

高等学校教材

遥感地质学

李永颐 李斌山 陆成 主编

重庆大学出版社

.9

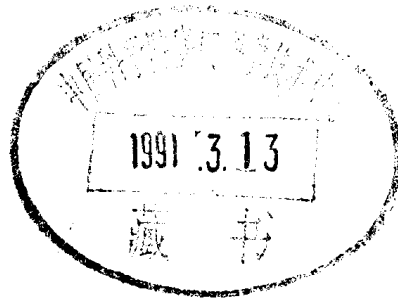
P631.9

LYY

遥 感 地 质 学

李永颐
李斌山 主编
陆 成

TW331-2



重庆大学出版社

106613

内 容 简 介

本书综合国内外同类教材和最新资料，按照新系统编写。全书除绪论外共十章。前九章包括电磁辐射基本原理、遥感工作系统、遥感图象特性、遥感图象信息提取、遥感图象地貌解译、岩性及地层解译、构造解译、找矿标志解译及成矿预测和遥感地质工作程序与方法。为了能适应石油地质、水文地质、工程地质及环境地质等专业的需要，特编出第十章，概述了遥感在石油地质、水文地质、工程地质及环境监测中的应用。

本教材适用于各高等地质院校及综合性大学地质类各专业，并可供广大生产、科研、教学等单位地质工作者参考。

遥 感 地 质 学

李永颐

李斌山 主 编

陆 成

责任编辑 朱 复 李长惠

重庆大学出版社出版发行
新华书店经销
重庆大学出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：15.5 字数：387 千
1990年6月第1版 1990年6月第1次印刷
印数：1-5200

标准书号：ISBN7-5624-0297-3 定价：3.11元
P.9

前 言

《遥感地质学》是一门年轻且正在快速成长的学科。在教学中，我们感到原编教材的内容需修正补充、体例结构也需作大的修改，才能反映当前遥感地质科学发展的面貌，才能适于教学的要求。由此，从1986年初开始酝酿，我室全体教师根据本学科迅猛发展的现状，结合十年来的教学经验，深入分析了本课程教学大纲及现有教材，按教学要求确定了新教材的内容及体系。经过编者试授1~2轮后认为：新教材比原编教材内容更为丰富、新颖；理论和概念的阐述更为严谨和完整；体系安排更为紧凑、合理；且更注意理论与实际的联系；全书重点更突出，利于教学及学习。

本教材的中心内容是介绍遥感地质学基本原理与工作方法。遥感地质学是遥感技术在地质中的应用学科，它包括从地物电磁辐射到遥感图象获取、遥感图象特性、遥感图象信息提取直至遥感图象地质解译的整个体系。遥感地质学的基本原理贯穿于整个体系之中，它不应该也不可能单独列章讲述。在具体改写时，第一章改为电磁辐射基本原理，并在第三节中纳入了“彩色”问题，指出地物的色彩是地物在可见光波段反射特性的集中表现。增设了第二章遥感工作系统，介绍了地物波谱测试、遥感平台、遥感传感器、遥感信息数据的传输与处理及遥感信息资料的种类，使读者对遥感资料的获得有一个完整的概念。感光材料作为一种探测元件和记录介质，也归入遥感传感器一节中。在第三章遥感图象特性中，将目前可应用的各种遥感图象，都分别从本质上做了深入分析和阐述，并对各类图象间的异同进行了比较。过去的教材将遥感图象的目视解译与光学处理、数字图象处理分作两处，本教材考虑到它们之间的有机联系，统一为第四章遥感图象信息提取。第五章至第九章分别讲述了地貌解译、岩性及地层解译、构造解译、找矿标志解译及成矿预测以及遥感地质调查工作程序与方法。为满足石油地质、水文工程地质、环境地质等专业的特殊需要，特编写了第十章遥感在石油地质、水文地质、工程地质及环境监测中的应用。

编写工作由成都地质学院遥感地质教研室六名教师完成。具体分工如下：李永颐编绪论、第一、二、四、六、十章；陆成编第三章；刘登忠编第五章；易显志编第七章；杨武年编第八章；李斌山编第九章。全书的统编工作由李永颐、李斌山、陆成三人完成。在某些章节的编写过程中，除参考近年来国内外公开出版的教材及有关参考书外，还参考了一些未公开出版的文献资料，但在“主要参考文献”中并未一一列出，请有关作者予以谅解。书中插图由成都地质学院绘图室清绘；遥感地质教研室李婉言参加了部分清抄工作，在此一并致谢。

本教材最适于作高等地质院校及综合性大学地质类各专业此学科的教科书，也可做各大专、中专院校地质类教师、研究生的教学参考书，并可供广大生产、科研单位地学工作者参考。

编 者

1989年6月

绪 论

遥感地质学是遥感科学与地质学相结合而形成的一门新兴的边缘学科。它的诞生和成长使传统地质学在许多方面产生了重大变革，从而承担起从全球范围研究地质作用规律、对地质资源进行管理与合理开发、对地表地质环境进行有效监测的历史使命。

