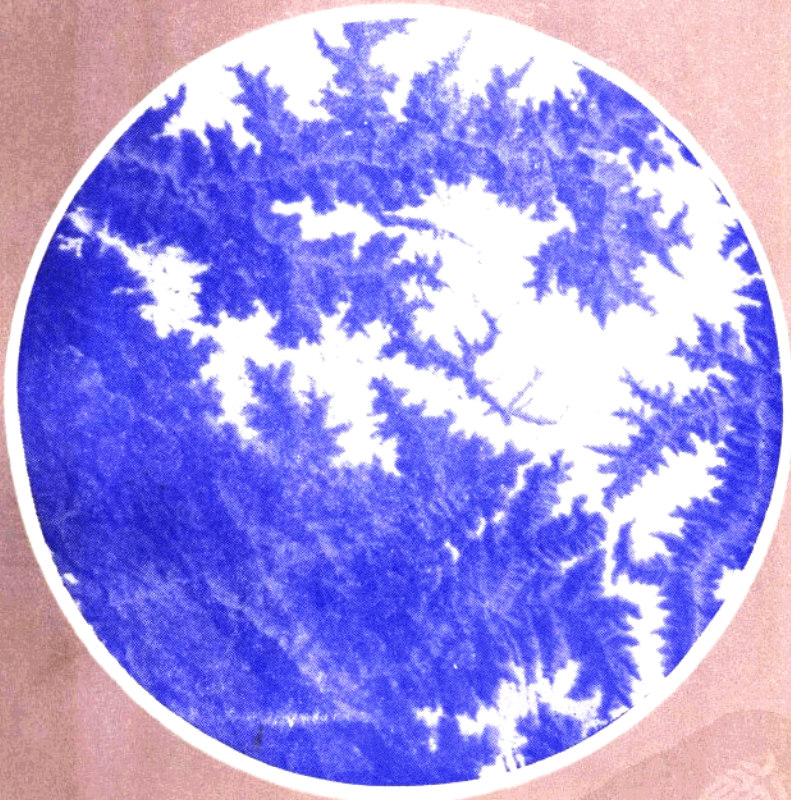


遥感地质学

李冬田 主编



地质出版社

中等专业学校教材

遥感地质学

李冬田 主编

地质出版社

内 容 提 要

本书是中等专业学校地质类专业适用的教材。其内容是根据中等专业学校地质调查与找矿和水文地质及工程地质专业的教学大纲安排的，全书共分六章，重点在航空像片地质解释的基本理论、基本知识和基本技能方面。

本书除中等专业学校教学使用外，也可供同类水平的职工培训使用，并可供中等地质专业技术人员参考。

※ ※ ※

中等专业学校教材

遥感地质学

李冬田 主编

*

责任编辑：张荣昌 郑发重

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所发行

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：9.25 铜版插页：7页 字数：213,000

1988年3月北京第一版·1988年3月北京第一次印刷

印数：1—10,000册 定价：1.55元

ISBN 7-116-00126-3/P·110

前 言

遥感地质学是随着遥感技术的发展而出现的一门新兴的边缘学科，近二十年来发展非常迅速。遥感地质方法已成为地质调查和研究工作中不可缺少的重要手段。因此，在地质矿产部制订的有关专业的教学计划中，将《遥感地质学》列为必修课程。

对于中等地质专业的学生来说，在本课程的学习中，应着重掌握航空像片地质解译的基本理论、基本知识和基本技能，熟悉在野外第一线地质工作中遥感地质的某些常用的工作方法。本书根据中等专业学校地质调查与找矿专业和水文地质及工程地质专业的教学大纲的要求，突出了这些方面的内容。

本书自1983年4月开始编写，由李冬田任主编，冯佐峰编写第一、六章和第二章第一至四节，郑发重编写第五章第二、三节，其余部分均由李冬田编写。在编写过程中曾经过多次磋商和修改。1985年5月经地质矿产部中等专业学校地质类第一编审委员会部分成员磋商，由主编并邀请刘学对某些章节进行改写后提交了初稿。1985年10月由地质矿产部中等专业学校地质类教材第一编审委员会主持召开审稿会议，聘请地质矿产部遥感中心李晋明同志担任主审，进行了审议。会后编者根据评审意见对初稿进行了修改。最后由主编对全书进行了统一整理、修改、定稿。

在本书编写过程中，编委会主任徐邦樑副教授和陈宜清、俞允本、谢石连、杨敬宇等老师先后参加了本书编写大纲的讨论和审稿，对书稿提出了许多宝贵意见；严刚、陈乐平、林树榆等同志给编者提供了资料，我们借此表示深切的感谢。

