

试 用 教 材

遥 感 地 质

〈水文地质、工程地质专业用〉

李晋明 冯文珍 编

武汉地质学院水文地质教研室

一九八二年四月

前 言

这本遥感地质教材是根据水文地质、工程地质专业的要求按60学时编写的。在编写中，除引用国外遥感地质资料外，主要是向国内从事遥感技术应用研究的广大地质工作者学习，并根据几年来的教学与遥感地质的一点实践经验编写而成。共分八章，其中第一章和第六章由冯文珍编写，其它均由李晋明编写。

在编写过程中得到了本院北京研究生部构造地质教研室庄培仁同志和地质部遥感中心周彦儒同志的热情指导。书中引用了不少单位和个人的经验与成果，在印刷出版过程中得到了教材科、绘图室、印刷厂等单位的大力支持，在此一并表示感谢！

由于我们水平有限，书中错误或不当之处，欢迎批评指正。

编者 1982.6.30

目 录

前言	(1)
绪言	(1)
第一章 遥感物理基础	(6)
第一节 电磁辐射与电磁波谱	(6)
一 电磁辐射的概念	(6)
二 电磁波谱	(6)
三 遥感探测中使用的波段	(7)
第二节 地物的电磁辐射特征	(9)
一 地质体对电磁辐射的反射特性	(10)
二 地质体透射电磁辐射特性	(14)
三 地质体发射电磁波特性	(15)
四 可见光波段地质体电磁辐射特性	(15)
第三节 热辐射	(16)
一 热辐射的概念	(16)
二 绝对黑体, 基尔霍夫辐射定律	(16)
三 绝对黑体的辐射定律	(17)
四 地物的比辐射率及其发射光谱	(18)
五 地物的热学性质	(21)
第四节 大气对电磁辐射的影响及大气窗口	(24)
一 大气对电磁辐射的影响	(24)
二 大气窗口	(26)
第二章 可见光航空遥感的地质判释	(27)
第一节 概述	(27)
第二节 航空象片的基本性质	(27)
一 航空摄影的种类和方法	(27)
二 航空象片的几何性质	(28)
三 航空象片的分辨率	(30)
四 航空象片的物理光学特性	(31)
五 航空象片的立体观察	(32)
第三节 可见光航空象片地质判释的一般原则与方法	(32)
一 地质判释的基本知识	(32)
二 航空象片地质判释标志	(34)

第四节 地貌判释	(40)
一 河流水系识别	(40)
二 岩溶地貌	(42)
三 冰川冻土地貌	(43)
四 风成地貌	(44)
五 海岸与湖泊地貌	(45)
六 火山地貌	(46)
第五节 岩性判释	(46)
一 控制岩性影象的因素	(47)
二 沉积岩的判释	(47)
三 岩浆岩的判释	(48)
四 变质岩的判释	(48)
第六节 地质构造的判释	(50)
一 地质构造面,产状的判释	(50)
二 褶皱构造的判释	(52)
三 断裂构造的判释	(53)
第三章 多波段遥感卫星图象的地质判释	(58)
第一节 概述	(58)
第二节 卫星图象的性质	(59)
一 扫描成象多中心投影的几何特性	(59)
二 多光谱影象特性	(60)
三 宏观特性	(60)
四 时间信息特征	(61)
五 陆地卫星象片注记	(61)
第三节 卫星图象地质判释特征	(62)
一 卫星图象的地质判释标志	(62)
二 判释标志的宏观性和综合性	(63)
三 地物的多光谱反射特性	(63)
四 判释中的时间信息	(68)
第四节 褶皱构造判释	(70)
一 背斜与向斜的区分	(70)
二 褶皱形态的影象特征	(71)
第五节 断裂构造的判释	(72)
一 线性影象与线性构造	(72)
二 线性构造中断裂构造的判释标志	(73)
三 不同规模的线性断裂	(74)
四 线性构造性质的判释	(77)
第六节 环形构造的判释	(78)
一 环形影象与环形构造	(78)
二 环形构造的表现形式	(78)

三 环形构造的地质意义	(78)
第七节 隐伏构造的判释	(79)
一 基岩地区的隐伏构造	(80)
二 松散沉积物区的隐伏构造	(80)
第八节 活动构造的判释	(83)
一 活动断裂判释依据	(84)
二 活动断裂的一些表现形式	(84)
三 新隆起、凹陷的判释	(86)
第四章 热红外遥感图象的地质判释	(88)
第一节 概述	(88)
第二节 地球表面的热作用	(88)
一 地球表面的能量交换	(88)
二 自然界水体的温度	(89)
三 自然界岩体的温度	(92)
第三节 地质体的热红外辐射	(93)
一 地质体的热红外辐射特征	(94)
二 地质体的热参数	(95)
三 地质体的日变温度和热参数之间的关系	(97)
第四节 影响地质体温度的环境因素	(99)
一 空气对流(风)的影响	(99)
二 蒸发与温度的影响	(100)
三 水体的辐射温度	(100)
四 地热流因素	(100)
五 地形、地貌因素	(101)
六 植被的影响	(101)
第五节 热红外图象的特征	(102)
一 热红外象的温度分辨率	(102)
二 热红外象的图象空间分辨率	(103)
三 热红外象的灰阶	(103)
四 阴影	(103)
五 热红外扫描图象的种类	(103)
第六节 热红外图象的地质判释	(104)
一 热红外图象的判释标志	(104)
二 水体的判释	(105)
三 地貌判释	(106)
四 浅层地下水的判释	(107)
五 构造判释	(109)
六 地热引起的红外异常	(109)
第五章 微波遥感及其图象的地质判释	(111)
第一节 概述	(111)