第一节 遥感及其特性

(一) 遥感的概念

“遥感” (Remote sensing) 是指从遥远的地方探测、感知物体。也就是说，不与目标物接触，从远处用探测仪器接收来自目标物的电磁波信息，通过对信息的处理和分析研究，确定目标物的属性及目标物相互间的关系。通常把从不同高度的遥感平台，使用遥感传感器收集地物的电磁波信息，再将其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，称为遥感技术。研究遥感技术理论与方法的遥感科学，是现代科学技术的一个重要组成部分。它是建立在现代物理学、数学、电子计算机技术和地学规律基础之上的。它的主要任务是：

1. 研究地物的电磁波辐射特性；
2. 研究遥感信息的探测手段，主要是研究遥感传感器；
3. 研究遥感信息的传输和处理系统；
4. 研究遥感信息的应用。

(二) 遥感的分类

据分类准则的不同，遥感有多种形式的分类（见下表）。

遥 感 的 分 类

按辐射源	太阳或地球	被动遥感	按遥感平台	汽车、船、塔	地面遥感
	人工辐射源	主动遥感		飞机、气球	航空遥感
按电磁波波段	紫 外	紫 外 遥 感		卫星、飞船、火箭	航天遥感
	可 见 光	可 见 光 遥 感	按获取资料类别	图 象	成象方式遥感
	红 外	红 外 遥 感		数 据、曲 线	非成象方式遥感
	微 波	微 波 遥 感	按成像方式	光 学 摄 影	摄影成象遥感
	可见光至红外	多波段（多光谱）遥感		扫 描	扫描成象遥感

其中，被动遥感是指传感器直接接收地物反射来自太阳的电磁波，或地物自身发射的电磁波，即电磁波来自天然辐射源——太阳或地球。主动遥感是指由传感器本身携带的人工电磁辐射源向地物发射一定能量的电磁波，再由传感器接收其反射回波，如侧视雷达。

多波段遥感指的是，利用多通道传感器对同一地面景物进行多波段的同步成象。对可见

光与摄影红外波段可用摄影方式成象，但更多的是用扫描方式成象，以覆盖更为广阔的光谱区间。特点是，获取的信息量大，且适于光学处理和计算机自动识别分类。

(三) 遥感的特性

1. 空间特性——视野辽阔，具有宏观特性

如常用的一幅1:6万航空象片，可覆盖地面116.64km²；一幅陆地卫星图象，覆盖面积可达34225km²。还可将连续的图象镶嵌成更大区域的影象图。在如此辽阔的范围内，遥感图象可全面而连续地反映地面景象，极有利于地球资源的大面积勘查，以及对各种宏观现象（巨型成矿带、板块构造等）进行直观鉴别，以至在全球范围进行分析对比。

另外，从不同高度的遥感平台所获取的图象，具有不同的分辨力和概括能力，可反映不同级次的宏观地质现象。

2. 光谱特性——探测波段从可见光向两侧延伸，大大扩展了人体感官的功能

现代化遥感传感器能感测人眼不能察觉的紫外、红外和微波等电磁辐射信息，并将其转换成人眼可见的图象，使我们所获取的关于地质体和地质现象的信息量大大增加。由此，不仅使我们对地质客体的认识进一步深化，而且可以发现一些新的地质现象。

微波遥感可以在任何时间、任何气象条件下成象，使人们对地物的观测达到全天时、全天候。同时，由于微波有一定的穿透能力，因而可揭示被冰雪、干沙等所掩盖的某些地质现象。

3. 时相特性——高速度、周期性重复成象，有利于动态监测和研究

现代航天遥感集中体现了这一特性。如陆地卫星每隔18天可对世界各地（两极除外）在同一时间和大致相同的太阳高度角、方位角条件下成象一次，将不同日期的图象分析对比，可觉察出某些地物（如农作物、森林、水体、火山等）的变化特点和速率，以便作出科学的预报和决策。

航空热红外遥感可以在白天和夜间重复成象。通过分析对比，可掌握24小时内地面温度变化情况，对研究地下水活动、城市热环境、森林火灾等十分有利。

4. 经济特性——工作效率高，成本低；一次成象，多方受益

遥感技术这种现代化信息采集手段，目前已广泛应用于军事、测绘、地质、地理、农林、气象、水文、海洋及环境保护等40多个领域。在各个领域的应用中，都极大地加快了工作速度，大幅度地降低了成本，并显著地提高了成果质量。同一图象资料，尚可为许多不同的学科（或专业）所使用，对有的学科还可反复多次使用。由此所产生的经济效益是惊人的，故受到世界各国政府的高度重视。

