



普通高等教育地质矿产类规划教材

# RSIG

## 遥感地质学

朱亮璞 主编



地质出版社

普通高等教育地质矿产类规划教材

# 遥 感 地 质 学

朱亮璞 王 编

刘允良 张福祥 张 驹 史继忠 姚国清 等编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 简 介

本书注重阐明遥感地质学的基本理论、知识、技术及方法,材料新颖、观点明确、逻辑严密、系统性强,取材广泛、内容丰富,科学性及实用性较强,全书约35万字,插图188幅,另附彩色及黑白图版12个。

\* \* \*

本书由承继成教授、郭华东研究员主审,经地质矿产部遥感地质学、地貌及第四纪地质学课程教学指导委员会推荐,同意作为普通高等教育地质矿产类规划教材出版。

### 图书在版编目(CIP)数据

遥感地质学/朱亮璞主编.-北京:地质出版社,1999.1 重印

普通高等教育地质矿产类规划教材

ISBN 7-116-01511-6

I. 遥… II. 朱… III. 遥感技术-应用-地质学-高等教育-教材 IV. P5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 34857 号

### 地质出版社出版

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:刘亚军

\*

河北香河印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本:787×1092<sup>1/16</sup> 印张:13.375 图版:6 页 字数:307000

1994年3月北京第一版·1999年1月河北第二次印刷

印数:5001~8000册 定价:11.20元

ISBN 7-116-01511-6

P·1229

(凡购买地质出版社的图书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

# 序

我国地质学界对遥感技术的发展作出了巨大的贡献；遥感技术的应用也对我国地质科学事业的繁荣产生了深远的影响。

航空遥感作为一种地质勘查的手段，起步较早。在地质学界的热心扶持下，自70年代中期开始，引进卫星遥感资料，筹建中央及省级遥感中心；80年代先后在煤炭、核能、有色金属、海洋地质与地质灾害等专业部门设立数以百计的遥感中心与遥感应用室（组），迅速地扩大了遥感地质的专业队伍，形成拥有强大生产能力的行业。地矿系统率先把遥感技术的应用，纳入地质区调与制图的作业规范，取得了日益显著的社会、经济效益。遥感技术应用于油气田、煤田、地热、地下水、铀矿、金矿……等地下资源勘查与矿业基地建设方面，并在于河口、海岸、海岛调查、煤矿自燃、滑坡、泥石流、边坡地基稳定性、活动断裂……等地质灾害的监测与评估方面，取得了可喜的进展，逐步形成了结合我国国情，独具特色的新局面。

当然，至今对隐伏构造和矿床、深海洋底地质的揭露，还有很大的难度与局限性，有待地质学家与遥感技术专家的大力协同，知难而进。一方面仰赖于许多地质学家的奉献，以自己精湛的地质科学理论和丰富的野外工作实践，深入渗透和充实到遥感应用领域中来，另一方面在研究大地构造体系、控矿构造格局、盆地发育、火山结构、陆相沉积等许多方面，较充分地发挥卫星遥感的宏观优势，对线性形迹和环形影像，特别是对它们的等距分布规律的相互叠加的现象，取得突破性的重新认识。即使空间分辨率较低的气象卫星影像，也对行星级的大地构造研究中有所贡献。至于近红外影像对地热的反映，侧视雷达对地表覆盖的揭露与纹理多维分析的效果，更是喜出望外，必将有力地促进了环境地质与工程地质的进步。