本书部分像片由南京地质学校制印厂复印；插图由王静玉、戴雪芬、张景枝、余龙云、唐春红、李秀香等同志协助清绘，刘锦荣、吴亚平、方新安等同志协助誊清，在此一并致谢。

因编者水平有限，书中不足之处敬请批评指正。

编 者 1986年6月

目 录

绪论——遥感技术与遥感地质学	1
一、遥感技术概述	1
二、遥感地质学及其发展概况	4
第一章 遥感地质的物理基础	7
第一节 电磁波与电磁波谱	7
一、电磁波的若干特性	7
二、电磁波谱	7
第二节 地质体的电磁波辐射特性	8
一、物体电磁波辐射的机理	8
二、地质体反射电磁波的特性	11
第三节 太阳辐射和大气窗口	14
一、太阳辐射	14
二、太阳辐射在大气中的衰减	15
第二章 航空像片及卫星图像的特征	18
第一节 航空摄影的一般知识	18
一、航空摄影的概念	18
二、航空像片的标记和质量评定	20
三、感光材料的一般知识	21
四、彩色摄影的基本原理	24
第二节 航空像片的物理特性	27
一、航空像片的色调与色彩	27
二、不同感光材料对航片色调和色彩的影响	28
三、像片的分辨力	28
第三节 航空像片的几何特性	29
一、航空像片的特别点和特别线	29
二、像点位移	31
三、航空像片的比例尺	33
第四节 航空像片的立体观察和量测	35
一、立体视觉	35
二、立体镜观察	37
三、立体量测的原理和方法	38
第五节 卫星遥感的一般知识	40
一、遥感卫星的类型	40
二、陆地卫星的轨道特点	41
三、陆地卫星的传感器	42
第六节 陆地卫星图像的几何特性	45

一、图像的方向、面积和重叠	45
二、图像的投影特性	46
三、图像的分辨率	47
第七节 陆地卫星图像的物理特性	49
一、陆地卫星图像的灰阶	49
二、MSS4、5、6、7各波段图像的特点和解像力	50
三、不同季节图像的特点和解像力	51
四、彩色合成图像的特点	52
第三章 航空像片与卫星图像的地质解译	53
第一节 地质解译的方法和原则	53
一、地质解译的方法	53
二、地质解译的主要原则	55
第二节 地质解译标志	57
一、形状和大小	58
二、色调和色彩	58
三、阴影	59
四、纹形图案	59
五、水系	60
六、地貌形态	63
七、土壤和植被标志	64
八、其它标志	65
九、地质解译标志的相关性和可变性	65
第三节 地貌解译	66
一、流水和坡地地貌解译	66
二、岩溶地貌解译	69
三、湖泊、海岸地貌解译	70
四、风、冰川和冻土地貌解译	71
第四节 岩性解译与地层分析	72
一、岩性解译的基本原理	72
二、沉积岩岩性解译	75
三、岩浆岩岩性解译	77
四、变质岩岩性解译	78
五、航、卫片的地层分析	79
第五节 构造解译	81
一、构造面产状的解译及量测方法	81
二、褶皱构造解译	86
三、断裂构造解译	87
四、岩浆岩构造解译	92
五、关于环形构造	93
六、关于隐伏构造和活动构造	95
第四章 热红外、微波遥感及其图像特征	99
第一节 地质体的热红外辐射	99

一、地表热能的平衡	99
二、地质体热红外辐射的物理基础	100
三、影响地质体温度的因素	102
第二节 热红外扫描及其图像特征	104
一、扫描仪的工作原理	104
二、热红外扫描图像的特征	106
第三节 热红外图像的地质解译	109
一、热红外图像的解译标志	109
二、水体与浅层地下水的解译	110
三、地貌解译	110
四、岩性解译	110
五、构造解译	111
六、地热引起的热红外异常	111
第四节 微波遥感及其图像特征	111
一、微波和被动微波遥感的概念	112
二、侧视雷达及其图像特点	114
第五章 遥感地质在地质工作中的应用	116
第一节 遥感地质在地质工作中的作用和发展方向	116
一、遥感地质的主要作用	116
二、遥感地质发展的趋势和方向	116
第二节 遥感在地质调查及找矿中的应用	117
一、区域地质调查和编图	117
二、矿产普查	118
第三节 遥感在水文地质及工程地质工作中的应用	118
一、遥感在水文地质工作中的应用	118
二、遥感在工程地质工作中的应用	120
第六章 遥感地质调查的工作方法	122
第一节 遥感地质调查的一般程序	122
一、资料的收集、处理和概略解译	122
二、野外踏勘及建立地质解译标志	122
三、详细解译	123
四、野外调绘	123
五、成图及编写报告	123
第二节 遥感地质中某些图件的制作方法	123
一、镶嵌图及其制作	124
二、像片上地质要素的转绘方法	124
三、地质解译图的编制	127
附录一 遥感图像的增强和处理技术简介	129
一、光学增强和处理	129
二、计算机图像处理	131
附录二 地面摄影地质测量简介	135