例如，菲律宾在1968年以前就开始进行全国森林调查，9年只完成全部工作的1/10。1977年利用陆地卫星图象，仅4个月就完成了全国森林类型划分和调查。

我国第二次土壤普查试点中，河西走廊地区清查荒地13340km²的任务，原计划需230人工作2年，经费需1000万元；后来采用遥感资料，只用35人，历时7个月即圆满完成，费用仅花了10万元左右。

巴西亚马逊河流域属热带雨林，地质调查十分困难，原预计要100年才能完成。1970~1975年，采用遥感地质方法，仅4年又9个月就完成了466万km²面积的地质调查，并发现了一批铁矿、铝土矿等矿产资源。

四川省地矿局不到4年时间，用遥感地质方法完成了四川盆地20个图幅1:20万区域地质

调查, 投资、时间仅是常规方法的1/4~1/3。

第二节 遥感地质学的研究对象与研究内容

遥感地质学的研究对象是地球表层的各种地质体和地质现象的电磁波辐射特性, 是从种种记载着地物电磁辐射能量分布的遥感资料中去提取地质信息, 以达到准确、快速地识别和量测地质体和地质现象的目的。

遥感图象是最基本的遥感资料, 它是地表自然景观的真实缩影。通过对遥感图象上形形色色的影象特征的深入研究, 可以获得更为丰富的地质信息, 发现许多地面工作所不能发现的新的地质现象, 从而解决许多常规地质工作所不能解决的问题。

遥感地质学的研究内容主要包括:

1. 研究各种地质体和地质现象的电磁波辐射特性, 总结其规律, 并以此作为选择遥感方式与传感器, 选择有效的图象处理方法, 选择最佳图象资料的客观依据。

2. 研究遥感图象上各种地质体和地质现象的影象特征, 揭示影象特征与地质信息之间的内在联系, 总结出各种图象上表征遥感地质信息的影象特征, 即地质解译标志。利用地质解译标志, 就可以对一个地区的岩性、地层、构造等逐一进行识别。

3. 研究各种遥感资料信息提取的原理与方法。应用遥感资料解决各种具体问题的过程, 实质上就是一个遥感信息提取的过程。为了能有效地提取遥感信息, 必须对遥感信息的形成机制进行深入的理论研究, 在此基础上, 才能正确运用各种信息提取方法, 以获得最佳效果。

4. 研究遥感地质工作方法与程序。遥感地质方法的应用, 已从区域地质调查、矿产勘察扩展到水文、工程地质调查、石油地质调查、地热资源调查、地震地质研究、环境地质调查等领域。目前, 除区域地质调查外, 其余仍处于实验阶段。为了实现整个遥感地质工作向实用阶段转化, 形成一种强大的生产力, 必须在各个专业领域建立起科学的工作程序与方法, 并使之规范化, 方能在解决社会所关注的重大能源、资源、工程和环境问题方面发挥更大作用。同时, 也才有利于系统积累遥感地质资料, 促使遥感地质学的基础理论日趋完善与成熟。

第三节 遥感地质学的研究方法

遥感地质学是当代地质科学领域中的信息科学, 它有自己独特的研究方法。

(一) 地质体波谱特性的测试

地质体种类繁多, 且各种地质体的波谱特性随自然地理环境的不同, 以及季节、时间的不同而有所变化。为了掌握各种地质体的波谱特性及其变异规律, 需进行大量实验室测试和野外测试工作。实验室主要测试各种矿物、岩石样品的反射和发射波谱, 以查明物质成分与波谱间的关系; 野外测试主要是对各种岩石的天然露头(新鲜的和风化的)进行测试, 以查明不同环境条件和不同季节, 各种地质体波谱特性及其变化规律。后者是更重要的。与遥感图象上的影象特征有直接关系。为了获取完整而系统的实际资料, 需要有组织、有计划、有步骤地开展这方面的研究工作, 并建立专门的地质波谱数据库。

（二）遥感图象的光学处理与数字处理

各种遥感方式所获取的图象，其中均包含有由于运载工具和传感器性能不稳定而产生的畸变，大气干扰引起的失真，以及非地质信息的干扰。对遥感地质信息而言，这些均属“噪声”。为了更有效地提取地质体的遥感信息，常需选用合适的光学处理方法和数字处理的某些功能，对图象加以改造，压抑噪声，使有用信息最大限度地得到突出，以利准确识别和提取。近年来，这方面的技术得到了较大发展。光学处理方面，有简便易行的摄影暗室处理方法；也有较先进的相干光图象处理方法；还有各种专用的彩色合成、假彩色密度分割等现代化仪器。数字处理方面，目前已有多种大、中型多功能图象处理计算机系统，能快速、准确、灵活地进行多种遥感图象的恢复处理、增强处理及分类处理；同时，还可进行遥感图象数据与非遥感地学数据（地质、物探、化探、地形等）的复合处理，以利于建立各种遥感地质数学模型，将遥感地质信息提取工作推进到一个新的高度。