我国地质遥感工作大体经历了从航空到卫星；从目视解释（判读）到计算机辅助分类与制图，从单项分析到多维综合研究；从间接标志统计相关到遥感信息机理的探索，即“从定性逐步走向量化的集成”过渡。无论从广度与深度、理论与方法而言，都正在向一个新的台阶跃进之中。展望跨世纪的10年中，遥感技术又向地质学界提出了新的挑战与机遇。目前显而易见的就有以下几个重要的方面：一是雷达卫星影像，全天候的揭露植被、沙漠、冰雪覆盖下的地质构造形迹，需要采用新的纹理和多维解释技术；二是高分辨率成像光谱仪提供对岩石光谱的海量数据，需要深入研究岩石、地层的辐射、反射特性及其经过风化、成土作用后的信息增益或衰减的规律；三是全球定位系统直接提供高精度的地壳形变的数据，为地球动力学的研究和自然环境变迁，创造了前所未有的技术条件；四是以地理信息系统为依据，实现了地球物理场、地球化学晕与遥感图像的多维分析、模拟与预测、计算机辅助的地质图件与制版系统的运用，极大地降低了作业成本，避免了低级重复劳动，提高了工作效率。遥感地质学正面临一个重要的历史转折时期。

我们非常高兴地看到，地质科学与遥感技术的相互渗透与结合，正在日新月异地向纵深发展之中。回顾过去，已经是秋色满园，硕果累累，有许多宝贵的经验和心得值得总

结，把它提高到一个新的理论水平；展望未来，更是方兴未艾，春光绮丽，有许多崭新的领域需要共同去探索，去学习，以期尽最大可能去适应科技进步与社会的需要。北京大学朱亮璞教授主编的《遥感地质学》，不仅反映了作者数十年如一日的辛勤探索与追求，我们还可以从中看到我国遥感地质科学前进的历史轨迹，这是作者对从事地质遥感的青年工作者们的又一出色的奉献。谨此，祝贺《遥感地质学》的问世，并乐于向广大地学工作者推荐，先睹为快！

中国科学院院士  
国家遥感中心顾问

陈述彭

1993年7月

# 前 言

近10年来,遥感地质学发展很快,国内外新资料很多,如何按照遥感地质学的学科特点,少而精地安排教材的章节和内容,使学生能从中学到有关的基本理论、基本知识与基本方法,是把教材编好的关键。编者认为:遥感地质学是遥感与地学交叉的边缘科学,具有比较明显的应用技术学科的特点。因此,用遥感技术解决地学问题的有关理论、方法、技术和技巧应当是教材介绍的重点。教材内容分为三大部分:第一部分介绍遥感成像机理、遥感图像特性、图像处理的基本知识及解译分析的基本方法;第二部分是阐明几种最基本解释对象的解译标志和分析、编图方法;第三部分阐述遥感多波段、多平台、多时相、多源信息复合等技术方法在地学重要领域的具体应用的经验、理论和方法。为开拓学生的视野,在有关章节内还扼要介绍一些遥感地学前缘性学科发展动态及新方法技术试验资料。教材中使用的术语、译名多以《遥感大辞典》为准,少数译名考虑到地质工作者的应用习惯而暂未改动。

教材是由各院校现从事遥感地质学教学研究的人员执笔写成。编写提纲及内容都经过多次讨论修改。具体分工如下:

- 第一章 朱亮璞(北京大学地质系)
- 第二章 高景昌(长春地质学院遥感教研室)
- 第三章 史继忠(河北地质学院地质系)
- 第四章 张福祥(浙江大学地球科学系)●  
张 驹(石油总公司勘探院遥感所)
- 第五章 范心圻(北京大学遥感所)
- 第六章 刘允良(长春地质学院遥感教研室)
- 第七章 朱亮璞
- 第八章 王希庆(长春地质学院遥感教研室)  
刘允良
- 第九章 姚国清(中国地质大学(北京)遥感教研室)
- 第十章 张福祥
- 第十一章 朱亮璞 张驹
- 第十二章 朱亮璞 范心圻
- 第十三章 李琦(北京大学遥感所)

主编朱亮璞对全书作了统编及部分章节的补充修改,张驹、姚国清协助主编做了部分工作。本书的配套教材《遥感地质学实习指导书》(刘允良等编写),也将同时出版。

教材由北京大学遥感所承继成教授、中科院遥感所郭华东研究员评审。教材编写过程中得到遥感地质学课指会主任徐成彦教授的支持与关心,得到各参加编写单位领导的支持,以及绘图、暗室等后勤工作同志的帮助;并得到李恭、何钟琦、刘德长、崔承禹、张