一、摄影机	135
二、地面摄影地质测量方法的基本类型	136
三、定摄站地质测量的外业布置原则	136
四、地面摄影地质测量内业	136
附录三 美国陆地卫星图像注记	139
图版说明	139
主要参考文献	140

绪论——遥感技术与遥感地质学

遥感地质学是由于遥感技术广泛地用于地质工作而发展起来的一门新兴的边缘学科。遥感地质学是在航空地质学的基础上发展起来的。六十年代以来，随着航天事业的飞跃发展，遥感地质学也得到了迅速的发展。目前，遥感地质已成为许多地质工作中不可缺少的新的技术手段，并为地质学的发展提供了许多新的信息和资料。

一、遥感技术概述

(一) 遥感的概念

遥感技术是一种新兴的综合性探测技术。它通过遥感平台上装置的传感器，远距离（不与目标接触）接收目标反射或发射的各种不同波段的电磁波信息，经过对这些信息的处理和译，达到对远距离目标的探测和识别的目的。

遥感平台即装载传感器的运载工具，如飞机、气球、火箭、卫星和地面遥感车等。根据遥感平台的性质，遥感技术可分为航空遥感、航天遥感和地面遥感。

传感器即摄影机、扫描仪、雷达等接收电磁波的仪器。

目前遥感技术常用的电磁波一般包括可见光、红外线、微波和紫外线等波段。这些电磁波，有的是目标对太阳辐射（或其它自然辐射源辐射）的反射；有的是目标自身发射的红外线和微波；还有的是目标对人工辐射源辐射的反射。探测目标反射太阳辐射的电磁波或目标自身发射的电磁波的遥感技术，如摄影、摄像、红外扫描等，称被动遥感技术；探测反射人工辐射电磁波的遥感技术，如机载侧视雷达，称主动遥感技术。

根据上述关于遥感的概念，可以说，在十九世纪中、后期摄影技术刚刚产生的年代就有了最初的遥感技术。当时曾有人从气球上对地面摄影作为侦察资料、地震灾情的调查资料和地形测量的校正资料。

本世纪初飞机发明以后，航空摄影成为主要遥感手段首先在军事侦察中得到普遍应用并迅速发展起来。到五十年代，航空摄影技术广泛应用于许多民用事业，如地形测量、地质调查、铁路和水利工程的勘测等等。与此同时，热红外扫描技术和机载侧视雷达也很快地发展起来。

1957年人类首次成功地发射人造卫星以来，遥感技术的发展飞跃到一个崭新的阶段。这个阶段的遥感技术有以下特点：

1. 由于运载工具的发展，从不同高度的卫星、飞机、气球、地面遥感车等多种平台上可以获得不同比例尺、不同大气效应，和不同季节不同时间的多种图像，使遥感具有“多层次”和“多时日”的性质；
2. 由于传感器的发展，多波段摄影和扫描、红外扫描、微波扫描、侧视雷达等技术日臻成熟，遥感信息远远超出了可见光的范围，信息量越来越丰富，使遥感具有“多谱段”的特点；
3. 出现了“多重图像组合和增强”技术，把同一地区不同波段或不同日时的几个图像组合在一起，或用增强技术使某些重要的信息突现出来，可大大提高对目标的识别能力

