

遥感地质学

李斌山 刘 诚 编
易显志 李永颐

成都地质学院遥感地质教研室

前 言

为适应《遥感地质学》课程的教学急需，成都地质学院遥感地质教研室组织部分教师，根据地质矿产部教育司1981年6月武汉会议制定的《遥感地质学》（80学时）统一教学大纲要求编写了此书。具体分工如下：

刘诚编写绪论、第一章的第四节、第二章、第三章和第八章；

易显志编写第一章的第一至三节和第九章；

李永颐编写第四章、第五章、第六章和第十章；

李斌山编写第七章和第十一章。

最后全书由李斌山、刘诚统一编纂、修改定稿。

书中插图由成都地质学院绘图室李志侃同志清绘。遥感地质教研室李婉言同志和邓季娜同志参加了部分誊抄工作，谨此表示感谢。

遥感地质学是一门新兴学科，涉及知识面较广，由于编者的水平、经验和资料所限，书中难免有错，恳切希望读者提出批评指正。

编者

1982年9月

目 录

绪 论	(1)
第一节 遥感的基本概念和遥感地质学的主要内容	(1)
第二节 遥感技术(地质)的特点及其意义	(3)
第三节 遥感技术(地质)发展简史和现状	(5)
一、国外遥感技术(地质)发展概况	(5)
二、我国遥感技术(地质)发展概况	(7)
思考题	(8)
第 一 章 遥感基本原理	(9)
第一节 电磁波与电磁波谱	(9)
第二节 地物的电磁辐射	(11)
一、地物反射电磁波的特性	(11)
二、地物发射电磁波(热辐射)的特性	(15)
三、地物波谱特性的测试	(18)
第三节 大气对电磁辐射的影响	(22)
一、大气的基本组成和性质	(22)
二、大气对电磁波传播的影响	(23)
三、大气窗口	(24)
第四节 彩色原理	(27)
一、色光、色彩和色觉	(27)
二、原色光、间色光、补色光和复色光	(29)
三、色彩的三要素	(29)
四、彩色合成	(30)
思考题	(30)
第 二 章 航空象片的特性	(31)
第一节 航空摄影的种类和航空摄影机	(31)
一、航空摄影的种类	(31)
二、航空摄影机	(33)
第二节 感光料材和滤光片	(36)
一、感光片的结构、种类和性能	(36)
二、象纸	(41)
三、滤光片(镜)	(42)
第三节 航空象片的几何特性	(43)
一、航空象片是地面的中心投影	(44)
二、航空象片上的特别点和线	(48)
三、水平航空象片的比例尺及其确定方法	(49)

四、地形起伏引起的象点位移.....	(52)
第四节 航空象片的物理特性.....	(54)
一、各种黑白航空象片的色调.....	(54)
二、各种彩色航空象片的色彩.....	(56)
三、影响影象色调和色彩的因素.....	(57)
第五节 航空摄影资料及其质量评定.....	(57)
一、航空摄影资料的种类及其用途.....	(57)
二、航空摄影资料的质量评定.....	(59)
第六节 航空象片的立体观察与量测.....	(61)
一、立体观察原理.....	(61)
二、模拟立体观察和立体效应.....	(62)
三、立体观察仪器和立体观察方法.....	(64)
四、航空象片的立体量测.....	(65)
思考题	(69)
第 三 章 陆地卫星图象的特征.....	(70)
第一节 概述.....	(70)
第二节 陆地卫星运行特征.....	(71)
一、陆地卫星运行轨道高度.....	(71)
二、陆地卫星轨道形状.....	(72)
三、陆地卫星轨道面的倾角.....	(72)
四、陆地卫星运行周期及星下点轨迹.....	(73)
五、陆地卫星轨道是太阳同步轨道.....	(73)
六、陆地卫星运行时的姿态.....	(76)
第三节 陆地卫星资料之获取.....	(76)
一、遥感测试.....	(76)
二、陆地卫星对地物电磁波信息的收集.....	(78)
三、陆地卫星遥感资料的处理及其产品.....	(81)
第四节 陆地卫星图象的几何特性.....	(83)
一、陆地卫星图象的投影性质及比例尺.....	(83)
二、陆地卫星图象的方位(经纬线分布).....	(83)
三、陆地卫星图象之重叠.....	(84)
第五节 陆地卫星图象的物理特性.....	(85)
一、陆地卫星图象的灰阶.....	(85)
二、不同波段图象的光谱效应.....	(85)
三、不同季节所成卫星图象的解象力.....	(88)
四、卫星图象的分辨率.....	(88)
第六节 陆地卫星图象的符号及注记.....	(89)
一、象幅的重叠符号.....	(89)
二、卫星图象的经纬度标记.....	(90)