（三）遥感图象地质解译

遥感图象地质解译是遥感地质学的主要研究方法。遥感图象地质解译的实质，就是从遥感图象中充分地提取遥感地质信息，以查明地质体和地质现象的属性、相互关系及时空变化，并将研究结果用各种图件表达出来。

遥感地质信息提取包括信息识别与筛选两个环节，二者一环扣一环，贯穿于地质解译的全过程之中。信息识别主要依靠人的思维能力，因而目视解译始终是遥感图象地质解译的基本方法。遥感图象的光学处理和数字处理方法主要具有信息筛选功能，许多方面可以弥补人眼分辨能力之不足，是信息提取中十分重要的手段，可以显著提高解译效果，但其处理结果需经目视解译检验。

遥感影象是地面环境系统的一种信息模型。由于地面环境结构庞杂，环境中各要素间的相互作用更是错综复杂，变幻纷繁。加上遥感影象这种信息模型的形成，还受到许多随机因素的影响，因而，地质解译中常常存在不确定性。此外，对于任何解译者而言，他的知识、经验和思维能力与遥感影象的复杂性之间，往往是不相适应的。介于这种情况，通常需对解译成果以抽样方式进行必要的野外验证。

第四节 遥感地质学与其它学科的关系

遥感地质学是一门综合性很强的学科，它同许多基础学科、应用技术学科和地学领域中的众多学科有着密切的联系。

1. 数理学科是遥感科学的理论基础。现代物理学从物质结构的研究出发，阐明了电磁辐射的本质以及电磁辐射与物质相互作用等一系列基本理论，证明了用电磁能作为检测和量度目标性质这种手段具有普遍意义。目前，几种主要遥感方式，如可见光遥感、红外遥感、微波遥感、多波段遥感等的形成和发展，与物理学的某些分支学科，如现代光学、红外光学、半导体物理学、微波理论、光谱学、大气物理学等等密切相关。遥感图象的光学处理主要是以现代光学技术为基础发展起来的。数字图象处理方法是以前计算数学、数字信息处理、数理统计学和电子计算机技术为基础建立起来的。因此，学好数理学科是掌握遥感地质学的必要前提。

2. 遥感图象的地质解译，是遥感地质学的主要内容。要能正确地进行地质解译，首先

必须熟悉遥感图象特性，这就必须具备测量学、光度学、色度学、地图学和摄影技术等方面的基本知识。遥感图象地质解译是以地质学的基本学科，如矿物学、岩石学、构造地质学、矿床学、水文地质学等的基本知识为基础的，同时还涉及到地貌学、地理学、土壤学、地植物学、气象学等学科的基本原理。这些学科与遥感地质学的关系更密切。地学知识的广博程度，是衡量一个遥感地质工作者基本素质的重要尺度。

3. 遥感地质学的应用领域甚为宽广，而且尚在不断扩展之中。这就要求遥感地质工作者要不断熟悉更多学科的基本知识，如水利科学、电力科学、城市学、海洋学、铁路工程学、建筑学、地震科学、环境科学等等，以便在这些领域中去进行开创性的工作。

4. 遥感地质学具有信息科学的属性，它实质上是研究遥感地质信息的提取和应用的一门学科。它的研究范围涉及到地表环境这一巨大系统，需从信息论和系统论的角度来研究，才能深刻理解遥感地质信息的实质，也才能卓有成效地进行遥感地质信息提取工作。因此，关于信息论和系统论的某些基本概念，是掌握遥感地质学所应当了解的。

第五节 遥感科学技术及遥感地质学发展简况

遥感科学技术由于传感器和运载工具的革新而得到迅速发展，遥感地质学也随之逐渐形成并独立于地球科学之林。其发展历程总体上可以概括为如下三个阶段。

(一) 萌芽阶段

从1839年到1937年。1839年，照相机问世，这是遥感科学技术的起点。同年，法国人达格雷(Dagure)和尼普斯(Nicpce)发表了第一张航摄像片。1840年，法国工程兵试用象片绘制出地形图。那时的运载工具是气球、鸽子和风筝。1903年，美国莱特兄弟发明飞机；1909年，意大利人威尔伯·赖特(Wilber wright)首次从飞机上拍摄了连续象片。摄影技术很早就被用于地质勘察，如1867~1869年，美国政府组织了一次北纬40°地区的重要地质勘测，就有摄影师T.H.奥沙利文参加，进行地质摄影。1871~1874年，奥沙利文又同乔治·M.惠勒一起勘测西南部地区，拍摄了许多矿区地质象片。1890年，美国地质学会摄影委员会宣告成立，并提出“摄影地质学”这一术语。至1913年，以地球资源遥感为目的的航空摄影达到了实用程度，在利比亚采用航空象片镶嵌图编制成功“本戈逊”地区的油田地质图。