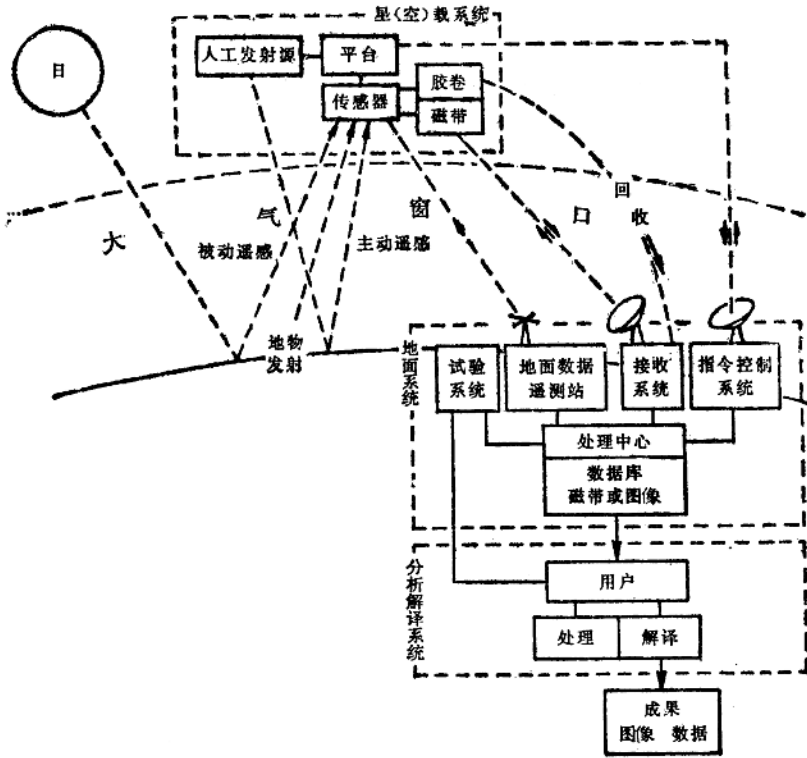
或获得目标的动态信息；

4. 由于计算机技术的发展，用计算机对图像进行处理、分析、识别、以至制图，使遥感技术的功能大大提高。

以上说明，现代遥感技术是一门综合性技术。它包括航空航天技术；传感器技术；信息传输、接收、记录、存贮技术；信息处理技术和分析解译技术等。由这些有关技术有机地组合起来构成了一个独立的技术系统。

(二) 遥感技术系统

遥感技术系统概括起来包含三个组成部分（图绪—1）。



图绪—1 遥感技术系统示意图

1. 遥感信息收集系统 包括运载工具、传感器和信息传输系统，也称为星载系统或空载系统。

运载工具的更新对遥感技术的发展起着决定性的作用。由于飞机的发明，遥感技术才得到广泛的应用和发展；卫星的发射成功，使遥感进入了崭新的阶段，并得到更加广泛的应用。目前遥感所使用的运载工具主要是飞机和卫星。飞机和卫星的许多性能对传感器的工作和图像的性质、质量都有很大影响。

传感器技术是遥感技术系统的核心。其主要功能是接收目标的电磁波信息，通常以摄影或扫描的方式把信息记录在胶卷上；或者通过光电、热电等转换和视频转换将其记录在

磁带上。对于不同波段的电磁波，需用的传感器也不同。目前应用的主要传感器类型见表绪—1。

2. 遥感信息的接收和预处理系统 该系统也称遥感的地面系统，其主要内容包括：

表绪—1 主要传感器类型及其使用的电磁波波段

遥感方式		传 感 器	电 磁 波 波 段					
			紫 外	可 见 光	近 红 外	中 红 外	远 红 外	微 波
成 像 方 式	被 动	(宽波段) 摄影仪	—	—	—			
		多波段摄影仪	—	—	—			
		(光电) 摄像仪	—	—	—			
		(光学) 多波段扫描仪	—	—	—			
		红外扫描仪				—	—	
		扫描微波辐射计						—
	主 动	侧视雷达						—
		激光雷达		—	—			
	非成像方式	激光高度计		—	—			
红外辐射计					—	—		
微波辐射计							—	
分光光度计		—	—	—				

(1) 接收来自星载或空载系统的信息 包括回收胶卷、磁带或通过天线接收来自星载系统的视频信号，并由记录系统记录。

(2) 遥感信息预处理 在信息预处理首先进行的是回收的胶卷，处理和编录等工作，但这些都比较简单。所谓遥感信息预处理主要是指对于接收站接收的视频信号在提供用户使用之前所必须进行的处理。其主要内容包括：

① 将视频信号放大、转换为图像或计算机用的磁带记录；

② 校正因飞行器姿态不稳造成的系统误差；

③ 对由于大气散射、时间、季节、太阳高度等变化，地球曲率，传感器性能等种种因素造成的误差进行几何校正和辐射校正。

为了进行上述各种校正，需进行各种地面试验，并设立遥测站。

(3) 遥感资料的存贮系统。

3. 遥感资料分析解译系统 各应用部门根据自己不同的要求，对经过预处理的资料进行分析研究和专业解译。资料的解译则主要是各应用单位应进行的工作。

综上所述，遥感技术系统是一个布置在从地面到高空的综合性的探测技术系统。因此，遥感科学是一门建立在物理学、数学、计算机、航空、航天等许多学科和地学各学科发展的基础上的综合性学科。

(三) 遥感技术应用概况

由于应用遥感技术可以迅速获得大量丰富的大面积的地表（包括大气层）信息，目前已广泛应用于军事、测绘、气象、农业、林业、水利、环境保护和地质找矿等 40 多个领域。

遥感技术在军事侦察中应用最广泛，发展最快。正因为遥感在军事侦察中的重要作用，遥感技术本身才得以迅速发展。各国军事部门都拥有不少优于民用的遥感技术设备、方法和资料。由于航空摄影的优点，第二次世界大战中绝大部分军事情报是用航空摄影获得的。卫星侦察比航空侦察视域更广、速度更快，并有连续监视和自由出入等许多特殊的优越性。目前全世界侦察卫星的数量占已发射卫星总数的 60% 以上，其地面分辨率可达 0.3m。另外，用红外、微波等遥感手段，可以识别敌方的伪装，发现潜水不很深的潜艇和某些地下工事，并可侦察油库储备等等。此外，还可对弹道导弹袭击发出预警。