(751)	三、灰标	(90)
(751)	四、图象下部注记	(90)
(751)	思考题	(91)
第 四 章	遥感图象地质解译标志及解译方法	(92)
(751)	第一节 遥感图象的地质解译标志	(92)
(751)	一、直接解译标志	(92)
(751)	二、间接解译标志	(95)
(751)	三、解译标志的可变性和局限性	(104)
(751)	第二节 遥感图象的地质解译方法和原则	(104)
(751)	一、解译方法	(104)
(751)	二、解译原则	(106)
(751)	思考题	(107)
第 五 章	遥感图象的地貌解译	(108)
(751)	第一节 流水地貌解译	(108)
(751)	一、冲沟的解译	(108)
(751)	二、河流解译	(109)
(751)	三、河流阶地解译	(109)
(751)	四、三角洲解译	(110)
(751)	五、洪积扇解译	(111)
(751)	第二节 海岸和湖泊地貌的解译	(111)
(751)	一、海岸地貌解译	(111)
(751)	二、滨岸海底地貌解译	(112)
(751)	三、湖泊地貌解译	(113)
(751)	第三节 岩溶地貌的解译	(113)
(751)	第四节 冰川及冻土地貌的解译	(114)
(751)	一、冰川地貌解译	(115)
(751)	二、冻土地貌解译	(116)
(751)	第五节 风沙与黄土地貌的解译	(116)
(751)	一、风沙地貌解译	(116)
(751)	二、黄土地貌解译	(117)
(751)	第六节 坡地重力地貌的解译	(117)
(751)	思考题	(118)
第 六 章	遥感图象的岩性解译及地层分析	(119)
(751)	第一节 三大岩类的主要影象特征	(119)
(751)	一、三大类岩石波谱特性及其色调特征	(119)
(751)	二、三大岩类的图形特征	(123)
(751)	第二节 沉积岩的解译	(124)
(751)	一、松散沉积物解译	(124)
(751)	二、各类固结沉积岩解译	(125)

(030) 第三节 岩浆岩解译	(127)
(030) 一、深成侵入岩解译	(127)
(10) 二、脉岩解译	(129)
(00) 三、喷出岩解译	(129)
(040) 第四节 变质岩解译	(130)
(00) 一、大理岩	(130)
(00) 二、石英岩	(131)
(101) 三、板岩和千枚岩	(131)
(101) 四、片岩	(131)
(101) 五、片麻岩	(132)
(001) 六、混合岩	(132)
(050) 第五节 地层解译与分析	(132)
(001) 一、遥感地层单位与地层划分	(132)
(001) 二、地层角度不整合的解译	(133)
(001) 三、岩相变化的研究	(135)
(0) 思考题	(135)
第七章 遥感图象的构造解译	(136)
(0) 第一节 遥感图象上岩层及地质构造面产状要素的确定	(136)
(111) 一、岩层及地质构造面产状的解译标志	(136)
(111) 二、岩层及地质构造面走向和倾向的确定	(137)
(111) 三、岩层及地质构造面倾角的确定	(138)
(0) 第二节 构造形态的解译	(150)
(011) 一、不同产状岩层的解译	(150)
(011) 二、褶皱构造的解译	(152)
(111) 三、断裂构造及力学性质的解译和分析	(157)
(011) 四、岩浆岩构造的解译	(166)
(011) 五、新构造的解译	(173)
(011) 六、隐伏构造的解译	(174)
(011) 七、关于线性构造和环形构造	(177)
(0) 思考题	(179)
第八章 遥感图象矿产解译及找矿远景区的分析	(181)
(0) 第一节 找矿标志解译	(181)
(011) 一、原生矿体露头	(182)
(011) 二、矿体氧化露头及铁帽	(183)
(011) 三、旧矿遗迹	(185)
(031) 四、围岩蚀变	(186)
(131) 五、地植物标志	(187)
(131) 六、土壤标志	(189)
(0) 第二节 利用遥感图象分析、研究成矿地质条件	(189)

一、	岩浆岩条件	(189)
二、	构造条件	(190)
三、	地层、岩性、岩相条件	(193)
四、	地貌条件	(193)
第三节	利用遥感图象资料进行矿产预测	(194)
一、	利用线性构造和环形构造分析圈定找矿远景区	(194)
二、	利用线性构造变量统计圈定找矿远景区	(196)
三、	利用线性构造和其他成矿因素统计加权预测矿产	(198)
思考题		(200)
第九章	远红外图象和侧视雷达图象的特性及其地质应用	(201)
第一节	远红外图象的特性及其地质应用	(201)
一、	远红外图象的获得及其种类	(201)
二、	远红外图象的特性	(202)
三、	远红外图象的解译标志和解译方法	(209)
四、	远红外图象在地质上的应用	(215)
第二节	侧视雷达图象的特性和地质应用	(217)
一、	侧视雷达的基本原理	(217)
二、	侧视雷达图象的特性	(219)
三、	侧视雷达图象的地质应用	(225)
思考题		(225)
第十章	遥感影象的光学增强及数字图象处理	(226)
第一节	遥感影象的光学增强技术	(226)
一、	假彩色合成法	(226)
二、	假彩色密度分割法	(229)
三、	边缘增强	(230)
四、	反差增强	(231)
五、	空间滤波影象增强	(231)
第二节	数字图象处理	(232)
一、	比值图象	(232)
二、	多光谱分类	(233)
思考题		(236)
第十一章	遥感地质工作方法与程序	(237)
第一节	遥感地质工作的方法与技术	(237)
一、	空中地质观测	(237)
二、	影象略图的镶嵌	(241)
三、	象片具体方位的确定	(243)
四、	象片上地质要素的转绘方法	(244)
五、	清绘片上清绘范围的划定	(248)
六、	概略解译图的勾绘	(249)