这一阶段主要是可见光黑白航空摄影。地面解译仪器较简单，主要是立体镜和立体测图仪。

(二) 发展阶段

以1937年至1960年，为航空遥感得以迅速发展与完善的阶段。第二次世界大战期间，由于军事需要，传感器得到了迅速发展，航空摄影机进一步完善，电视摄像机、图象扫描仪、航空成象雷达问世。1937年，乔治·戈达德首次拍摄了彩色航空象片，接着又出现了红外、紫外航空摄影，使遥感探测的光谱范围从可见光扩展到了紫外、红外以至微波波段。运载工具主要是飞机，但也用过气球及火箭。地面解译与成图已广泛应用立体测图仪、多倍投影仪、纠正仪等。

随着遥感技术的发展，遥感地质的前身——航空地质也得以迅速发展，并逐渐形成一类独立的工作方法，在区域地质调查和矿产普查，特别是石油、天然气普查中获得了良好效果。加拿大、澳大利亚、美国、英国、德国、苏联等国家均广泛应用航空地质方法。1941年，

A.J.厄德利 (Eardley) 出版了《航空象片：应用与判读》一书，综合论述了航空象片在地质科学领域中的应用。1952年，P.A.莱蓝德 (Laylander) 发表了《彩色航空象片如何成为最新找矿方法》一文，论述了彩色航空摄影在地质制图及矿产普查中的应用价值。1960年，R.G.雷出版了《航空象片：地质判读与绘图》一书，较详细地论述了从航空象片中可以提取出来的地质资料的类型，并大量利用黑白立体象对来说明各种地质特征。同年，R.N.科威尔 (Colwell) 主编，并由美国摄影测量学会出版的《象片判读手册》，全面阐述了航空象片在地质学及地学其他方面的应用，奠定了航空地质学的基础。

我国1951年在区域地质调查和石油普查中开始应用航空地质方法，并普遍开展了可见光黑白航空摄影工作。在水库工程地质调查、铁路选线、农业、土壤、森林、地震等方面也开始应用航摄资料。1960年，原北京地质学院首先编写出版了航空地质教材，各地质院校也先后开设了航空地质课程，培养了一批早期的遥感地质人才。

(三) 飞跃阶段

从1957年到现在，又可称为航天遥感阶段。1957年10月4日，苏联发射了第一颗人造地球卫星，开始了人类征服宇宙空间的新纪元，也促成了遥感科学技术从航空遥感向航天遥感的飞跃。在航天遥感技术方面，美、苏一直处于领先地位。美国发射的各种卫星，已构成了较完整的卫星系列，安装有各种精密的传感器，可获取多种形式的遥感资料。其中，尤以1972年以来陆续发射的陆地卫星系列，对地球资源勘察和环境监测具有特殊的意义。通过这种卫星，可以对地球表面任何一个角落，包括与人类活动有关的任何细节，进行反复的探测。它所获取的遥感资料，已为世界上130多个国家所采用。1982年4月以来，美国发射的航天飞机，可用多种传感器遥感地面目标，成为卫星遥感的一种重要补充手段。早在1961年，A.莫里森 (Morrison) 等人就利用水星号飞船拍摄的彩色象片勾绘了撒哈拉沙漠数千平方英里范围的地质草图。美国地质界成立了“地质卫星委员会”，专门提供遥感资料。1975年，美国摄影测量学会编写出版了《遥感手册》，对遥感原理与应用作了较全面的概括。1977年，F.F.萨宾 (Sabins) 著的《遥感原理及解译》一书，着重论述了遥感在地质方面的应用，是遥感地质学领域的一本很有参考价值的教科书。

苏联自发射第一颗人造卫星之后，又相继发射了“宇宙号”、“联盟号”、“礼炮号”、“流星号”等一系列卫星和宇宙飞船。其中约30%用于地球物理、导航、气象、环境和资源调查。1977年发射的“地球资源及海洋勘测卫星”载有多波段扫描仪，图象分辨率80m，相当于美国陆地卫星1、2号MSS图象的水平。苏联地质界应用航天遥感资料努力开展全球地质构造格局和地质作用规律的深入研究，1978年出版的《地球的航天地质研究》一书，概括了他们的研究成果。苏联还大力开展了太阳系行星遥感研究，获取了火星、金星等行星的大量彩色图象。1984年，S.I.卡茨 (Катц) 等著的《航天地质学》中介绍了这方面的研究概况。