● 张登荣同志参与了初稿的编写

雍、刘心季、徐玉贤、楼性满、范兆木、金丽芳、欧阳成甫、茹绵文、奥和会、戴文哈、张天仪、杨景元等许多同志的帮助。书成稿后，又蒙中科院遥感所名誉所长、中国科学院院士陈述彭教授为教材作序。编者对以上诸同志诚致谢意。

由于参加编写的人较多，主编的理论知识和工作水平有限，不足和错误之处恳望指正。

**朱亮瓊**

1993年7月1日于北京大学

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	( 1 )
一、遥感地质学的性质、研究对象、内容及方法.....	( 1 )
二、遥感技术系统与技术特点.....	( 1 )
三、遥感科学和遥感地质学的发展历史与发展前景.....	( 2 )
<b>第二章 遥感物理基础</b> .....	( 4 )
<b>第一节 电磁波的基本特征</b> .....	( 4 )
一、电磁辐射的基本特征.....	( 4 )
二、电磁波谱.....	( 5 )
<b>第二节 电磁辐射源</b> .....	( 7 )
一、电磁辐射度量与单位.....	( 7 )
二、物体的热辐射.....	( 7 )
三、太阳辐射和大地辐射.....	( 10 )
<b>第三节 地球大气对电磁辐射传输的影响</b> .....	( 11 )
一、大气散射.....	( 12 )
二、大气吸收.....	( 12 )
三、大气反射.....	( 12 )
四、大气窗口与遥感波谱通道.....	( 13 )
<b>第四节 地物波谱特征</b> .....	( 14 )
一、地物波谱曲线与波谱分析.....	( 14 )
二、反射波谱和发射波谱.....	( 14 )
三、水体的波谱特征.....	( 15 )
四、植被的波谱特征.....	( 15 )
五、岩石的波谱特征.....	( 16 )
六、土壤的波谱特征.....	( 18 )
七、城市地物的波谱特征.....	( 18 )
八、地物波谱的时间效应和空间效应.....	( 19 )
<b>第五节 色度学</b> .....	( 19 )
一、彩色三要素.....	( 19 )
二、三基色原理.....	( 20 )
三、多光谱摄影.....	( 20 )
四、色度图.....	( 21 )
<b>第三章 遥感图像类型与特性</b> .....	( 23 )
<b>第一节 成像遥感技术系统</b> .....	( 23 )
一、遥感平台.....	( 23 )
二、遥感器.....	( 26 )
三、遥感地面接收站.....	( 33 )
四、遥感信息的传输.....	( 34 )



五、遥感图像的种类	( 34 )
六、遥感图像的基本属性	( 35 )
第二节 光学摄影像片特性	( 37 )
一、帧幅式摄影像片特性	( 37 )
二、全景式摄影像片特性	( 41 )
第三节 光机扫描图像特性	( 42 )
一、光机扫描图像的空间特性	( 42 )
二、光机扫描图像的波谱特性	( 47 )
第四节 固体自扫描图像特性	( 52 )
一、HRV成像特点	( 52 )
二、HRV图像特性	( 53 )
第五节 成像雷达图像特性	( 54 )
一、成像雷达图像的空间特性	( 54 )
二、成像雷达图像色调的影响因素	( 56 )
<b>第四章 遥感图像处理</b>	( 60 )
第一节 光学图像处理	( 60 )
一、光学等密度分割处理	( 60 )
二、光学彩色合成处理	( 62 )
三、其他光学图像处理	( 64 )
四、光学变换处理简介	( 65 )
第二节 数字图像处理	( 66 )
一、数字图像处理的基本概念	( 66 )
二、图像恢复处理	( 69 )
三、图像增强处理	( 72 )
四、图像分类处理简介	( 81 )
<b>第五章 地质解译标志与遥感图像地学分析方法</b>	( 84 )
第一节 地质解译的目标与要求	( 84 )
一、解译的涵义	( 84 )
二、地质解译的目的与要求	( 84 )
第二节 地质解译标志	( 84 )
一、图像的色调与色彩	( 84 )
二、地物的几何形态	( 85 )
三、阴影	( 86 )
四、水系类型和水系分析	( 86 )
五、影纹图案	( 89 )
六、其他地质解译标志	( 90 )
第三节 遥感地学分析方法简介	( 90 )
<b>第六章 遥感图像地貌解译及其应用</b>	( 93 )
第一节 概述	( 93 )
第二节 流水地貌解译	( 93 )
一、侵蚀沟及洪积扇的图像特征	( 93 )