绪 论

第一节 遥感的基本概念和遥感地质学的主要内容

“遥感”(Remote Sensing),意为“遥远的感知”,即在一定距离之外用某种仪器收集目标物的某些信息如电磁波辐射、重力和磁力、地震波和超声波等,来探测目标物的属性及其特征,这即为广义遥感。但是目前常见的遥感只限于利用目标物电磁波辐射信息来探测目标物,这即为狭义遥感。因此通常所谓之遥感技术应是用专门的传感器(光学、电子学和电子—光学仪器)从高空或远处收集、记录目标物反射或发射的电磁波信息,再经加工处理获得目标物图象和数据资料,从而揭示目标物特征的一种综合性技术。

遥感工作系统如图0—1所示。遥感方式有被动和主动两种,其使用之传感器如表0—1所列。

被动遥感(Passive remote sensing)是用传感器收集地物反射来自太阳的电磁波和地物本身发射的电磁波信息,以了解地物特性;

主动遥感(Active remote sensing)是由传感器主动向地物发射一定能量的电磁波,再用传感器收集地物反射回来的这种电磁波信息,以了解地物特性。主动遥感有人也称它为“遥测”。

目前,遥感技术所应用的电磁波范围主要有近紫外、可见光、红外、微波波段。据此,可将遥感技术分为:

1. 紫外遥感:主要是近紫外波段,用摄影的方式。遥感技术中已开始应用,但尚不普遍。

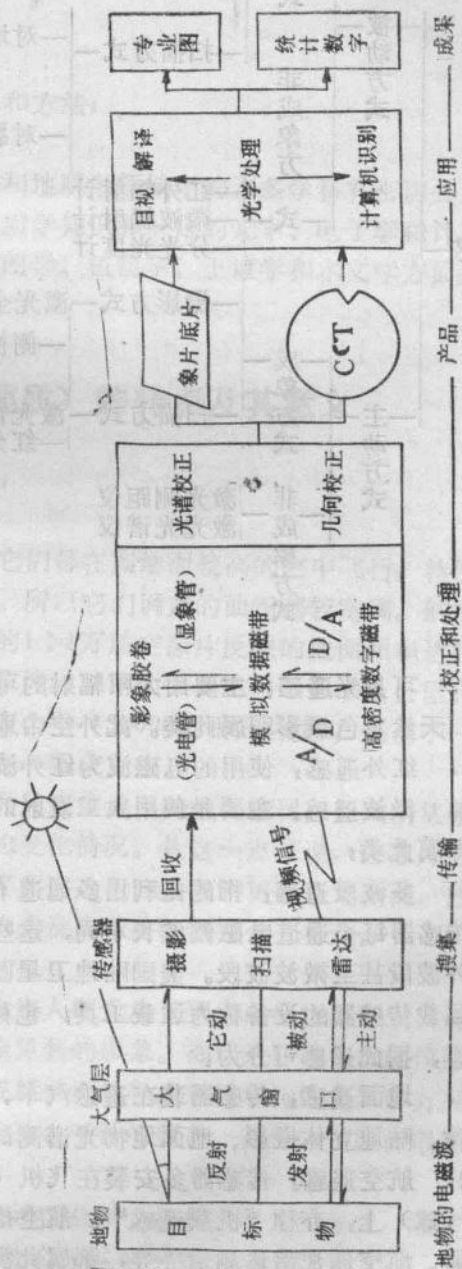
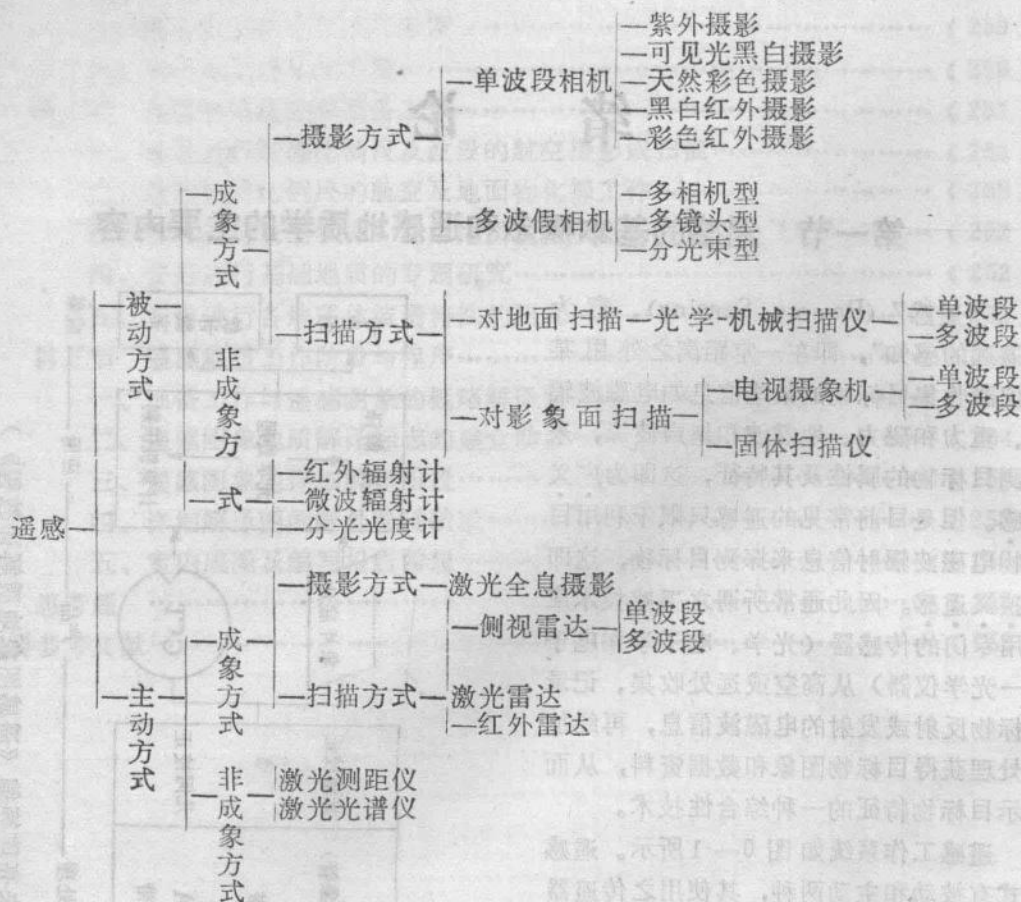