西欧各国的遥感活动由欧洲空间局 (ESA) 进行协调和组织。其中，法国技术力量居首位，它制订了斯波特 (SPOT) 卫星计划，并于1986年2月发射了SPOT—1号地球观测实验卫星，载有第二代传感器——采用电荷耦合器件 (CCD) 的高分辨率可见光扫描仪 (HRV)，全色波段分辨率10m，多波段分辨率20m，而且可构成立体象对，超过了美国陆地卫星的水平。

日本国家科技局主持制订了15年地球观测计划，准备发射三颗海洋卫星，两颗陆地卫

星，一颗重磁卫星。它的第一颗陆地卫星（LOS-1）图象地面分辨率可达30m。

第三世界各国也围绕森林调查、土地利用、矿产资源调查、洪水与台风观测、海面石油污染以及干旱半干旱地区的开发利用等，引进设备、资料，积极开展遥感研究活动。

我国在1970年4月就成功地发射了第一颗卫星，1975年发射的实验卫星回收成功。至今我国已发射卫星约20颗，其中直接用于遥感的有8颗，并计划继续研制和发射不同类型、不同轨道高度的地球观测卫星系列。我国建成的遥感卫星地面站已于1987年投入使用，可接收陆地卫星和SPOT卫星资料，工作半径达2400km。近年来，我国已研制成功九波段多光谱扫描仪、十一通道红外扫描仪、1024元线阵（CCD）固体扫描仪、机载合成孔径侧视雷达等较先进的传感器。近年来研制成功的SIPS 1型、TJ-82型图象处理系统结构紧凑、性能良好。

从70年代以来，遥感的国际协作和学术交流十分活跃。每年都有重大国际学术会议举行，各专业学科的遥感应用交流会亦很频繁。各国均成立了国家级的和各部门的遥感机构，出版各种遥感刊物，开展遥感学术交流。遥感专业人才的培养日益受到各国教育界的高度重视。如美国有38所高等院校设置了遥感专业；我国的地质院校均开设了遥感地质课程，综合性大学许多专业也开设了遥感方面的课程，有的院校还设置了遥感专业或招收研究生，大力培养遥感专业人才。我国虽然在遥感科学技术方面起步较晚，但发展速度快，成效显著。只要我们善于把学习外国先进科学技术与自力更生的精神结合起来，一定能很快赶上世界先进水平。年轻的遥感地质学，必将为我国地质工作的现代化作出更大的贡献。

目 录

绪 论

- 第一节 遥感及其特性..... (I)
- 第二节 遥感地质学的研究对象与研究内容..... (III)
- 第三节 遥感地质学的研究方法..... (III)
- 第四节 遥感地质学与其它学科的关系..... (IV)
- 第五节 遥感科学技术及遥感地质学发展简况..... (V)

第一章 电磁辐射基本原理..... (1)

- 第一节 电磁辐射..... (1)
 - 一、电磁辐射的基本特性..... (1)
 - 二、电磁波谱..... (2)
- 第二节 电磁辐射源..... (3)
 - 一、天然电磁辐射源..... (3)
 - 二、人工电磁辐射源..... (5)
- 第三节 地物的电磁辐射特性..... (5)
 - 一、地物反射电磁波的特性..... (6)
 - 二、地物颜色与反射光谱特性的关系..... (10)
 - 三、地物发射电磁波(热辐射)的特性..... (14)
- 第四节 电磁辐射的大气传输..... (18)
 - 一、大气的组成和性质..... (18)
 - 二、大气散射与天空辐射..... (19)
 - 三、大气吸收与大气窗口..... (20)

第二章 遥感工作系统..... (23)

- 第一节 地物波谱测试..... (23)
 - 一、地物反射波谱特性的测试..... (23)
 - 二、地物发射(热辐射)波谱特性的测试..... (25)
- 第二节 遥感平台..... (26)
 - 一、近地面平台..... (26)
 - 二、航空平台..... (26)
 - 三、航天平台..... (27)
- 第三节 遥感传感器..... (29)
 - 一、传感器的基本组成及性能..... (29)
 - 二、主要传感器简介..... (32)
 - 三、感光材料及滤光片..... (40)
- 第四节 遥感信息数据的传输与处理..... (44)
 - 一、遥感信息数据的传输..... (44)
 - 二、遥感信息数据的处理..... (45)