二、河流地貌的图像特征·····	( 94 )
三、河流三角洲的图像特征·····	( 95 )
第三节 岩溶地貌解译·····	( 95 )
第四节 沙丘地貌与黄土地貌解译·····	( 96 )
一、沙丘地貌的图像特征·····	( 96 )
二、黄土地貌的图像特征·····	( 96 )
第五节 海岸地貌解译·····	( 97 )
第六节 重力地貌解译·····	( 97 )
一、崩塌·····	( 97 )
二、滑坡·····	( 98 )
三、泥石流·····	( 98 )
第七节 冰川地貌解译·····	( 99 )
第八节 构造地貌解译·····	( 99 )
一、山体构造地貌解译·····	( 99 )
二、坡面构造的解译·····	(100)
三、构造盆地解译·····	(100)
<b>第七章 遥感岩性解译与编图·····</b>	<b>(101)</b>
第一节 岩浆岩的解译·····	(101)
一、中酸性岩体解译·····	(101)
二、基性、超基性岩解译·····	(103)
三、脉岩解译·····	(104)
四、火山岩类解译·····	(104)
第二节 沉积岩与松散沉积物解译·····	(105)
一、沉积岩基本解译标志·····	(105)
二、主要沉积岩解译特征·····	(106)
三、松散沉积物解译·····	(109)
第三节 变质岩解译·····	(110)
一、区域变质岩解译·····	(110)
二、其它变质岩解译·····	(111)
第四节 岩性识别方法与解译要领·····	(111)
一、岩性解译特点·····	(111)
二、岩性解译要领·····	(111)
三、岩性识别的主要方法·····	(115)
第五节 遥感地层分析与岩性制图·····	(118)
一、地层角度不整合接触关系的解译·····	(118)
二、岩相变化的遥感分析·····	(119)
三、遥感地质图件的编(测)制·····	(119)
<b>第八章 遥感构造解译与编图·····</b>	<b>(122)</b>
第一节 岩层产状解译·····	(122)
一、不同产状的岩层图像特征·····	(122)
二、岩层产状的测定方法·····	(123)