图0—1 遥感工作系统示意图 (引自朱亮璞等编《遥感图象地质解译教程》)

表0—1 遥感方式及传感器分类



2. 可见光遥感：主要用太阳辐射的可见光电磁波。常用的航空摄影包括全色黑白摄影、天然彩色摄影即属此类。此外空中地质观测（或称航空目测），亦属此类；

3. 红外遥感：使用的电磁波为红外波段。近红外摄影、红外扫描均属此类；

4. 微波遥感：主要是使用人工发射的微波波段电磁波。侧视雷达成象、微波辐射测量即属此类；

5. 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像，传感器每个通道电磁波波长不同，这些不同的波段可以同属于可见光，也可以跨越至红外波段甚至微波波段。美国陆地卫星图象即为多波段遥感图象。

运载传感器的设备称为运载工具，也称遥感平台（Sensor platform）。运载工具多种多样，据此遥感可分为：

1. 地面遥感：传感器装在遥感汽车、遥感船或遥感高塔等地面平台上，由人工直接操作。陆地立体摄影、地面地物光谱测试均属此类。

2. 航空遥感：传感器多安装在飞机（有人驾驶和无人驾驶）或气球（固定气球或自由气球）上，亦称“机载遥感”。航空摄影、航空红外扫描、航空多光谱扫描或多光谱摄影、航空侧视雷达测量等等，均属此类。

3. 航天遥感或称宇航遥感：运载工具为人造地球卫星、火箭、载人宇宙飞船或航天飞机。亦称“星载遥感”。

遥感技术广泛用于军事侦察、农业、林业交通、气象、地质、地理、测绘和环境保护等许多领域。在地质上，遥感技术可用于地质填图和构造地质、地貌、矿产、水文地质、工程地质、火山、地震、地热、海洋地质、环境地质、地质力学等的调查与研究。

在地质与成矿理论的指导下，应用遥感技术进行地质与矿产资源的调查研究，即为遥感地质。包括航空地质与航天地质。

遥感地质学是地质学与遥感技术科学间的边缘学科，是地质科学领域内的一个新的分支。遥感地质学研究的主要内容是：

1. 各种地质体的电磁波谱特性；
2. 各种遥感资料的地质解译原理标志和方法；
3. 遥感地质工作方法和程序。

遥感地质学与许多基础学科、应用技术和地质学领域中的许多学科有密切关系。要掌握遥感地质学，首先应有广阔而牢固的地质学知识和一定的光学、电子学和计算数学方面的知识，另外还要有一定的地貌学、地图学、植物学、土壤学和水文学方面的基本知识。