第二节	微波遥感与雷达图象	(111)
一	微波遥感的基本原理	(111)
二	机载侧视雷达	(114)
三	雷达的分辨率	(115)
四	影响雷达图象的因素	(116)
五	雷达图象的性质与特征	(117)
第三节	雷达图象的地质判释	(118)
一	雷达图象的地质判释标志	(118)
二	雷达图象的地质判释特征	(119)
第四节	被动微波遥感图象	(119)
第六章	遥感信息的光学和数据处理	(120)
第一节	电子光学处理	(120)
一	假彩色合成法—光学处理技术	(120)
二	假彩色密度分割方法	(121)
三	边缘增强法	(121)
四	反差增强法	(122)
五	空间滤波增强法	(122)
第二节	遥感图象数据处理简介	(123)
一	概述	(123)
二	图象数据处理的基本原理	(125)
三	图象数据处理方法	(127)
第七章	地质判释综述	(132)
一	遥感图象的系列性	(132)
二	遥感图象的共性	(132)
三	关于地质判释	(134)
四	多层次、综合性探测	(134)
五	遥感方法和物探方法的关系	(135)
第八章	遥感在水文地质工程地质工作中的应用	(136)
第一节	概述	(136)
第二节	水文地质测绘中的应用	(136)
一	遥感图象(资料)应用的基本程序	(137)
二	水文地质测绘中应当判释的基本问题	(137)
第三节	专门性水文地质工作中的应用	(137)
一	供水、水文地质工作中的应用	(137)
二	在矿床水调查中的应用	(140)
三	用遥感图象对莱洲湾地下卤水的判释	(140)
第四节	地热勘察中的热红外遥感	(142)
一	利用热红外遥感勘察地热的概况	(142)
二	地热勘察中热红外遥感的作用	(143)
第五节	岩溶研究中的应用	(143)

一 岩溶区航空象片上的水点.....	(143)
二 对岩溶发育规律的判释.....	(144)
三 热红外遥感对隐伏岩溶的圈定.....	(144)
第六节 水利工程地质勘测中的应用.....	(145)
一 查明坝址区的断裂构造.....	(145)
二 查明坝址区的岩溶.....	(145)
第七节 铁路工程地质勘察中的应用.....	(146)
一 应用遥感图象判释狗背岭工程地质条件.....	(146)
二 宝天铁路病害工程地质研究中的应用.....	(146)
精 主要参考书目.....	(147)

结 语

的地质勘探技术来研究地质体的存在、分布、变化的一门应用学科。

随着生产的发展和科学技术的进步,遥感技术已广泛应用于地质、矿产、农业、林业、海洋、环境、气象、水文、地质、工程地质等方面,要求进一步解决宏观分布规律与微观机理之间的关系问题,要求从定性到定量的估计评价,要求反映相对静止与动态变化的地质过程。地质科学探索的许多方法都是向着这个方向发展的,其中遥感技术就是很有希望的一种方法。本书就是在这个基础上,结合我国地质工作的实际,对“遥感”应用在地质学上的发展史(见附表一,遥感地质发展简介),综合当前应用的结果,可以看出遥感地质学已经历了一段发展过程,从方法上说,它由对单一地质体的单一方法发展成为多种地质体的天空到地上的系列方法,从地质应用上说,它由对地质体的个体识别发展为综合判释,从研究内容看,它由认识地质体的研究静态地质条件这样一个发展过程。

遥感方法应用于地质勘测种类很多,在勘探、遥感地质方法分类了,对其学科教育、地质勘测的专业技术人员,主要是经过遥感信息资料(图件及航空记录),对地质体的赋存进行了新的研究地质问题,于是遥感地质学的地质判释就成为本书讨论的主要任务,也是当前遥感地质学广泛而实际的问题。

遥感地质学的发展,应当遵循一定的理论,判释者依据这些理论进行地质判释,依据这些理论在实践中对地质判释的效果,来检验这些理论总括判释结论。

遥感图象的地质判释所遵循的理论大体上由以下几个方面构成:

一、电磁场辐射理论

电磁辐射理论在遥感地质判释中占有重要的地位,它包括了:电磁辐射、辐射与介质的、辐射的反射与透射、辐射的变化、地质体的电磁辐射属性。

电磁辐射是遥感信息的来源,如果对电磁辐射特性、条件、环境搞不清楚,那么地质判释就失去了认识的资料,图象判释与解释系列发展的今天尤其如此。

二、地质理论

遥感图象的地质判释还必须应用地壳学、构造与岩相、构造地质学、水文地质学、土壤与植被分类等学科的理论,只有掌握了较深的地质理论又有丰富的地质实践知识,地质判释才能较好地解释,才有成效,因此必须强调掌握地质理论在判释中的指导作用。

绪 言

遥感地质是在航空地质的基础上，随着近代遥感探测器的发展，通过在地质工作中的应用，于七十年代逐渐形成的。它是用航空、航天、空中、地面、实验室等方法通过对地质体的电磁辐射特征来研究地质体的存在、分布、变化的一门应用学科。

近代地质科学的发展，很大程度上取决于探测手段的先进性。地球上各种物理场的存在与变化，除了受天体影响之外，它与地球的形成、发展、地质构造的变化、元素的迁移等有着密切的关系。近年来研究地质体物理属性的方法很多，其中利用地质体电磁辐射特征研究地质体的，有人称之为电磁波地质学。从探测方法上讲，由于它能够从较远的距离探测地质体，所以一般学者又将这一方法称为遥感地质学。

随着生产的需要，在找矿、地震地质、水文地质及工程地质等方面，要求进一步解决宏观分布规律与微观机理之间的关系问题，要求从定性到定量的给以评价，要求反映相对静止与动态变化的地质过程。地质科学探测的许多方法都是向着这个方向发展的，其中遥感地质就是很有希望的一种方法。

了解“遥感”应用在地质学上的发展史（见附一，遥感地质发展简介），结合当前应用的效果，可以看出遥感地质已经历了一段发展过程。从方法上说，它由可见光波段的航空方法发展成为多种波段的天空到地上的系列方法。从地质应用上看，它由对地质体的个体识别发展为综合判释。从研究上看，它由认识地质体到研究信息机理条件这样一个发展过程。

遥感方法应用于地质探测种类很多（见附二，遥感地质方法分类），涉及学科较广。对于地质类的专业来说，主要是通过遥感信息资料（图象及磁带纪录），对地质体的属性进行了解，研究地质问题。于是遥感图象的地质判释就成为本书讨论的主要任务，也是当前遥感地质最广泛而实际的问题。

遥感图象的地质判释，应当遵循一定的理论。判释者依靠这些理论进行地质判释，依靠这些理论在实践中检验判释的效果，依靠这些理论总结判释经验。

遥感图象的地质判释所遵循的理论大体上由以下几个方面构成：

一、电磁场辐射理论

电磁辐射理论在遥感地质判释中占有重要的地位，它包括了：电磁辐射、辐射与介质、辐射的环境与条件、辐射的变化、地质体的电磁辐射属性。

电磁辐射是遥感信息的来源。如果对电磁辐射特征、条件、环境搞不清楚，那么地质判释就失去了认识的前提。图象判释发展到系列遥感的今天尤其是这样。

二、地质理论

遥感图象的地质判释还必须应用地貌学、地层与岩相、构造地质学、水文地质学、土壤与植被分类等学科的理论。只有掌握了较深的地质理论又有丰富的地质实践知识，地质判释才可能比较深入和有成效。因此必须强调掌握地质理论在判释中的指导作用。

三、遥感信息的学与图象处理理论

遥感信息的学与图象处理方法较多。各种光学增强方法，使用了光学增强原理；图象编码分类，使用了数理统计运算理论。在利用这些图象进行地质判释时，需了解它增强的是什么，变换的是什么，突出了什么信息，和地质的关系如何等。要区分出原来的某些信息与方法中人为的增加了的信息。地质判释的依据只能是原来获象时所取得的信息。

各种光学与图象的处理方法都应当是增强遥感信息的提取程度，突出遥感的某些信息。不应当也不可能利用这些方法获得遥感本来没有得到的地质信息。正确地了解各类处理方法的原理，才能将它很好的应用在地质图象的判释中。

总的说来遥感图象的地质判释，就是在以上这三个方面理论指导下综合进行的。遥感图象的地质判释还必须结合当地的具体地质条件，环境因素加以分析。它是一门综合性较强、实践性较强的学科。

遥感技术仍在发展，它的图象种类在不断增多，遥感地质判释的内容也逐渐丰富。结合今后地质工作与科学研究的需要，要想将这门新的技术较好地应用在地质工作中，重要的问题在于学习遥感地质判释的分析方法。学会同时从地质的角度与物理的角度综合分析遥感信息的能力。通过掌握具体图象的判释方法，体会地质判释的规律，通过地质判释规律的学习，指导具体的遥感图象地质判释，在这个基础上，于今后工作的实践中，逐步地能将遥感地质探测的这一方法灵活地应用在实际工作中。

由于以上原因，对本书的内容，章节有以下安排：

一、遥感物理占有一定的比重。如前所述这是现代遥感图象判释应当重视的问题。遥感图象的地质判释，已经不是航空地质的航片判读。只有建立了较好的遥感物理基础，才能正确理解各类遥感图象的信息来源，图象的性质，结合地质知识得出正确的判释。同时才有能力研究信息来源的机理条件，为扩大遥感技术在地质工作中的应用打好基础。这种想法不单是在第十章，而且是贯穿于全书中。