第二节 褶皱构造解译	(126)
一、褶皱构造的解译标志	(126)
二、褶皱构造地质特征的遥感分析	(127)
第三节 断裂与线性构造解译	(130)
一、遥感图像上的断裂与线性构造	(130)
二、断裂、线性构造的解译标志	(131)
三、断裂构造地质特征的遥感分析	(133)
四、断裂、线性构造解译资料的分析方法	(137)
第四节 环状构造解译	(140)
一、环状影像与环状构造	(140)
二、环状构造的影像特征	(140)
第五节 隐伏构造与活动构造的解译	(141)
一、隐伏构造的解译	(141)
二、活动构造解译	(144)
第六节 遥感构造编图	(146)
一、遥感构造编图的精度	(146)
二、遥感构造图种类	(146)
三、解译构造剖面的编制	(146)
<b>第九章 多波谱遥感资料在矿产资源勘查中的应用</b>	(147)
第一节 遥感找矿标志	(147)
一、采矿、冶炼遗迹	(147)
二、含矿体的影像特征	(148)
三、围岩蚀变	(148)
四、油气渗漏的遥感检测及机理	(148)
五、植物的变异现象	(149)
第二节 不同岩区成矿条件遥感研究	(150)
一、岩浆岩区矿床	(151)
二、变质岩区矿床	(151)
三、沉积岩区矿床	(152)
四、表壳矿床	(152)
第三节 遥感资料综合分析用于找矿	(153)
一、线性构造及与成矿的关系	(153)
二、环形构造影像及与成矿的关系	(154)
三、多波谱遥感资料的矿化蚀变信息提取	(155)
<b>第十章 多时相遥感资料地学动态分析</b>	(159)
第一节 遥感地学动态分析的方法原理	(159)
一、遥感地学动态信息的类型	(159)
二、遥感地学动态分析的内容和工作程序	(160)
第二节 多时相遥感资料地学动态分析的应用实例简介	(162)
一、近期黄河口冲淤动态监测	(163)
二、岳阳市城市扩展动态检测	(164)

三、气象卫星热红外图像的地震监测应用·····	(165)
<b>第十一章 多源地学信息复合资料的地质应用</b> ·····	(166)
<b>第一节 多源地学信息的复合处理</b> ·····	(166)
一、多源地学信息复合的涵义、目的与内容·····	(166)
二、多源地学信息复合处理工作步骤·····	(166)
<b>第二节 多源地学信息资料在区域地质研究中的应用</b> ·····	(168)
一、作基础影像资料·····	(168)
二、应用于区域地质综合分析与编图·····	(168)
<b>第三节 多源地学信息资料在矿产资源勘查中的应用</b> ·····	(176)
一、在多金属、金矿勘查中的应用·····	(176)
二、在能源矿产勘查中的应用·····	(179)
三、从多源地学信息中提取找矿的基本信息·····	(182)
<b>第十二章 遥感资料在其他地学领域的应用概述</b> ·····	(185)
<b>第一节 遥感资料在环境、水文、工程地质工作中的应用</b> ·····	(185)
一、地质灾害的遥感监测与研究·····	(185)
二、区域环境地质监测与评价·····	(185)
三、工程地质与水文地质遥感·····	(186)
<b>第二节 遥感技术在国土资源调查及城市规划工作中的应用</b> ·····	(188)
一、太原幅农业自然条件目视解译系列图·····	(188)
二、遥感在内蒙古草场调查中的应用研究·····	(188)
三、城市遥感工作中的应用·····	(189)
<b>第三节 遥感技术在土壤、植被、旅游资源与考古工作中的应用</b> ·····	(189)
一、植被、土壤方面的遥感应用·····	(189)
二、在旅游资源调查和考古工作中的应用·····	(190)
<b>第四节 天体遥感的地学研究</b> ·····	(191)
<b>第十三章 地理信息系统及其应用</b> ·····	(192)
<b>第一节 地理信息系统的概念与系统构成</b> ·····	(192)
一、概念·····	(192)
二、系统构成·····	(192)
<b>第二节 GIS在地质学中的应用</b> ·····	(194)
<b>主要参考文献</b> ·····	(197)
<b>图版说明及图版</b> ·····	(201)

# 第一章 绪 论

## 一、遥感地质学的性质、研究对象、内容及方法

对遥感一词涵义有广义和狭义两种理解。地学遥感常用的是狭义的遥感,它是指从远距离、高空以至外层空间的平台上,利用可见光、红外、微波等探测仪器,通过摄影或扫描方式,对电磁波辐射能量的感应、传输和处理,从而识别地面物体的性质和运动状态的现代化技术系统。遥感按电磁辐射源的性质不同分为主动遥感和被动遥感两种基本方式,前者如雷达,使用人工电磁辐射源;后者如摄影,使用太阳等自然辐射源。