第二节 遥感技术（地质）的特点及其意义

遥感技术（地质）的主要特点概括如下：

一、居高临下、观察面广

现代遥感多以飞机或卫星为运载工具，它们都在离地面较高的空中飞行，特别是航天遥感，如卫星飞行高度都在几百公里高空。所以它们调查的面积都较宽阔。航空遥感飞行高度虽然有限，但一幅18厘米×18厘米的1：1万航空象片反映的地面面积达3.24平方公里。一幅18×18厘米象幅的1：6万航空象片，其地面面积达116.64平方公里。一幅美国陆地卫星图象，地面面积为185×185平方公里（34000多平方公里），相当于一个海南岛那么大。有的卫星甚至可把半个地球拍在一张象片上。

由于观察面宽阔，遥感图象可更加全面而又连续地反映地面情况，让人们从象片上便可看出各种地物间的关系或同一地质现象的变化情况。从这一点来说，在象片上进行观察研究，比之在实地由若干点上的观察研究而后进行归纳推断更为直观全面，因此可以提高研究工作质量。特别是对于大区域的构造及成带矿的研究十分有利。

二、现代技术，视力大增

现代遥感采用的是先进技术，可以把原来人眼无法见到的由地物反射或发射的紫外、红外和微波等电磁波信息，转换为人眼能见到的影象。亦即这些现代化的仪器设备扩大了人体感官功能，为人们利用各种遥感资料识别地物的种属和特性提供多方面的信息。特别是微波遥感可透过植被和一定深度的冰、干沙等覆盖，提供一定深度范围的地质信息。

此外，现代遥感技术可使航天遥感图象的地面分辨率提高到惊人的程度，如美国的地球资源技术卫星1、2号（ERTS—1、2）后改名为陆地卫星（LANDSAT—1、2）图

象地面分辨率为80米，而陆地卫星3号(LANDSAT—3)的RBV图象分辨率则达40米；军用卫星的图象分辨率已达0.3米，我国尖兵4号卫星图象的分辨率也达4米，如此，便可使人们在遥感图象上比较准确地识别地物的性质和特点。

三、信息丰富、反映客观

现代遥感技术，除用现代化仪器把紫外、红外、微波等电磁波信息转化为可见的图象而增加信息之外，多波段遥感图象的信息也很丰富，如陆地卫星多波段扫描图象，每张图象有758万多个信息，4个波段的图象则共有3000多万多个信息，可用电子计算机处理和识别。

遥感图象上这些信息，如实地反映了地面客观实际，若能充分利用，则有利于对地物的识别。

四、工作迅速，利于周转

现代遥感获取资料的过程是很迅速的。例如过去实地测绘一个地区的农田或地形。需要几年、十几年，而用航空摄影测量只需一、二年或几年。如采用陆地卫星成象，则十八天就可把地球扫一遍，每个星期可拍摄和积累地面影象近万张。在地质调查方面，若采用遥感地质方法，野外工作量可以大大减少，从而提高了区域地质调查工作的效率。加速区域地质调查工作的步伐。如加拿大在1842—1951年的100多年中，用地面调查方法只完成1:25万地质调查259万平方公里。从1952—1958年改用航空地质方法，仅七年时间就完成了125万平方公里的地质调查面积，其中1958年一个只有七名地质人员的地质队，四个月即完成1:25万—1:50万地质调查25.9万平方公里；菲律宾1950—1959年用地面常规方法进行地质调查，仅完成全岛面积的10%。改用航空方法，在1960—1962年三年中便完成了全岛面积的80%；巴西在1970—1975年用遥感地质方法（航空摄影、侧视雷达测量、多波段扫描），仅四年零九个月就完成了亚马逊河流域466万平方公里地质调查任务，其中一半为1:25万的，另一半是1:50万、1:10万和1:5万的，并发现了铁、铝土矿等矿产资源；在我国，以黑龙江、四川、广西等省区，应用航空象片进行1:20万区域地质调查为例。按常规方法填制一幅1:20万地质图，一般地区需50人左右2—3年才能完成，投资20—25万元；多山区需70人左右4—5年才能完成，投资50—70万元。而使用航片后，在一般地区填一幅图只需30—40人一年左右时间即可完成，投资仅10—15万元；在高山区40—50人2—3年时间即可完成，投资仅30—50万元。前后两相比较，用航片填图率效提高约1—2倍，人员减少10—20%，而投资量却降低50%以上。四川省地质局航调队、107队、遥感地质解释站等系统，采用编、测、译相结合的大面积联测方法，以四年不到的时间，完成了四川盆地20个图幅1:20万区域地质调查，投资仅是常规方法的1/4—1/3；广西地质局区调队采用航空象片解译地面调查结合的方法，开展玉林地区4个1:2万图幅的区调联测，平均每个图幅只用1年时间，图件的精度与质量也有较大的提高。

正因遥感技术有这些特点，所以应用广泛。但是遥感地质并非万能，它仅仅是地质研究的一种重要方法手段。它的作用如能充分发挥，则可大大促进地质工作现代化。

第三节 遥感技术(地质)发展简史和现状

遥感技术的发展与摄影技术和航空及航天技术的发展紧密相连。现分别简述国内外遥感技术(地质)的发展简史和现状。

一、国外遥感技术(地质)发展概况

根据遥感技术发展和应用的特点,国外遥感技术(地质)发展可分为以下三个阶段:

(一) 萌芽和试验阶段:

从照相机问世的1839年到第二次世界大战前夕。虽然早在1783年即有人乘气球完成了一次巴黎上空的旅行,开创了从空中观察地球的历史,但是遥感技术的发展是在1839年出现照相机后才开始的。在照相机出现后不久,法国的工程兵就尝试用象片作地形图。1858年和1860年,先后从气球上拍摄了巴黎和波士顿和乌瞰象片。这是世界上最早的航空象片。从飞机上拍摄的第一张航空象片却是1909年威尔伯·赖特(Wilber Wright)在意大利森托塞尔完成的。第一次世界大战期间,帝国主义国家争相发展航空摄影技术,英、法、德等国用装有望远镜和航空摄影机的飞机进行空中军事侦察,使航空摄影技术迅速发展。第一次世界大战后开始用于地形测绘试验在第二次世界大战前夕的1935年,研制成功了彩色摄影胶片,1937年即拍摄了彩色航空象片。

总之,在这个阶段,遥感技术主要是可见光黑白航空摄影,解译工具有立体镜和简单的立体测图仪等。应用方面主要是军事侦察和地形测绘试验。在地质工作中,应用航空摄影最早是在1922年前后由石油地质学家开始的。在这期间仅对航空象片作了一些解译的试验工作,还未形成独立性的航空地质的系统工作方法。

(二) 发展阶段

从第二次世界大战起到50年代中期。在这一阶段遥感技术仍主要是航空遥感,但得到了很大的发展。

第二次世界大战期间,军事部门的主要情报是来自空中摄影。这时都加强了航空象片的解译工作,提高了解译水平,研制了不少的解译和成图用仪器以及摄影机等。1942年前后,彩色红外航空摄影已用于军事目的。50年代发展起雷达成像技术。

在这阶段,航空地质也得到迅速的发展,并已逐渐形成一种独立的工作方法。在区域地质调查和矿产普查特别是石油天然气普查中,获得了良好的效果。一些国家、加拿大、澳大利亚、德国、法国、英国和苏联等,都在国内普遍应用航空地质方法。有的国家已将航空地质调查作为区域地质调查的主要方法。除大量推广应用全色黑白航空象片外,在局部地区,还应用彩色象片找矿。另外在室内,对航片不仅可进行定性解译,而且还可进行一些定量解译,可在象片上测定岩层产状要素、岩层厚度及断层之断距离等等。

(三) 飞跃发展阶段:

从50年代后期到现在。在这个阶段航空遥感除继续使用和发展全色黑白摄影、彩色摄影和红外摄影技术之外,雷达成像和多波段成像技术也投入使用。尤其重要的是1957年苏联发射第一颗人造地球卫星以后,遥感技术发生了一次飞跃,航天遥感技术的发展

突飞猛进。1960年美国“发现者”侦察卫星回收成功，尔后美苏两国发展到空间争霸。到1976年底，美国已发射照象侦察卫星381颗。这些侦察卫星地面分辨率都较高，美国的“大鹏”号卫星，装有焦距长2.44米的照象机，图象地面分辨率可达0.3米、

与此同时也发射了一些民用卫星。1958—1966年美国国家航空和宇宙航行局(NASA)发射的“水星”、“双子座”、“阿波罗”等载人宇宙飞船，用摄影机拍摄了地球上第一批卫星象片。苏联在1958年利用人造卫星进行过全球性磁力测量。1962年美国密执安大学等单位发起召开了第一次“环境遥感讨论会”，“遥感”这一术语就是在这次会上首先提出和确定下来的。1972年7月23日美国发射了第一号地球资源技术卫星(ERTS—1，已于1978年1月6日停止工作)，主要传感器有反束光导管摄像机和多光谱扫描仪(四个波段)。其任务主要是探索各种实验仪器的适应性能，同时取得一些有用的地形和资源数据，为第二号地球资源技术卫星提供改进条件。第一号地球资源技术卫星发射后，取得了大量地面光谱数据和图象，并在农林、地质、地理、水文、海洋、环境监测等40多个方面取得了不同程度的应用效果。1975年1月22日，美国发射了第二号地球资源技术卫星(ERTS—2)，使用的传感器、卫星运行特征等等都与第一号卫星相同。1978年3月5日，美国又发射了第三号卫星，改名为陆地卫星(LANDSAT—3)，与前两颗卫星不同的是它使用了第二代反束光导管摄像机(单波段的)而且多波段扫描仪增加了第八波段。1982年7月，美国发射了第四号陆地卫星(LANDSAT—4)，装备了具有7个波段的多波段扫描仪—专题制图仪。与前三颗卫星相比，图象分辨率更高了，据报导可以区分稻谷和大豆，寻找矿床的能力也大大提高。另外，美国还发射了热能制图卫星(HOMM)、海洋卫星1号(SEASAT—1)等等。海洋卫星1号上装有合成孔径侧视雷达(分辨率为25米)、雷达高度计、多频道扫描仪、微波辐射计、微波散射计、可见光和红外辐射计等。

