只能获得数据或曲线记录结果而不能最终获得图象资料的遥感，如使用红外辐射温度计和微波辐射计等进行探测的航空或航天遥感。

4. 根据应用领域分类。遥感技术目前已在农林、地理、海洋、气象、地质和环境保护等方面得到比较普遍的应用。为了便于区别遥感技术各个学科的使用及其应用成果，出现了按照应用领域分类的方法。比如，用在环境保护方面的遥感技术方法及其应用成果，叫做环境遥感；用在海洋观测方面的遥感技术方法及其应用成果，叫做海洋遥感；不言而

喻，用在地质勘测方面的遥感技术方法及其应用成果，叫做地质遥感。

本书着重讨论的是地质遥感领域里的问题。

二、遥感的发展过程与现状

就整个发展过程而言，遥感技术是在普通航空摄影基础上逐步发展起来的一门独立的边缘学科。所以从广义上说，常规航空摄影方法也应属于遥感技术范畴之内。大家知道，不论是从前的航空摄影方法，还是现今的一些航空或航天遥感探测方法，最初都是作为军事侦察技术出现的。本世纪二十年代，航空摄影方法主要用在拍摄地面军事目标和地形测绘方面，第二次世界大战以后才被迅速推广到地质勘察部门，形成一种独立的航空地质方法。五十年代后期，随着空间科学技术的迅猛发展，为了满足现代军事侦察技术的需要，又出现了从宇宙空间进行侦察或探测的遥感技术。后来，由于保密密级的逐渐放宽，便在国民经济各部门中得到了广泛的应用。地质遥感就是这种遥感技术应用的一部分。

美国是发展地质遥感技术最早的国家。它无论在技术上、方法上还是在地质应用成果上都一直处于世界领先地位，代表了遥感技术的发展水平。苏联落后于美国，但也有一定的水平和发展规模。比如，它从1976年9月开始使用联盟-22号载人飞船首次携带多光谱摄影机进行资源遥感试验成功以来，相继利用气象卫星和宇宙号卫星开展了地球资源遥感活动。西欧各国、加拿大、日本等国正在迎头赶上。许多第三世界国家也都把遥感技术列入国家发展规划，大力开展遥感活动，发展本国的遥感技术。遥感方面的国际协作

和学术交流亦不断加强，活动日趋频繁。

美国发展地质遥感技术的过程，大致分为两个阶段。

1. 实验阶段。1962~1972 年 是美国使用遥感技术进行地质勘测的实验阶段。美国军事部门于 1962 年放宽遥感技术密级以后，地质调查局首先在 1963 年使用机载红外扫描仪和红外摄影机勘测了夏威夷群岛的地质构造，结果发现 25 个以上的大型地下水源。其间，美国航空和宇宙航行管理局（简称宇航局）于 1958~1966 年 间发射“水星”、“双子座”等宇宙飞船，其后又发射了“阿波罗”载人宇宙飞船，通过各种摄影机系统拍摄了成千张地球表面象片。美国地质调查局等有关单位经过分析与研究，用事实说明，从宇宙空间探测地球资源不但在科学技术上，而且在地球资源探测与管理方面都有很大的价值，从而为美国宇航局制订地球资源技术卫星和载人宇宙飞船“天空实验室”的计划提供了可靠的资料依据。在此基础上，美国内政部于 1966 年 9 月正式提出了“地球资源观测卫星”计划，后被美国宇航局采纳，并且付诸实施。它主要分为三个阶段：第一阶段，戈达德空间飞行中心 1967 年 开始对地球资源技术卫星的构思进行探讨，并且确定了总的要求和目标；第二阶段，邀请通用电气公司等工业部门对地球资源技术卫星提出初步设想方案；第三阶段，确定由美国通用电气公司承担地球资源技术卫星的工程设计。此外，美国宇航局为了探索地球资源技术卫星遥感资料的有效性，还聘请国内外 300 多名科学家组成一个地球资源卫星基本研究小组，从各方面进行专门研究。美国内政部所属各专业局也都参加了这项计划，并在六十年代后期参与了由密执安环境研究所组织的对植被、岩石和土壤等进行的大量波谱测试工作，从而证明了地球资源卫星在勘测、监视和管理

地球资源方面是一种很有效的工具。

2. 应用研究阶段。从 1972 年开始属于遥感资料的应用研究阶段，至今尚未完全达到生产阶段。这个阶段中首先使用的是美国宇航局发射的陆地卫星和部分天空实验室遥感图象资料。到目前为止，美国共发射了三颗陆地卫星。

陆地卫星-1号，1972年7月23日发射。当时叫做地球资源技术卫星，现已停止工作。

陆地卫星-2号，1975年1月22日发射。为了便于人们了解它的性能和作用，在发射之前，美国宇航局将它正式改名为陆地卫星。

陆地卫星-3号，1978年3月5日发射。

其次，美国宇航局于1973年5月发射的“天空实验室”载人宇宙飞船，靠宇航员们手工拍摄了四万多幅地球表面象片，记录了七万米左右的磁带数据，为研究卫星遥感技术在地球资源管理方面的效果提供了极为宝贵的资料。