二、建立遥感系列图象地质判释的概念。不同的遥感图象及它们的地质判释，在客观上有内在的联系性。我们要分别掌握各种遥感图象的地质判释，也要学习各种遥感图象地质判释的相互关系。在这当中以感性认识较强的可见光航空象片地质判释作为学习其它遥感图象地质判释的基础，逐步分章讨论多波段卫星图象，热红外图象，雷达图象的地质判释。力图使读者不但对各类图象的地质判释有所了解，而且对总的遥感图象地质判释规律具有一定的认识。

三、结合水文地质、工程地质专业的需要，将地质构造的判释作为重点，并且介绍了热红外遥感的环境因素，机理条件。最后用实例说明遥感在水文及工程地质工作中应用效果及存在的问题。

全书最终目的是通过学习原理、各种遥感图象地质判释的基本技能，建立遥感图象地质判释基本的正确概念，加深对遥感地质应用的认识。

本课程理论部分的讲述，需要和各类典型遥感图象地质判释实习课结合进行。实习课大约占总学时的三分之一为宜。通过实习课掌握地质判释的基本方法，加深对理论的理解。

遥感地质中，某些概念和名词有它特定的含意。为了学习方便，选择部分常用的加以解释（见附三，遥感地质名词解释）以供参考。

（附一）遥感地质发展简介

1839年公开了达格雷（Daguerre）和尼普斯（Niepce）的第一张航空象片。1941年A. J. 法德利（Fardley）著《航空象片：应用与判读》。开始将航空象片应

用于地质学。

3. 五十年代美、苏等国在地质勘测和制图中初步应用了航空遥感。

4. 1957年苏联发射第一颗人造地球卫星，开辟了航空遥感的新纪元。

5. 1960年，出版了R. G. 雷著《航空象片地质判读与绘图》。广泛地利用黑白立体象片说明地质问题。

6. 六十年代美、苏加拿大等国，扩大了航空遥感在地质工作中的应用，也较广泛地应用在水文地质工作中。

7. 1968年，由J. T. 史密斯编辑的《彩色航空象片判读手册》，提高了航空象片在地质调查中的作用。

8. 六十年代后期，将热红外，雷达探测系统，用于地质科学的研究中。热红外系统在水文地质勘测中得到了较广泛的应用。

9. 1972年7月，美国发射了第一颗地球资源技术卫星，专门性地用于地球资源技术勘测。

10. 1975年，美国摄影测量学会出版了《遥感手册》巨著，较全面地介绍了遥感物理基础，有关地质、水文、气象等方面的应用。

11. 1975年以来，美国斯坦福大学，以R. P. L. 莱伊为首建立与发展了遥感资料图象分类技术。

12. 七十年代后期，由于地球资源卫星的不断发射与探测，推动了地面数据处理与判释工作，推动了地物光谱测量工作研究，推动了遥感探测机理条件的研究，发表了大量的文献资料，对以上问题进行专题讨论。召开了多次国际性的学术会议，其中将遥感资料用于地质判释推进到一个新的高度。

13. 1977年F. F. 萨宾著《遥感原理和判释》将遥感方法以电磁波段系列化。从遥感原理和地质应用结合上，给以较全面的论述。

14. 1978年，苏联И. С. Тудилип, И. С. Комаров将航空遥感在水文及工程地质工作中的应用加以总结，著有：工程地质和水文地质研究中航空方法的应用。

15. 1979年，美国LILLESAND与KIEFER著有遥感与图象判释。较系统和全面地介绍了遥感图象的由来，各类遥感图象的判释特征以及它们在农、林、地学中的应用。

16. 1980年苏联B. B. Шмлин著《航空摄影在自然资源研究中的作用》。较全面地论述了航空遥感的地质应用，并且重视遥感机理条件的研究。

(附二) 遥感方法分类

遥感方法种类较多，不同学科，不同目的对遥感方法分类角度也不同。一般从以下几个方面来划分。

一、从遥感仪器探测所在高度分类：

(一) 航天遥感 (二) 航空遥感 (三) 空中遥感 (四) 地面遥感 (五) 实验室测定。

二、以探测仪器分类：

(一) 被动方式： 1. 非扫描方式

(1) 非图象式：

(2) 图象方式：

①单道象机

②多光谱象机

黑白象片
天然彩色象片
假彩色红外片
其它

单镜头
多镜头

2. 扫描方式

(1) 影象扫描: 电视摄像仪、固体扫描仪

(2) 目标物扫描: 多光谱扫描(模拟方式数字方式)微波辐射计

(二) 主动方式:

1. 非扫描方式

激光光谱仪 激光测距

2. 扫描方式:

雷达, 侧视雷达。

三、以遥感时采用电磁波段分类:

(一) 可见光遥感 (二) 多波段遥感 (三) 热红外遥感 (四) 雷达, 微波遥感。

将以上遥感方法分类综合如下表:

探测方式 高度	方法波段		常规		非常规		雷达扫描	微波	其它		
			可见光		多光谱					红外	热红外
	黑白	彩色	摄像	扫描	摄像	扫描					
航 天				RBV	M _{ss}		热红外扫描		激光全息V测量		
航 空	航空象片	航空象片	多光谱摄像	多光谱扫描	假彩色红外图象	热红外扫描	合成孔径侧视雷达	机载微波辐射计			
空 中	摄像	摄像	摄像	扫描	摄像	热红外扫描					
地 上	山地摄影	山地摄影	地面光谱测量	地面光谱测量		热红外测温					
实 验 室	判 图		①样品室内测量 ②地质体电磁波室内研究 ③信息室内处理								

附三 遥感地质名词解释

这里编排的是本书和一般遥感地质文献中常见的有关名词, 其中某些名词和概念还有它

严格的定义。此外对它的解释力求简明。

遥感—与目标物不直接接触，能在较远的地方取得有关目标物信息的方法。它只限于记录目标物反射或发射的电磁辐射各种方法，而不包括磁法和重力测量。

主动遥感—本身有电磁辐射源的遥感方法。

波段—电磁波谱中由一个波长到另一个波长的间隔。

探测器—在遥感系统中把电磁辐射变为可以记录的信号的组件。

被动遥感—遥感仪器不发射能量，只是从地面或目的物接受反射或发射能量的遥感。

散射—大气中的气体或微粒对电磁波的多次反射作用。

反射率—满足瑞利准则光滑表面的反射性质。

反射比—单位受辐照面积上反射功率与总入射功率之比。

反照率—自然物体对电磁辐射的总反射比。即某地区内反射的电磁辐射与入射到该地区表面的电磁辐射之比。

发射率—同一温度下某物体的光谱出射率与黑体的光谱出射率之比，又称辐射率。

辐射温度（表观温度）—某物体温度乘以 $\epsilon^{\frac{1}{4}}$ 的黑体温度（ ϵ 为发射系数）。

分子运动温度—热学温度，通常所称的物体温度。

灵敏度—探测器对入射电磁能量产生的响应程度。

天空光—由大气新散射的光的分量，它主要由较短波长的光所构成。

象幅—一张图象或象片所覆盖的地面区域。

热模型—把物质的热特性和其它物理特性与其温度间建立关系的一种实验，可用数字表达。预测给定条件下物体的温度，研究物体温度和周围介质之间的变化关系。

色调—遥感图象中区分颜色差异的衡量。

植被异常—与正常植被长势与分布特性有所差别。可能是土壤中的水分，温度、微量元素和其它因素所引起。

象元（象素）—构成图象要素的最基本单位。

正片—图象色调与物体亮度成正比的摄影图象。

灰阶—从黑到白的色调定标系列。

扫描线—扫描系统中探测器的瞬时视场在地面所扫视的狭窄条带。

扫描仪—一种光学机械成象系统，其旋转镜或振荡镜按探测器的瞬时视场扫视地面，获得电磁辐射信息。

光学滤波器—通过吸收或反射作用选择性地变通光学系统的辐射量的某种材料。

数字滤波—从数字数值中将不需要的数值除去的一种数字处理过程。

判释标志—在图象上用来辨认和区分目标所用的色形特征或集合体。

镶嵌—将覆盖相邻地区的多张图象，取其畸变较小的部分拼接而成面积较大的图象。

密度分割—把一张图象的连续灰阶转变为一系列密度间隔，每一密度间隔对应于一定的数字范围的处理过程。

反射红外—从0.7到3微米的波长，主要是反射太阳的辐射中的红外波段。

第一章 遥感物理基础

自然界中的一切地质体及地质现象都具有本身发射电磁波的特性，同时都具有吸收、反射、散射来自太阳等自然光源的电磁波的特性，而且某些地质体还具有透射外来电磁波的特性。人们便利用地质体及地质现象的这种特性，来研究地质学中的许多问题。因此，电磁辐射理论便成为遥感地质的基本理论之一。

本章概述了电磁辐射的基本概念，阐述了电磁波谱及其在遥感中使用的波段；讨论了地质体的电磁辐射特征；介绍了热辐射理论；最后谈到了大气对电磁辐射的影响。

第一节 电磁辐射与电磁波谱

一、电磁辐射的概念

英国物理学家麦克斯韦关于电磁辐射的概念是：在空间某区域电场的变化必定在邻近的区域引起随时间变化的磁场；这种变化的磁场又在较远的区域引起新的变化电场，接着这新的变化电场又在更远的区域引起新的变化磁场；此后的过程可以依此类推。这样，变化的电场和变化的磁场交替产生，由近及远向周围传播出去。这种变化的电磁场在空间中的传播过程称为电磁辐射。电磁辐射是物质运动的一种形成，只有当它与物质相互作用时才表现出来。这种运动形式是以波动形式存在的，所以，电磁辐射通常也被称为电磁波。任何地质体都具有电磁辐射的运动形式，而且以电磁波的形式辐射能量。