卫星遥感技术给气象预报带来了革命性的变化。气象卫星可以及时、准确地掌握全球的云图和大气层的温度、湿度、气旋和海面温度、海水等情况，使天气预报的精确度大大提高，特别是对台风、飓风、暴雨雪等大气灾害能迅速、准确地作出预报和警报。

在农业方面，现代遥感技术对土地利用情况，农田的地形、地貌和土壤类型，以及农作物的布局、排灌系统等调查迅速而准确，已经成为农业发展和规划的重要手段。此外，遥感技术对农作物病虫害的预报和估产也很有效。

对于林业，遥感技术可以提供森林分布图，并及时而准确地测出木材采伐、森林病虫害、造林效果等森林动态变化的情况，特别对森林火灾的监测具有重要意义。

在测绘工作中遥感技术应用是很早的，摄影测量早已成为测绘地形图的一种常规手段。由于卫星和近红外、微波遥感的应用，一方面大大提高了测绘工作的效率和精度，及时地更新地形图；另一方面使建立全球控制测量成为可能，并使过去无法进行测绘的热带雨林区、某些森林区和很难开展工作的某些高原、沙漠和高山峡谷地区能很快地得到准确的地形图。

遥感技术在许多地质工作中已经成为不可缺少的手段，并使地质调查工作发生着革命性的变化。在区域地质调查中，用遥感方法可以快速而准确地获得大面积区域内大量地质信息，因而使工作效率和精度大大提高。由于遥感图像从宏观上细致地反映了地质构造、地貌、水文、植被和人类经济活动等各种信息，所以在找矿、水文地质调查、石油普查、地热调查、地震地质调查，以及水利、道路、港口等工程地质勘测和环境地质调查等等许多地质工作中，应用遥感技术都取得了很好的效果。

在海洋研究方面，遥感对测定海岸地形、浅海海底地貌、泥沙流、海流、海水温度、盐度、波浪、浮游生物、海洋污染和海洋气象等等都是很有有效的。

此外，遥感技术还广泛应用于环境监测、洪水预报，以及地震等许多自然灾害的预报工作。

总之，遥感技术的应用是十分广泛的。由于遥感技术的发展和运用，人类具备了更及时获取环境信息的有效手段。遥感技术越发展，其信息应用越充分，人们在经济和社会活动领域中可获得的主动权也就越多。

二、遥感地质学及其发展概况

由于遥感技术和遥感资料在地质工作中的广泛应用，因而逐步形成了一门新的学科——遥感地质学。

（一）遥感地质学研究的内容

遥感地质学的任务是利用遥感图像的影像特征研究地质体和地质现象；研究应用遥感资料进行地质工作的规律和方法。其内容主要包括：

1. 研究各种地质体和地质现象在各类遥感图像上的影像特征。所谓影像特征，概括说来包括形态特征和波谱特征。

各种地质体和地质现象都具有一定的形态。如中、酸性岩体常具有浑圆的形态；沉积岩的褶皱具有条带状圈闭或半圈闭形态；断层具线状延伸形态；不同岩石因风化剥蚀情况不同，具有不同的微地貌形态……等等。遥感图像真实而客观地记录了这种种形态特征。

任何地物反射或发射的电磁波具有各种不同的波长，不同波长电磁波的能量往往不同。地物反射能量随波长改变而变化的特性，称为地物的波谱特性。由于不同地物具有不同的波谱特性，在遥感图像上各种地物的影像就具有明暗不同的色调或不同的色彩。

地质体和地质现象在各类遥感图像上的形态特征、波谱特征以及由某些特定的形态和色调有规律地组合起来的某种组合特征，是遥感方法识别各种地质体和地质现象的基础。

2. 根据地质体和地质现象的影像特征对遥感图像进行分析解译和必要的调绘。各种遥感图像（包括航空像片、卫星图像、红外扫描图像、雷达图像等等）都在一定波段范围内客观地反映了各种地面信息。根据遥感地质学对影像特征的认识和已有的地质资料，在遥感图像上识别及量测各种地质体和地质现象，这就是遥感图像的地质解译。通过地质解译和必要的野外调绘、综合分析，可以制出专题地质图，如区域地质图、成矿预测图、水文地质专题图、线路工程地质图、线性构造分布图……等等；并可为资源、能源、环境和工程建设提供地质资料。这是遥感地质工作的基本内容。