第五节 遥感信息资料的种类	(46)
一、遥感图象的种类	(46)
二、遥感磁带的种类	(46)
第三章 遥感图象特性	(48)
第一节 航空象片特性	(48)
一、航空摄影的种类	(48)
二、中心投影成象	(50)
三、水平象片比例尺及其确定方法	(52)
四、地形起伏引起的象点位移	(54)
五、由象片上两点的摄影坐标确定其对应地面点的水平距离及线段的真实方位	(55)
六、航空象片的色调和色彩	(56)
七、象片分辨力	(57)
八、航摄资料种类和象片质量评定	(58)
第二节 远红外图象特性	(59)
一、远红外图象的几何特性	(60)
二、远红外图象的物理特性	(62)
三、远红外图象上的干扰和畸变	(63)
四、远红外图象的解译标志	(63)
五、远红外图象的地质应用	(64)
第三节 侧视雷达图象特性	(65)
一、侧视雷达图象特性	(65)
二、侧视雷达图象的地质应用	(70)
第四节 资源卫星图象特性	(70)
一、MSS图象和TM图象特性	(71)
二、HRV图象特性	(77)
三、RBV图象特性	(81)
第四章 遥感图象信息提取	(87)
第一节 遥感图象的目视解译	(87)
一、遥感图象的立体观察与量测	(87)
二、遥感图象的地质解译标志	(92)
三、目视解译的方法与原则	(98)
第二节 遥感图象的光学处理	(98)
一、彩色合成	(99)
二、假彩色密度分割	(101)
三、边缘增强、反差增强及光学比值增强	(102)
四、相干光学处理	(103)
第三节 遥感图象的数字处理	(105)
一、图象结构	(106)
二、图象恢复处理	(106)
三、图象增强处理	(108)
四、图象分类处理	(111)

五、遥感图象数据与非遥感地学数据的复合处理	(113)
六、数字图象处理主要设备简介(以S“101”数字图象处理系统为例)	(115)
七、影响遥感图象数字处理效果的主要因素	(115)
第五章 遥感图象地貌解译	(119)
第一节 流水地貌解译	(119)
一、冲沟及泥石流解译	(119)
二、河流解译	(120)
三、河流阶地解译	(120)
四、三角洲解译	(121)
五、洪积扇解译	(121)
第二节 海岸和湖泊地貌解译	(121)
一、海蚀地貌	(121)
二、海积地貌	(122)
三、湖泊地貌	(122)
第三节 岩溶地貌解译	(122)
一、地表岩溶地貌	(122)
二、地下岩溶地貌	(123)
三、岩溶地貌组合	(124)
第四节 冰川及冻土地貌解译	(124)
一、冰川地貌	(124)
二、冻土地貌	(124)
第五节 风成地貌与黄土地貌解译	(125)
一、风成地貌	(125)
二、黄土地貌	(125)
第六节 坡地重力地貌解译	(126)
一、崩塌及倒石堆	(126)
二、滑坡	(126)
第六章 遥感图象岩性及地层解译	(129)
第一节 三大岩类的主要影象特征	(129)
一、三大岩类的反射波谱特性及其色调特征	(129)
二、三大岩类的图形特征	(131)
第二节 岩浆岩解译	(132)
一、侵入岩解译	(132)
二、喷出岩解译	(133)
第三节 沉积岩解译	(133)
一、松散沉积物解译	(134)
二、固结沉积岩解译	(134)
第四节 变质岩解译	(135)
一、大理岩	(135)
二、石英岩	(136)
三、板岩和千枚岩	(136)
四、片岩	(136)

五、片麻岩	(136)
六、混合岩	(136)
第五节 地层解译	(136)
一、遥感地层单位与地层划分	(137)
二、地层角度不整合解译	(137)
三、岩相变化的研究	(138)
第七章 遥感图象构造解译	(143)
第一节 岩层产状的判断及量测	(143)
一、不同产状岩层的影象特征	(143)
二、岩层产状要素的量测	(144)
第二节 褶皱构造解译	(150)
一、褶皱构造的解译标志	(150)
二、背斜、向斜的鉴别	(150)
三、褶皱类型分析	(150)
第三节 断裂构造解译	(152)
一、断裂构造的解译标志	(152)
二、断裂构造力学性质分析	(155)
第四节 新构造解译	(156)
一、新断裂的解译	(156)
二、新隆起的解译	(156)
三、新凹陷的解译	(157)
第五节 隐伏构造解译	(157)
一、基岩露头区隐伏构造解译	(158)
二、松散沉积物掩盖区隐伏构造解译	(159)
第六节 线性构造和环形构造解译	(160)
一、线性构造和环形构造的基本概念	(160)
二、线性构造的类型和分析	(160)
三、环形构造的特征和地质内容	(161)
四、研究线性构造和环形构造的意义	(161)
第八章 遥感图象找矿标志解译及成矿预测	(171)
第一节 找矿标志解译	(171)
一、矿体露头	(171)
二、旧矿遗迹	(172)
三、围岩蚀变	(173)
四、植物标志	(174)
五、土壤标志	(175)
第二节 利用遥感资料研究成矿地质条件进行成矿预测	(175)
一、利用遥感资料研究控矿构造条件进行成矿预测	(176)
二、遥感资料和地质、物化探资料综合分析进行成矿预测	(183)
三、运用遥感资料和其它资料进行成矿统计预测	(185)
四、运用遥感地质成矿模式进行成矿预测	(187)