除此之外，美国还根据航空遥感计划进行了许多有价值的工作。它的主要任务，一方面是用飞机在模拟卫星运行的条件下试验各种新的遥感仪器；另一方面是用飞机验证或核实卫星遥感数据的准确度和可靠性。

这样一来，就有三级遥感资料可供研究它的经济效益了。所谓三级遥感资料，是指918公里高度的陆地卫星、435公里高度的“天空实验室”和40公里以下高度的航空遥感图象数字资料，从而保证了应用效果的研究建立在充分可靠的遥感资料基础之上。

美国地质调查局为了对所取得的各种遥感资料进行管理、解译和应用，1973年在南达科他州苏富尔斯城建立了由它直接管理的“地球资源观测系统数据中心”。该中心拥有

数十万张卫星象片，数百万张超高空、高空和航空象片，可向美国和世界各国提供地球资源卫星象片，以及其它有关的地球资源观测数据。

美国和其它一些国家的地质学者，为了探索和评价这些遥感资料的地质效果，从各个方面做了许多工作。比如，在遥感基础理论方面，研究了大气效应和太阳高度角对遥感图象资料的影响，在室内和野外实测了各种岩石、矿物、土壤和植被的波谱特性曲线，以及根据这些曲线模拟其它地区的未知岩石、矿物、土壤和植被；在解译方法方面，除了常规的目视解译之外，还采用了电子光学机械设备，特别是先进的图象数字处理系统的定性定量解译分析方法，如利用图象自动识别与分类技术进行岩类划分，利用波段比值图象处理技术进行找矿等；在地质效果方面，除了线性要素对研究断裂构造颇有成效以外，在普查矿产、发现油田、调查水源和火山监测等方面也都取得了一定的效果。比如，通过陆地卫星的遥感资料，美国搞清楚了过去一直争论不休的有关内华达州的矿产分布情况，发现了亚利桑那州的斑岩型铜矿，在阿拉斯加州、得克萨斯州，以及墨西哥和危地马拉一带发现了大油田，在巴基斯坦使用电子计算机分析方法发现了寻找铜矿的线索，在伊朗发现了新的水源，在菲律宾利用航空红外扫描和航空摄影资料探测火山活动，以及对其进行预报等等，都是应用遥感资料取得一定地质效果的一些成功的实例。尽管如此，这些例子仍是个别而不是普遍的。特别是地质遥感作为一种新的勘测手段，还没有形成一套比较完整的工作程序和成熟的工作方法。所以直到目前为止，总的来说，地质遥感技术仍然处在应用研究和提高效果的阶段。

三、遥感的作用

1. 无论是卫星遥感还是航空遥感的图象资料，都是在一定的高度上获得的。因此这些资料，特别是卫星遥感资料，不仅使地质工作者能够高瞻远瞩，概观地球全貌，从而对研究和认识整个地壳的结构构造及其发展演化趋势能提供科学的资料依据，而且还有可能对今后的地质工作程序产生积极的影响。比如，就区域地质调查与找矿来说，自从获得遥感资料以后，一些西方国家主张使用多级遥感资料，从而建立了新的工作程序，即：（1）首先解译分析卫星遥感资料，了解区域性地质概况，确定找矿远景地区；（2）在这种地区，再开展航空遥感和航空物探工作，进而确定找矿有利地段；（3）用综合勘探方法开展地面工作，以期找到有用矿产。目前苏联在大、中比例尺区域调查中执行“组合地质测量”方法，也反映了区域地质工作部署的变化。因此，就有可能逐步改革由点到面的传统地质工作方法，形成新的地质工作秩序，以充分发挥新的勘测手段的作用。

2. 采用红外和微波等遥感技术，有可能将肉眼观测不到的地质现象与变化转换为可见的图象或信息。这样，不但扩大了我们的眼界，加深了对客观地质现象的认识程度，而且还有可能揭示它们的内在联系，从而进一步提高地质研究程度。比如，红外遥感对于普查和追索隐伏断层和古河道，侧视雷达对于在终年云雾遮盖的地区进行地质调查，都有其独特的效果和优越性。

3. 遥感技术采用现代化的飞行工具和先进的资料获得系统与处理系统，因而有可能加快地质工作的进程，特别是

可以为难通行地区的地质调查提供一种快速的方法。

4. 地质遥感技术是从电磁波辐射和反射特性方面研究地质体和地质现象的一种方法。它和其它方法如航空物探一样,是当前地质勘测中出现的一种新的手段。它的应用是有条件的,它的作用是有限度的。从国外一些找矿实例来看,它往往要和其它勘探方法相配合,才能获得令人满意的结果。