遥感地质学作为遥感技术与地球科学结合的一门新学科,其理论是建立在物理学的电磁辐射与地质体相互作用的机理基础之上的;而技术方法则是建立在“多”技术基础之上的。正是通过多波(光)谱、多平台、多时相、多向成像、多向极化、多级增强处理等技术手段来收集与分析遥感数据资料,才能获得比60年代以前单靠航空摄影所取得更多的波谱的、空间的、时间的地学信息。

遥感地质学作为一门边缘学科,其研究对象是地球表面和表层地质体(如岩石、断裂)、地质现象(如火山喷发)的电磁辐射的各种特性。研究的目的是为了有效识别地质体的物性与运动状态,在此基础上,为地质构造研究、矿产资源勘查、区域地质调查、环境和灾害地质监测等工作服务。

遥感地质学的研究内容主要有:①各类地质体的电磁辐射(反射、吸收、发射等)特性及其测试、分析与应用;②遥感数据资料的地学信息提取原理与方法;③遥感图像的地质解译与编图;④遥感技术在地质各个领域的具体应用和实效评估。

遥感地质学使用的方法,涉及地物波谱测试方法、数理统计相关分析的方法、模拟试验的方法、模式识别与视觉效应的方法,以及地学(地质、地理、地貌、地图学)的有关研究分析方法等。

## 二、遥感技术系统与技术特点

遥感技术系统包括遥(传)感器和运载工具、信息的接收与预处理及分析解译系统三个部分。第一部分主要是遥感仪器及其运载工具——遥感平台的介绍(见第二章中介绍);第二部分包括遥感信息的接收、记录、预处理及储存,主要是地面接收站的工作与设备,与教学关系不大,故从略;第三部分涉及图像处理及解译分析和应用,是教材主要阐述的内容。

遥感的技術特点是:

(1)视域宽广。居高俯视,单幅图像覆盖面积很大(一幅TM为34385km<sup>2</sup>),便于进行地学大区域宏观观察与分析对比。

(2)信息丰富。包括可见光、红外、微波多波段遥感,能提供超出人视觉以外的大量地学信息。

(3) 定时、定位观测。能周期性监测地面同一目标地质体，有利于对比分析其特点，并可以对某些地质现象（如火山喷发、洪水过程）作动态分析。

(4) 遥感资料的计算机处理技术的广泛应用，使多种地学资料的综合分析，地学信息提取，地学数据库的建立有了技术上的保障。

这些技术特点和优点，对地学非常有用，因而在短短20年时间内，遥感技术在我国农、林、交通、气象等许多部门都得到很大发展，在地质科学的许多部门（如找矿、区域地质制图、水文、工程和环境地质等）也同样得到长足进展。

### 三、遥感科学和遥感地质学的发展历史与发展前景

#### (一) 遥感科学发展的几个阶段

遥感科学是从航空摄影测量逐步演变发展起来的，是通过一些高科技军事侦察技术的解密和转向民用而成长起来的。遥感科学的发展历史通常分为：第二次世界大战前的早期阶段，此阶段实际上是航空摄影阶段；1937—1960年的中期阶段，其标志是成像技术从航空摄影发展到电视、扫描、雷达等多种方法，成像取得的资料应用从军事侦察及民用摄影测量推广到民用各个行业；第三阶段即60年代以后，可以用下列几点表明遥感技术已摆脱单一航空摄影成像，发展成为遥感科学。其标志是：①民用航天技术出现，尤其是美国地球资源技术卫星（ERTS）的发射成功，标志着民用航天遥感阶段的开始，使遥感的定时、定位观测与对比解译，在技术上成为可能，经济上变得合算，并使人类对地球的观测从高空扩展到外层空间；②新型遥感器技术的应用使电磁波谱从可见光摄影扩展到红外、微波波段，延伸了人的感官，扩大了信息源；③大型电子计算机的开发和使用，为遥感图像处理技术奠定了基础，使从遥感获得的大量数据资料得以及时处理并提供给用户，使得民用遥感技术走向实用化和商业化。