美国航天飞机已试验成功。航天飞机的遥控操纵器系统能收回卫星，将卫星放在它的货舱里，能和自由运行的宇宙飞船会合，对卫星和飞船进行修理。

关于传感器，除上面提到的星载传感器外，近几年各国还研制了许多机载传感器，它们都提高了探测精度和工作效率。

在遥感数据传输方面，为避免经过卫星磁带机存贮和回放损失信息太大，美国已设计了一个解决实时接收全球环境信息的方案，即陆续发射由四个通讯卫星组成的跟踪和数据中转卫星系统(TDRSS)，从而可以在美国直接实时接收世界上任何地方的卫星遥感信息。在地面接收设备和能力方面，美国研制了一种叫做“模块式地面接收和处理系统”，它是一种快速的、多功能和综合性的地面站，可用来接收气象卫星、陆地卫星和海洋卫星数据。

在遥技术的应用方面，遥感作为一门综合性探测技术，得到越来越多的国家重视。已有120个国家在不同程度上开展了遥感工作或运用遥感资料。遥感技术已被广泛用于地球资源调查、开发、管理及环境监测和研究。不少国家已建立了国家机构，把遥感技术列入国家发展规划。在地质上遥感技术对区域地质调查、地貌调查及区域构造研究已具有相当的实用价值，对岩石的鉴别和找矿，也正在进行试验研究，并已获得一定的成效。有些国家应用遥感技术已直接或间接地找到了一些矿产基地。总之，目前在区域地质调查及矿产普查中，遥感作为一种新的方法手段已被普遍地采用了，同时也在积极地

进行各种试验，以扩大其应用的深度和广度。

当前遥感技术发展的总特点是：

1. 美苏在遥感技术发展上起步早，规模大，至今仍然处于领先地位。尤其是美国，在空间遥感方面更是遥遥领先；

2. 工业技术发达的国家，如法、西德、英、意大利、瑞典、瑞士、荷兰、比利时、西班牙、丹麦、日本、加拿大、澳大利亚，在遥感技术方面正大力迎头赶上，争相发射自己的卫星和研制传感器及信息接收处理等技术系统，而且已取得相当的进展。

3. 许多发展中国家，正大力从事各种遥感活动，发展本国的遥感事业，用于本国资源的开发和促进国家经济发展。但是这些国家的遥感技术基本上是依赖外国输入而发展起来的。而且卫星资料也来自美国。但它们遥感技术的发展和运用，还是同本国的具体条件密切联系，如菲律宾的森林、热带作物、矿产资源研究；孟加拉国的土地作用、洪水、飓风研究；泰国的森林调查和管理、农业土地利用和洪水区制图；新加坡的海面石油污染研究；伊朗和巴基斯坦、埃及等国家的干旱、半干旱区的开发利用等。另外，因卫星和宇宙飞船活动不受国界限制，许多跨国界和跨洲界的区域性研究课题和资料分析，需要开展国际合作才能进行，所以遥感技术的国际协作和交流也在不断地加强。

二、我国遥感技术（地质）发展概况

虽然我国人民早就幻想有一双能够穿云透雾的“千里眼”和探索宇宙奥秘的强烈愿望，而且早在公元十世纪（宋朝）即已发明了火箭。但是由于封建主义和半殖民地半封建的长期统治结果，使我国的遥感技术发展在本世纪30年代才开始。1930年，国民党当局企图增强实力，请法国和瑞士人当教员，举办了摄影测量训练班，培养了一批航空摄影测量人员。1931年成立了航空测量队，除军事目的之外，在水利、铁路、地质等各部门也开展了一些航测工作。工作最多的是江西和浙江两省的地质测量；水利方面测量了潼关以上的黄河流域以及所谓黄河泛区等，可是并未修水利；铁路方面虽也曾测了几条路线，但实际并未修铁路。因此在解放前的近20年中，我国航空摄影测量事业没有得到多少发展。

1949年中华人民共和国成立后，在党的领导下，随着社会主义建设事业的飞跃发展，我国航空摄影测量事业获得了新生。1950年在军事测绘学院开始培养航空摄影测量技术干部，在总参测绘局之下成立了航测队，并立即参加治淮工程的勘测工作。以后同济大学、武汉测绘学院、南京地质学校等，都分别培养了航空测量技术人员，并且先后在国防、林业、铁道、地质、水利电力、石油、煤炭、农垦、中国科学院等部门开展了航空摄影测量工作，并自行试制了一些精密的航空摄影测量方面的仪器和摄影材料。

在地质方面，航空地质方法在1951年开始应用，主要是用于区域地质调查和石油普查等方面。地质部所辖若干区域地质调查队，先后在新疆北部、塔里木北部、柴达木及广东等地进行的中、小比例尺区域地质调查工作中，都不同程度地应用了航空地质方法。与此同时，有关部门也先后在水库工程地质调查、石油普查、铁路选线、农业土壤、森林调查、地震调查和其他自然资源调查等多方面，开始应用航空摄影资料。