3. 研究图像的光学增强方法和数字处理方法，从各种图像及它们的合成中提取更多有用的地质信息。

4. 从图像中发现新的地质信息，研究这些新信息的地质意义，为地质学的发展提供新的资料。

由此可见，遥感地质学是地质学与遥感科学之间的一门边缘学科。对地质学来说，遥感地质学是一门新的技术方法的科学；而在遥感技术系统中，遥感地质学是一门应用科学。

（二）遥感地质学与其它学科的关系

遥感地质学一方面与许多基础学科、技术学科有紧密的联系；另一方面与地质学和地质学领域其它各学科密切相关。

对地质体波谱特性和电磁波传输的研究离不开基础物理学、大气物理学等基础科学。任何脱离基础科学基本原理的“想象”，都会在遥感地质学的具体工作中造成谬误。

要了解各类图像的特征，还必须具备摄影、红外探测和雷达、空间解析几何和地图学等有关知识。

遥感地质学是为地质工作服务的方法性学科，它研究的对象是地面各种各样的地物和现象。因此，必须具备广博而坚实的地质学（包括岩石学、地层学、构造地质学、水文地质学、矿床学等等）和地貌学知识，并具有丰富的野外地质工作经验。还必须在地理学（包括自然地理、经济地理、历史地理等）、土壤学、植被学等方面具备一定的知识。

为从遥感资料中获得更多的地质信息，往往需要对图像进行处理。因此遥感地质学还

与电子计算机技术、数理统计、计算数学和现代光学技术等有关学科有联系。

(三) 遥感地质学的发展概况

遥感地质工作开始于航空摄影刚刚问世的年代。1913年在利比亚曾用航空摄影镶嵌图编制了本戈逊地区的油田地质图。第二次世界大战后，航空遥感技术有了很大的发展和推广。五、六十年代世界各国大量应用了“航空地质”工作方法。航空地质在区域地质调查中发挥了很大的作用；在找矿和工程勘测中也发挥了重要作用。在找矿方面最著名的发现是巴西卡腊贾斯山富铁矿和澳大利亚特大型镍矿和铁矿。

人造卫星发射成功，使遥感技术进入了飞速发展的时期。二十多年来全世界已发射了数千个人造卫星和飞船，虽然大部分用于军事（美国57%，苏联68%），但仍有相当多的卫星用于通讯、导航、气象、资源、制图等事业。遥感地质也开辟了航天遥感的新领域，从而进入了新的发展阶段。在这方面，美国最突出的是陆地卫星系列的发射和应用，并先后出版了《遥感手册》和有关遥感原理与判释方面的著作。美国在航天遥感地质研究中比较侧重信息的计算机处理、识别和成图。苏联比较重视遥感地质资料的应用，把航天遥感资料作为宏观地质研究的间接依据，研究地质作用的宏观规律，探索地壳表层构造总体格局。近年来比较有影响的书籍是《地球的航天地质研究》和B.Б.希林的《航空摄影在自然资源研究中的作用》。西欧各国和日本都在积极发展遥感技术。80年代中期陆地卫星4号和法国SPOT卫星的发射，提供了高分辨率的图像，使遥感地质又有了重要的发展。

我国早在50年代就普遍进行了以地形制图为主要目的的黑白航空摄影，并在区域地质调查、矿产普查（特别是石油普查和煤田勘测）、水库和铁路工程地质调查等工作中较多地使用了航空像片。到60年代，在地质系统，航空像片已广泛应用于区域地质调查工作，并反映到区域地质调查规范中。煤炭系统在煤田大比例尺测绘中推广使用了航空地质方法。在高等院校编写了航空地质教材，并进行了这方面的教学。1970年4月，我国第一颗人造卫星发射成功，至今已发射了十几颗，获得了一些高精度的卫星图像。70年代后期，地质部建立了遥感地质中心，其后，各省先后成立了遥感地质站（或队）。石油、铁道、水电等等系统也相继成立了以遥感地质为主的遥感中心。遥感地质在技术装备、设备研制、遥感试验、解译方法、应用范围等各方面都有了很快的进展，并在各地质单位普遍推广，取得了较好的效果。目前，遥感地质的发展和推广，已经使常规地质调查工作发生了深刻的变化；这种变革本身又促使遥感地质高速发展。

第一章 遥感地质的物理基础

遥感技术是通过收集和识别地物辐射的电磁波信息来进行探测的。因此，地物的电磁波辐射特性，以及电磁波在传播过程中受大气因素影响的机制，是遥感地质的物理基础。

第一节 电磁波与电磁波谱

一、电磁波的若干特性

交变电磁场在空间的传播就是电磁波。

电磁波的传播速度 (c) 与波长 (λ)、频率 (ν) 或周期 (T) 的关系为：

$$c = \lambda\nu = \lambda/T$$

不同能量，不同性质的电磁波具有不同的波长和频率。如人眼能感受到的可见光（包括红、橙、黄、绿、青、蓝、紫）波长为 $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$ ，频率为 $3.94 \sim 7.89 \times 10^{14} \text{Hz}$ ；常温物体发射的红外线波长约 $10 \mu\text{m}$ 左右，频率约 $3 \times 10^{13} \text{Hz}$ 。