二、电磁波谱

将不同波长(或频率)的电磁波按大小次序排列成的谱称为电磁波谱。如图(1-1)所示。

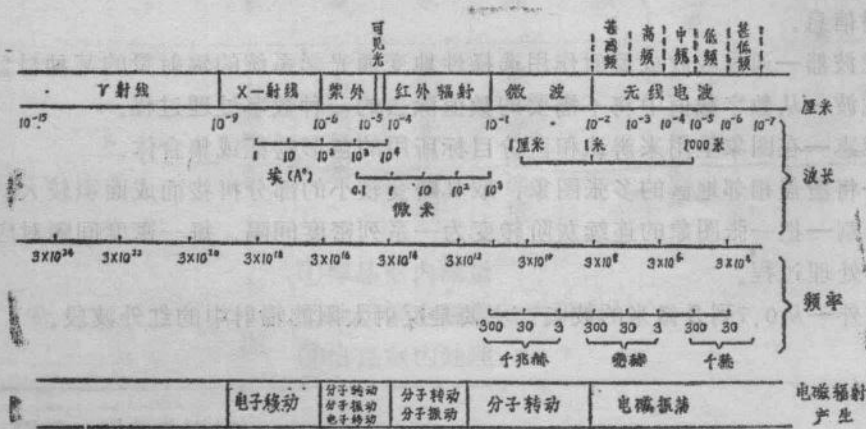


图 1-1 电磁波谱

在电磁波谱中，波长最长的是无线电波，无线电的波长在1米到3000米以上。可分为长波、中波、短波等。微波的波在0.1厘米到1米之内。红外的波长范围：远红外为25微米到1000微米；中红外为2.5微米到25微米；近红外为0.76微米到2.5微米。可见光波段的波长为0.76微米到0.4微米。紫外的波长为0.01微米到0.4微米。伦琴射线的波长约在 10^2 \AA 到 10^{-2} \AA 之间。波长最短的电磁波是r射线，其波长约在 0.1 \AA 之下。除了可见光以外，所有的电磁波都是人眼所不能看到的。

三、遥感探测中使用的波段

(一) 紫外遥感及其特点

紫外区位于0.4~0.01微米。目前紫外遥感主要采用紫外摄影方式，遥感波段一般取近紫外区，即0.3~0.4微米。选用了一种特制的紫外胶片和能透射紫外线的镜头的相机。

紫外摄影早先用于天文研究，曾拍摄过月球和火星的像片。现用来研究地球表面。据美国地质勘测局的资料证明，像片中对水体，油类及碳酸岩等一类地质体的构象反差比可见光区要高。如图(1-2)所示。

大气散射是紫外遥感中的一个干扰因素。由于它的作用存在，目前国外多应用于水面上监视原油渗漏，其它方面应用很少。

(二) 可见光遥感及其特点

可见光遥感的波段在0.4微米~0.76微米。可见光遥感包括了常规的航空黑白摄影及航空彩色摄影，另外，还可用扫描仪对目标物进行扫描成像。

所谓可见光遥感是指人眼能响应的光谱范围。这个范围是根据人眼感光灵敏度确定的。由图(1-3)可见，人的视觉对0.5微米~0.6微米的波段最敏感，而小于0.4微米及大于0.70微米波长，人眼是看不见的。

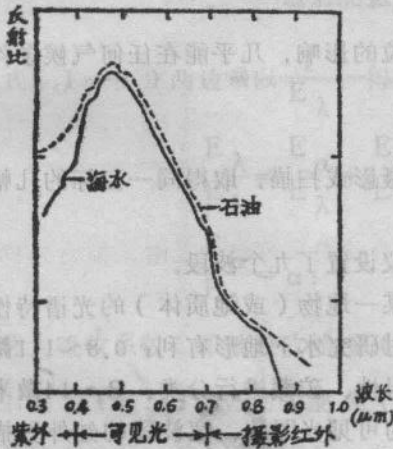


图 1—2 海水和薄层原油的光谱反射比

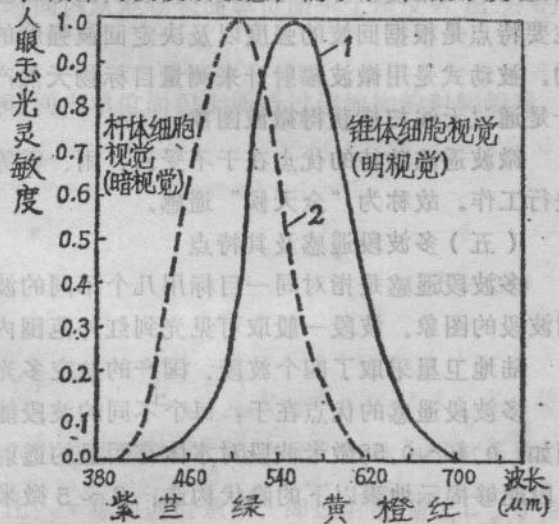


图 1—3 人眼感光灵敏度曲线

1—为光亮条件下

2—为黑暗条件下(刚能见到光亮)