第九章 遥感地质调查工作程序与方法	(190)
第一节 区域遥感地质调查工作	(191)
一、准备工作与遥感图象概略解译阶段.....	(191)
二、建立遥感图象地质解译标志阶段.....	(194)
三、遥感图象的详细解译阶段.....	(195)
四、野外验证阶段.....	(199)
五、室内成图及编写报告阶段.....	(199)
第二节 矿区大比例尺遥感地质测量工作	(200)
一、调绘片及调绘范围的确定.....	(201)
二、航空象片野外地质调绘方法与基本要求.....	(201)
三、主要图件、资料的整理.....	(201)
四、提交地质外业成果的要求.....	(202)
第十章 遥感在石油地质、水文地质、工程地质及环境监测中的应用	(203)
第一节 遥感在石油地质调查中的应用	(203)
一、油区构造研究.....	(203)
二、油气微渗漏探测.....	(207)
三、油气资源图象综合信息系统的建立与油气资源预测.....	(209)
第二节 遥感在水文、工程地质工作中的应用	(210)
一、在水文地质调查(测绘)中的应用.....	(210)
二、在专门性水文地质工作中的应用.....	(213)
三、在地下水调查中的应用.....	(214)
四、在岩溶及其水资源调查中的应用.....	(216)
五、在水、电工程地质环境评价中的应用.....	(218)
六、在铁路工程勘测中的应用.....	(221)
七、在城市建设规划中的应用.....	(222)
第三节 遥感在环境监测中的应用	(225)
一、在海洋石油污染监测中的应用.....	(225)
二、在河、湖水污染调查中的应用.....	(226)
三、在城市环境污染监测中的应用.....	(227)
主要参考文献	(229)

第一章 电磁辐射基本原理

遥感地质学主要研究遥感地质信息的提取及应用。遥感地质信息是一种电磁辐射能量信息。要深刻理解遥感地质信息的实质和特征，首先就必须了解什么是电磁辐射，它是怎样产生的，它的传播过程，以及它与物质相互作用的一般规律等等。关于电磁辐射理论的这些基本问题，对于遥感地质学而言，是至关重要的；因为它们正是遥感地质学基本原理的出发点。

第一节 电磁辐射

一、电磁辐射的基本特性

根据麦克斯韦电磁理论，任何变化着的电场都会在它周围产生变化的磁场，而变化的磁场又会在其周围感应出变化的电场。电场与磁场相互激发，并以辐射方式向外传播，这就是电磁辐射。

现代物理学认为，电磁辐射的基本特性是波粒二象性，它表现为宏观的波动性与微观的粒子性（量子性）二者的对立统一。

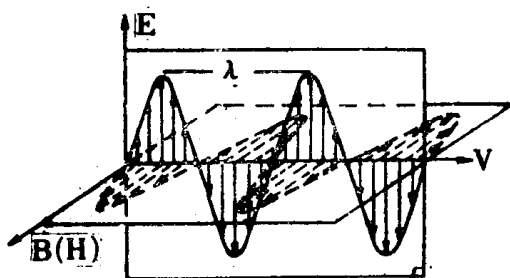


图 1-1 电磁波—横波

（据北京大学地质地理系《遥感遥测的物理基础》改绘）

宏观上，特别是在电磁辐射传播过程中，它的确是一种电磁能量的波动，具有时空周期性，因此，通常又将它称为电磁波。电磁波在传播过程中，电场强度矢量 E 、磁感应强度矢量 B （或 H ）和传播方向 V 三者始终保持相互垂直的关系，故电磁波是一种横波（图 1-1）。

电磁辐射的波动性，通常以波长（ λ ）、波速（ c ）、周期（ T ）或频率（ ν ）来描述，它们之间满足如下关系式：

$$c = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T} \quad (1-1)$$

这种波动性主要表现在电磁波可以产生干涉、衍射、偏振及色散等物理现象（可参考物理学中光学部分）。

可是，电磁辐射（光）的波动学说却无法解释光化学作用和光电效应等现象。光电效应实验证明，对于某种金属而言，入射光的频率只要大于某一阈值，即便光照强度较弱，也有光电效应发生；低于此频率，任你增加光照强度与时间，均不能发生光电效应。

爱因斯坦1905年首次提出了光子理论，指出电磁辐射不仅在发射或被吸收时以能量为 $h\nu$ 的微粒形式出现，而且以这种形式在空间传播，这种微粒叫做“光子”。当频率为 ν 的光照射到某种金属表面时，光子整份能量 $h\nu$ 被自由电子吸收，电子将能量的一部分用来克服金属表面束缚力（即化为脱出功 W ），余下部分作为电子离开金属后的动能 $\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$ ，即