电磁波在不同的介质中传播时，速度与波长要发生变化，但频率保持不变。遥感技术主要研究电磁波在真空和大气中的传播，所以可以把电磁波的波速、波长和频率都看作是一定的 ($c = 2.998 \times 10^8 \text{m/s} \approx 3 \times 10^8 \text{m/s}$)。

遥感探测的电磁波信息一般包括电磁波的波长（或频率）、强度（最大振幅）和位相三个方面。如各种可见光线的颜色反映了波长（或频率），它的明暗程度反映了电磁波强度（最大振幅）的大小，光的干涉和衍射则反映了其位相信息。此外，电磁波的偏振（极化）性质在微波雷达的遥感中也是重要信息。

电磁波既具有波动性，又具有量子性，称为波粒二象性。

电磁波的波动性表现为它的反射、散射、折射、衍射、干涉等特性。

电磁波的反射特性与电磁波的波长与物体表面粗糙度之比有关。当波长 λ 远大于粗糙度 h 时 ($\lambda \gg h$)，电磁波在物体表面发生镜面反射；当波长 λ 接近粗糙度 h 时 ($\lambda \approx h$)，产生漫反射；介于镜面反射和漫反射之间的称为混合反射（图1-1）。镜面反射的电磁波有高度的方向性，其位相是相干的，并可能发生偏振现象。漫反射的电磁波一般说来是无一定方向、无偏振的，其位相不相干。

电磁波的量子性主要表现于电磁辐射的光电效应和光化学作用。

1905年爱因斯坦提出光量子学说，认为：光（电磁波）的能量是集束成一个个能包，每个能包的能量 ϵ 是一定的， $\epsilon = h\nu$ 。 ν 是光辐射的频率， h 是普朗克常数： $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ 。爱因斯坦把这些能包叫做光子（或光量子），一束光就是一束光子流。

电磁波的量子性学说，对了解许多传感器工作原理有重要意义。地物的电磁波反射、发射和吸收也都与电磁波的量子性有密切关系。

二、电磁波谱

不同波长和频率的电磁波，由于它们被发现的历史、探测方法和应用等各方面的不

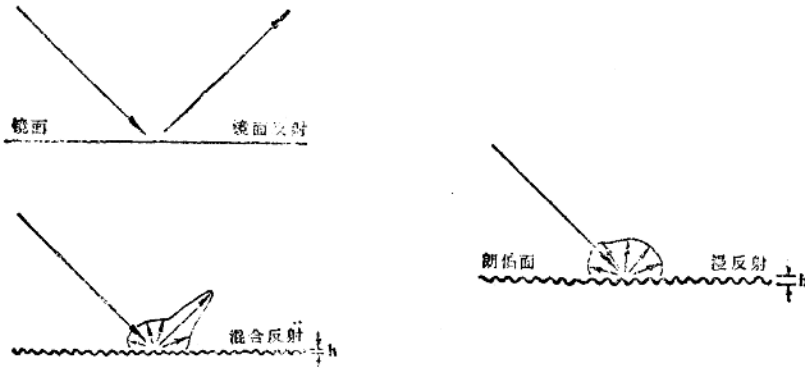


图 1-1 镜面反射与漫反射

同，有不同的名称。把各种电磁波按波长和频率的大小依次排列成图表，这个图表就称为电磁波谱（图1-2）。

地物辐射的各种波段的电磁波都是重要的信息资源。但由于受大气的吸收和散射等因素的影响，加上传感器功能的限制，到目前为止，遥感主要应用以下三个波段（表1-1）：

表 1-1 各电磁波段对遥感的适用情况

谱段名称	波 长	对遥感的适用情况
γ 射线	$<0.01\mu\text{m}$	来自太阳的辐射全被上层大气吸收，不能用于遥感；低空飞机可探测来自放射性矿物的辐射可用于探矿
x 射线	$0.01\sim 10\text{nm}$	来自太阳的辐射全被大气吸收，不能用于遥感
紫 外 线	$0.01\sim 0.33\mu\text{m}$	波长小于 $0.28\mu\text{m}$ 的太阳辐射全被大气吸收不用于遥感 波长 $>0.28\mu\text{m}$ 的可用摄影和光电探测器探测，但大气散射严重
可 见 光	$0.38\sim 0.76\mu\text{m}$	用摄影和光电探测器探测，是目前遥感用的主要波段
红 外 线	$0.76\sim 1000\mu\text{m}$	波长 $<0.9\mu\text{m}$ 的近红外可用摄影记录，其它需用光电—机械扫描，其中若干波段是目前遥感的重要波段
微 波	$1\sim 1000\text{mm}$	高精度雷达，军事瞄准及通讯，可用于主动及被动遥感
短波及超短波	$1\sim 100\text{m}$	因电离层反射分辨率低，不用于遥感。可用于通讯，广播，导航，军事指挥及警戒
中 长 波	$100\sim 30000\text{m}$	用于通讯、广播、导航。因电离层强吸收，分辨率低、不用于遥感