常规的可见光遥感是利用了混合波段摄影。由于太阳辐射是可见光遥感的唯一光源，所以它只能在白天进行工作。而且直接受到气候条件控制。

(三) 红外遥感及其特点

红外遥感的波段在0.76微米到1000微米之间。

1. 近红外波段在0.76微米~3微米。此波段称为反射红外区，包括可用红外感光胶片检测的摄影红外谱段(0.7~0.9微米)。主要传感器有照相机和扫描仪。近红外图象只记录地物的反射光谱，没有热意义。即不表示温度的差别。

无论是黑白红外还是彩色红外摄影，对研究植被特别有效，除了对各种植被进行分类和判别外，还可以测植物病虫害及其受害程度。这是因为叶绿素对红外线反射率很高。水体在此波段反射率低，吸收率高。随着含水量的增大而反射率都降低。因此，利用近红外可判释水体以及与水体有关的地质体和各种地质现象。

2. 远红外遥感又称热红外遥感，通常采用3—5微米和8—14微米。

远红外遥感接收的是地物本身辐射的红外能，而红外辐射能的大小又决定于地物的温度高低。图象记录的是地物的温度特征。红外图象要用专门的红外探测器和光学机械扫描器成象。

热红外遥感特点在于：①热辐射包括了地物对太阳辐射中的红外反射能和来自地物本身发射的辐射能。当黑夜太阳源不存在时，遥感器仍能探测到地物本身发射辐射能。这种方法，白天与黑夜均能进行工作。②红外遥感另一个特点是红外线能穿透烟雾，这样，天空中存在着薄雾的情况下也可以进行工作。

(四) 微波遥感及其特点

微波遥感波段在0.1厘米~1米之间。在侧视雷达中使用的波段有0.8厘米(K)，3和3.2厘米(x)，25厘米(L)。

微波遥感技术有主动式和被动式两种。主动式常采用的是合成孔径侧视雷达。这种遥测器是用天线来发射脉冲电磁波并接收从目标物上反射回来后向散射回波成象的。雷达图象主要特点是根据回波的强度以及决定回波强度的地物表面的粗糙值(b)的大小进行判释的。被动式是用微波辐射计来测量目标物天然产生的微波辐射强度。目前常用机载微波辐射计是通过天线扫描获得微波图象。

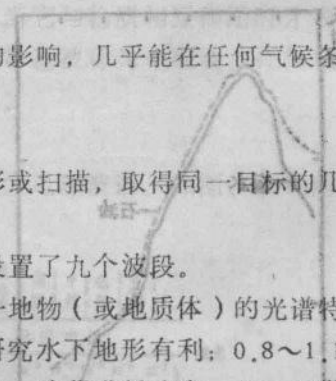
微波遥感独特的优点在于不受云、雨、雾等大气微粒的影响，几乎能在任何气候条件下进行工作。故称为“全天候”遥感。

(五) 多波段遥感及其特点

多波段遥感是指对同一目标用几个不同的波段同步摄影或扫描，取得同一目标的几幅不同波段的图象。波段一般取可见光到红外范围内。

陆地卫星采取了四个波段，国产的航空多光谱扫描仪设置了九个波段。

多波段遥感的优点在于：每个不同的波段能够突出某一地物(或地质体)的光谱特性。例如：0.49~0.55微米波段对水体有明显的透射能力，对研究水下地形有利；0.8~1.1微米波段能够揭示地表以下的隐伏构造；3~5微米波段对岩性、矿藏进行分类；8~14微米的波段对地热、地下水的反映突出等等。这些都比全波段的可见光图象、宽波段的红外扫描图象有效。采用几个波段的图象对比分析的方法，更有利于对岩性、构造的判读。多波段遥感是一种有发展前途的方法。



第二节 地物的电磁辐射特征

当电磁辐射与地物互相作用时，不仅在地物表面发生反射，而且在地物内部还能吸收、透射、散射电磁辐射能量，同时还能发射电磁辐射，把地物具有以上这些性质，称为地物的电磁辐射特征。

不同地物对不同波段的电磁辐射具有不同的反射、吸收、透射、散射、发射的能力，反映了不同地物存在着电磁辐射特征的差别，这些差别便成为判释遥感地质图象的基本原理。

在遥感中常以吸收系数、反射系数、透射系数、散射系数和发射系数作为衡量地物电磁辐射特征的参数。在这里只介绍吸收系数、反射系数和透射系数，至于散射系数、发射系数将在有关章节中叙述。