#### (二) 遥感地质的发展前景

遥感地质学作为遥感的一个组成部分，将随遥感技术的发展而不断前进。其发展前景主要表现在以下四个方面：

1. 新的遥感波段开发与遥感器的研制。前者如毫米波段、激光雷达和紫外波段的开发利用。后者主要对可见光，尤其红外波段的高分辨力、窄波段的遥感器的研制。当然还有作为遥感器的运载工具的各种平台的研究（如航天飞机和地质专用卫星等），以及遥感数据资料的实时传输等。

2. 快速、省廉、有效的地学信息处理、提取、分析方法，如地理信息系统、专家系统以及新的图像增强处理方案的开发等。

3. 遥感技术在地质学已开展的领域的深化和新领域的开拓。现有应用领域的深化首先是在矿产资源勘查中的遥感技术应用方面，向模式化、自动化和定量化方向发展；其次是在区域构造分析，遥感地质编制图件上的应用。在遥感技术地学应用新领域的开拓方面，深部构造的遥感分析，包括灾害地质、城市地质等在内的（广义的）环境地质遥感是主要内容。

4. 遥感地学机理的研究。例如遥感地学信息的传输问题，以及一些巨大环状构造的形成机理就是一个有待深入的问题。

遥感地质学作为一门新的地学分支，尽管它在理论上、技术上、应用上还不是十分成

熟，人们对它的认识和评价还有不同，甚至它的有关名词、术语的概念、译名都有待统一，但它的技术长处和它在地质学中所起的作用，是其它地学学科所无法取代的。在即将来临的21世纪，遥感技术与遥感地质，一定会在我国地学工作中发挥更大作用，显示技术优势，作出更多的贡献。

## 第二章 遥感物理基础

### 第一节 电磁波的基本特征

电磁波是在空间传播的交变电磁场。这些电场和磁场以光速传播并且彼此垂直，同时还与传播方向垂直。无线电波、微波、红外线、可见光、紫外光、X射线、 $\gamma$ 射线都是电磁波，不过它们产生的方式不同，波长也不同。电磁波理论是遥感的物理基础，因此了解电磁波的一些基本特征，是学习遥感地质学的基础。

#### 一、电磁辐射的基本特征

电磁辐射在遥感中常指电磁波，实际上是电磁波通过空间或媒质传递能量的物理现象，即电磁能量以波的形式发射的过程。它具有下列特征：

##### （一）电磁波的传播

电磁波的传播是能量存在的一种形式，在传播过程中，其波长（或频率）、强度、传播方向和偏振面会发生变化，如反射、折射、吸收、散射、偏振等。波长、强度、传播方向、偏振面是描述电磁波的四个基本物理量。

电磁波所以能够传递信息是与上述四个基本参量密切相关的。例如在可见光范围，由于波长或频率的不同，给人们以各种颜色的信息；电磁辐射源与目标之间的相对运动会产生频率移动的多普勒效应，利用此效应可获得目标速度的信息。根据电磁波的传播方向、振幅和极化面的变化，可获得有关目标的位置、形状（包括方位、距离、图像）等信息。

##### （二）电磁波的叠加和相干

当振动方向和振动频率均不同的多列电磁波在空间相遇时，相遇点的复合振动等于各列波在该点的矢量和，而在其它位置每一列波仍保持原有的特征（振动方向、频率等保持不变），因此，波的传播是独立的，这就是叠加原理。电磁波的叠加原理适合于大多数常见介质中传播的电磁波。

两列频率、振动方向、相位都相同或相位差恒定的电磁波叠加时，某些部位处于振动永远加强，而另一些部位则处于振动永远减弱或完全抵消的现象，称为电磁波的相干。对于相干辐射，探测器在某一位置可能接收到较多的能量，而在另一位置可能接收到较少的能量；对于非相干辐射，探测器接收的平均能量等于每列波单独投射时的平均能量之和，且不受探测器位置变化的影响。相干作用的结果使影像产生颗粒状或斑点，影响人们对图像的解译。