注：表中波限的介绍是大致的，目前物理学中还没有明确的定义。

1. 以可见光为主的摄影波段 这一波段包括摄影紫外，可见光的七种色光和近红外的一部分。目前遥感接收的这个波段的电磁波，是地物对日辐射的反射（图1-3）。

2. 热红外波段 包括一部分中红外和一部分远红外。

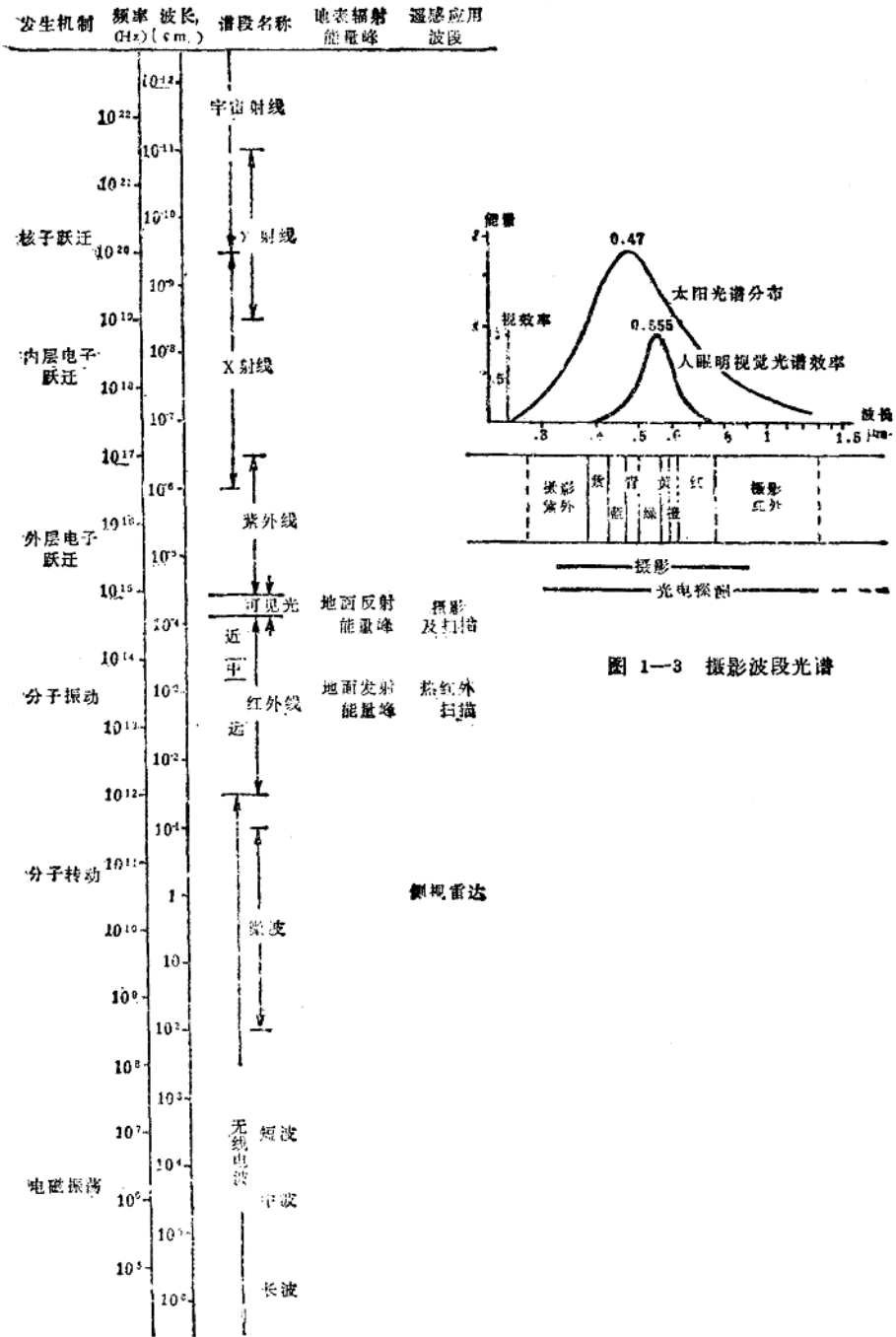


图 1-3 摄影波段光谱

图 1-2 电磁波谱