自然界的所有物质对电磁辐射的吸收能量、透射能量和反射能量在数量上都有一定的关系。根据能量守恒定律可知，入射到物体上的电磁辐射的能量等于在该物体上反射能量、吸收能量以及透射能量之和。即：

$$E_{\lambda} = E_{\alpha} + E_{\gamma} + E_{\tau} \quad (1-1)$$

式中 E_{λ} ——入射总能量，指单位时间内入射到地物表面单位面积上的所有波长的总辐射能量；

E_{α} ——吸收能量，指单位时间内被该地物单位面积上所吸收的能量；

E_{γ} ——反射能量，指单位时间内从地物表面单位面积上所反射出去的能量；

E_{τ} ——透射能量，指单位时间内单位面积上所透过该地物的辐射能量。将

上式(1-1)两边乘以 $\frac{1}{E_{\lambda}}$ ，得：

$$\frac{E_{\lambda}}{E_{\lambda}} = \frac{E_{\alpha}}{E_{\lambda}} + \frac{E_{\gamma}}{E_{\lambda}} + \frac{E_{\tau}}{E_{\lambda}} \quad (1-2)$$

令 $\frac{E_{\alpha}}{E_{\lambda}} = \alpha$ ； $\frac{E_{\gamma}}{E_{\lambda}} = \gamma$ ； $\frac{E_{\tau}}{E_{\lambda}} = \tau$ 。

α 称为吸收系数，即被吸收能量 (E_{α}) 与入射总能量 (E_{λ}) 之比； γ 称为反射系数，即反射能量 (E_{γ}) 与入射总能量 (E_{λ}) 之比； τ 称为透射系数，即透射能量 (E_{τ}) 与入射总能量 (E_{λ}) 之比。因此，当光入射到任何地物上时，包括地质体，都遵循着

$$\alpha + \gamma + \tau = 1 \quad (1-3)$$

的关系式。也就是吸收系数、反射系数和透射系数之和为一定值 1。

不同的地物所具有的吸收系数、反射系数、透射系数是不同的。按照 (1-3) 关系式可将地物分成三种情况。第一种情况，当入射到地物上的光，一部分被反射，一部分被吸收，一部分被透射，这些地物表现出对光是半透明的；第二种情况，当入射到地物上的光，除一部分光在其表面反射外，其余的光全部被地物吸收，这些地物则表现出对光不透明，即

服从于 $\alpha + \gamma = 1$ 的关系式。此种情况下，反射系数越大，吸收系数一定越小。第三种情况，地物对入射光吸收很少，几乎都透过地物，则这些地物表现为对光是透明的。大部分的地质体对可见光是不透明的。

吸收系数，反射系数，透射系数还可用吸收率，反射率，透射率表示之：

$$\text{吸收率} = \text{吸收系数} \times 100\%$$

$$\text{反射率} = \text{反射系数} \times 100\%$$

$$\text{透射率} = \text{透射系数} \times 100\%$$

一、地质体对电磁辐射的反射特征

地质体对电磁辐射的反射有两种情况。

第一种情况是镜面反射，又称定向反射，只有在反射角等于入射角方向上有反射能量。如光滑的表面。

第二种情况是漫反射，又称朗伯反射，反射方向无一定，各方面均有。这种反射的特点是反射辐射强度 $I(\theta)$ 正比于反射面法线方向和观测方向间夹角的余弦。

$$\text{即} \quad I(\theta) = I_0 \cos \theta \quad (1-4)$$

式中： I_0 ——反射面法线方向上的反射强度

$I(\theta)$ ——任意方向上的反射强度

θ ——观测方向与反射面法线之间夹角

这里需要指出的是漫反射的辐射强度 $I(\theta)$ 与观测角的余弦成正比，但反射亮度 (B) 与观测方向无关。换言之，作为朗伯反射体从各方向看去都一样亮，各向的亮度值完全相同。

什么情况下属于镜面反射，或者属于漫反射？这完全决定于地球表面的粗糙度。若是光滑的，就有镜面反射；若是粗糙的，就有漫反射或散射。表面粗糙度是由瑞利准则确定的。瑞利准则是指表面粗糙度为入射电磁辐射波长的函数，

$$\text{即：} \quad h \leq \lambda / (8 \cos \theta) \quad (1-5)$$

式中 h ——表面不平度

λ ——波长

θ ——入射角

图 (1-4) 表示以上物理量。凡是表面不平度 (h) 符合此关系可称为光滑，相反则称为粗糙。表面粗糙度是个相对概念。

在遥感技术中，通常利用地质体的反射率以及地质体的反射光谱特性来研究它们的物性及其形态。

光谱反射率——地物对单色光谱的反射率，叫光谱反射率。

地物反射光谱——光谱反射率随波长变化的规律所构成的曲线称为地物的反射光谱。用

γ_λ —— λ 曲线表示之。

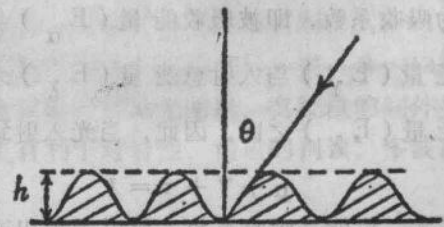


图 1-4 瑞利准则的概念

下面介绍不同自然物及几种岩石的反射光谱特征。

(一) 各种不同自然物的反射光谱曲线，见图 (1-5)。不同的地物不仅曲线形态不