##### （三）电磁波的衍射

如果电磁波投射在一个它不能透过的有限大小的障碍物上，将会有一部分波从障碍物的边界外通过，这部分波在超越障碍物时，会改变方向绕过其边缘而达到障碍物后面的阴影区。电磁波通过障碍物边缘所引起的这种使一些辐射量发生方向改变的现象称为电磁波



的衍射。在遥感测量中不得不考虑电磁波衍射效应的影响。例如，在微波遥感中当电磁波到达遥感天线时，被天线孔径切割或截获时要发生衍射，使接收效果受到影响。

#### (四) 电磁波的偏振(极化)

电磁波是交变电磁场在空间的传播，在传播过程中，电场强度、磁场强度和传播方向三者之间始终保持垂直。通常电场强度在各个方向(垂直于传播方向的平面上)是相等的，若其总是固定在某个方向振动，则称电磁波在该方向被极化(偏振)。依电场强度与入射面(通常是地表面)的关系分为水平极化(H)和垂直极化(V)，水平极化两者互相垂直，垂直极化两者互相平行。电磁波的极化现象在微波遥感技术中有很重要的意义，是影响微波图像灰度的一个重要因素。

利用平面偏振以及它在各种物质表面的反射、透射特性，我们就能预计相应的回波强度；反之，根据回波强度，我们也可以判断物体的特性，这就是偏振波在遥感中的意义所在。例如，用微波辐射计测量1.41 GHz、8.36GHz、19.34GHz三个频率上的海面亮度温度时发现，当入射角为55°时，海面风速对垂直极化的亮度温度没有贡献，而水平极化的亮度温度却随风速增加而增加。在19.34 GHz，风速每增加1m/s，水平极化的亮度温度增加约1.1K。

#### (五) 电磁波的多普勒效应

当一个频率为 $f$ 的电磁辐射源向着观察者运动或者背着观察者运动时，则观察者从这个源所接收到的辐射将具有另一个频率 $f'$ 。如果这个辐射源向观察者运动时， $f'$ 大于 $f$ ；如果背离观察者运动时，则 $f'$ 小于 $f$ 。由观察者和辐射源的相对运动所引起的电磁辐射的频率改变，就叫多普勒效应。

电磁波的多普勒效应在民用遥感技术上的应用还很少见有公开报导。

#### (六) 电磁波的波粒二象性

电磁波具有波动性和粒子性两方面特征，即具有波粒二象性。波动性就是它的时空周期性，可以用波长、速度、周期和频率来表征，它主要表现为电磁波有干涉、衍射、偏振、散射等现象。粒子性是指电磁波是由密集的光子微粒流组成的，电磁波实质上是光子微粒流的有规律的运动，主要表现为电磁辐射的光电效应、康普顿效应等。用统计的观点把波和粒子的二象性联系在一起，波是粒子流的统计平均，而粒子是波的量子化。

不同波长的电磁波，其波动性和粒子性表现的度不一样，较短波长的电磁波主要表现出粒子性，波长越短，粒子性表现愈明显；而长波电磁波则主要表现出波动性。

## 二、电磁波谱

不同的辐射源产生的电磁波的波长各不相同，其变化范围也很大。将各种电磁波按其波长(或频率)的大小，依次排列成图表(图2-1)，这个图表就叫电磁波谱。

在电磁波谱中，各个波段的划分是相对的，它们之间并没有明显的界限，实际上从宇宙射线到工业电波，整个电磁波谱都是连续的。各谱段的电磁波，由于其波长范围不同，它们的性质就不同，探测记录它们的方法也不相同。目前遥感技术应用的波谱段，主要是从紫外到微波的范围。各谱段的波长范围的划分在不同文献上略有差异，本书采用如下的划分：

紫外波段 0.01—0.38 $\mu\text{m}$