第二章 遥感的物理基础

遥感技术之所以能够探测各种不同的地面目标，是以目标本身具有不同的电磁波辐射或反射特性为根据的。地质遥感技术则是以各种地质体和地质现象反射、散射和发射不同的电磁波所表现的不同特性为基础的。因此，在介绍地质遥感技术之前，首先谈谈电磁波、地球大气层对电磁波传递的影响，以及地质体和地质现象的电磁波辐射特性的基本知识。

一、电磁波谱

根据麦克斯韦的电磁场理论，空间任何一处只要存在着变化的电场，它在周围空间就能够激发磁场；同样，变化的磁场也能够在它的周围空间激发电场。随着时间的变化，这种

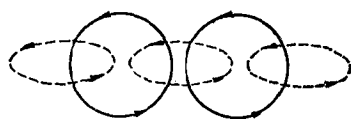


图 2.1 变化电场和变化磁场的传播示意图

种电场强度和磁感应强度能量的相互转化，就形成了交变电磁场（图2.1）。

这种交变电磁场在空间的传播，就形成电磁波。实质上，电磁波的传播，就是交变电磁场在空间振动的传播。因为电磁场具有能量，所以随着电磁波的传播，也有能量传播。

物理实验证实，电磁波是物质存在的一种形式，光波就

是电磁波的一种。在理论上完全可以证明，它们都属于横波，具有相同的传播特性。因此，所有的电磁波都有反射、折射、衍射和偏振的特性，也就是说，具有一切波动的共性。比如，不论波长大小，电磁波在真空中传播的速度都是相同的，并且在数值上等于光速 $c = 3 \times 10^{10}$ 厘米/秒，亦即

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu$$

式中 λ ——电磁波波长，一般以微米为单位，1微米 = 10^{-6} 米；

T ——周期；

ν ——频率。

由上式可知，不同波长的电磁波，其频率也不一样。波长愈短，频率愈高；波长愈长，频率愈低。

光波是电磁波的一种形式， γ 射线、 x 射线、紫外线、可见光、红外线、无线电波也都是电磁波，只是它们的波长不同而已。如果把这些电磁波按照波长或频率的大小依次排列起来的话，可以得出这样一个电磁波谱（图2.2）。它是整个电磁波谱的一部分。

在电磁波谱中可以看出，波长最长的是无线电波。无线电波又因波长的不同而有长波、中波、短波、超短波和微波之分。其次是红外线、可见光和紫外线，再次是 x 射线，波长最短的是 γ 射线。它们的波长或频率之所以有差别，是由产生它们的波源和方式的不同造成的。正如大家所知道的，无线电波是由电振荡器发射出来的，它们的波长和振幅都比较单纯。红外线、可见光、紫外线、 x 射线、 γ 射线是由分子、原子、电子、核子等带电粒子在改变运动状态或发生

可见光

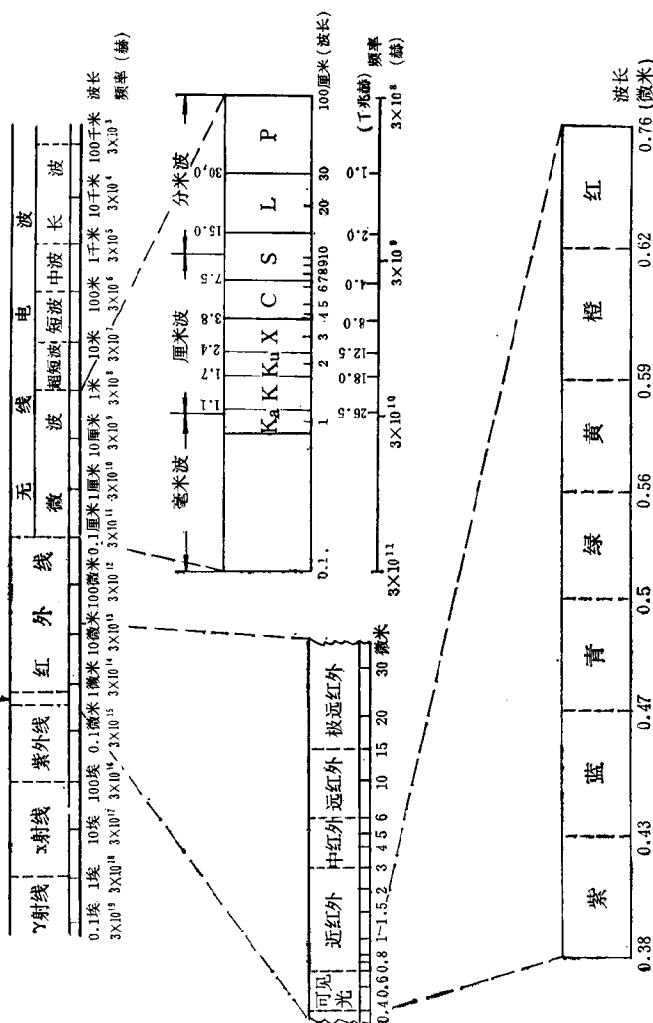


图 2.2 电磁波谱