1960年，原北京地质学院和铁道部第二设计院，分别举办了航空地质短训班，北京地质学院编写出版了航空地质教材，其他地质院校也相继开设了航空地质课程。60年代中期铁道部所属设计院对23条铁路设计线路进行了航空目测，对24条设计线路运用小比

例尺航空象片进行地质解译。在60年代中期，煤炭工业部在新疆首次进行了1:1万煤田航空地形地质制图，并且用仪器进行地形地质一次成图。以后在四川、陕西等七个省和自治区多次进行煤田1:1万—1:5千航空地形地质填图工作，为在我国进行矿区大比例尺（1:1万—1:1千）航空地形地质填图积累了经验。

70年代，我国遥感事业发展迅速，而且由航空遥感发展到航天遥感。在航空遥感方面，地质部在1972年成立了航空物探大队，以后又成立了航空地质调查壹队，并开展了全色黑白、彩色及黑白红外航空摄影工作。1973年黑龙江地质局在掩盖地区开展了包括航空物探、空中地质观测和航空象片解译的1:20万航空地质调查，并于1975年提出了我国用航空地质方法完成的第一幅1:20万航空区域地质调查图幅—鸡西幅，为在我国开展中、小比例尺航空地质调查及矿产普查积累了经验。尔后，在云南、四川、广西、西藏、贵州、河南、宁夏、河北、吉林等省区，陆续采用航空地质方法进行中、小比例尺区域地质调查，中小比例尺水文地质调查和大、中比例尺的矿产普查以及矿区大比例尺地形地质测量等工作，而且取得了较好的效果。1976年之后，不少省区如山西、甘肃、新疆、广西、湖南等，还分别开展了红外、多光谱、彩色摄影等新的遥感试验工作。

特别令人高兴的是1970年4月25日，我国第一颗人造地球卫星发射成功，不仅开辟了我国近代空间技术的发展历史，而且也促使我国遥感技术发生飞跃，由航空遥感进入到航天遥感。嗣后，1975年11月26日我国发射的卫星正常运行之后按计划返回地球。卫星上所得的象片质量良好，且有较高的地面分辨率。同时我国又引进了美国的第一、二、三号陆地卫星资料（图象磁带）和一些解译分析遥感资料的仪器设备。这些卫星资料已在全国广泛使用。在地质部门，卫星象片和航空象片一起用于区域地质调查和矿产普查以及科学研究，而且取得了一定的效果。与此同时，我国有关部门也正在发扬自力更生的精神，积极研制机载和星载传感器和其他有关遥感仪器、图象增强仪器（如假彩色合成仪等），以及研究图象处理方法等等。

我国遥感事业也早就纳入国家规划，由国家科委和各有关业务部门领导。各业务部门多已建立了自己的遥感中心。地质矿产部建立了遥感地质中心，各省区地质局建立了遥感地质解译站；中国科学院建立了遥感技术应用研究所，各地质院校和综合性高等学校的地质或地理系，也建立了遥感应用研究或遥感地质教研室，开设了遥感地质课程。

总之，我国遥感技术和遥感地质事业，正处于积极发展阶段，只要我们善于把学习外国先进科学技术同发扬自力更生的精神结合起来，我们的进步就一定会很快。我们深信，在党的正确领导和全国人民的共同努力下，我国的遥感技术与遥感地质工作，将会很快地赶上世界先进水平，从而促进我国地质工作的现代化，为把我国建设成为具有现代工业、现代农业、现代文化科学技术和现代国防的社会主义国家发挥更大的作用。

思 考 题

1. 遥感及遥感地质的概念如何？
2. 遥感地质学的性质和内容如何？
3. 什么是主动遥感和被动遥感？
4. 遥感技术工作系统包括哪些部份？
5. 遥感技术可用于哪些方面？
6. 遥感技术（地质）的特点有哪些？

第一章 遥感基本原理

各种遥感技术都是利用目标物的电磁辐射信息来探测目标的，因此，关于电磁辐射的基本原理就成为遥感技术的理论基础。电磁辐射理论在一般的物理学教程中均有系统介绍本章仅从“遥感”的角度讨论有关的一些问题。

第一节 电磁波与电磁波谱

电磁波是交变的电磁场在空间的传播，它是物质运动的一种特殊形式，也是能量传播的一种特殊形式。根据麦克斯韦电磁场理论，任何变化着的电场都将在它的周围产生变化的磁场，而变化的磁场又会在它周围感应出变化的电场。这样，电场和磁场互相转换并向外传播，这就是电磁波。电磁波在传播过程中，电场强度矢量 E 、磁感应强度矢量 B （或磁场强度矢量 H ）和传播方向 V 三者之间始终是保持互相垂直的关系（图1—1）。故电磁波是一种横波。

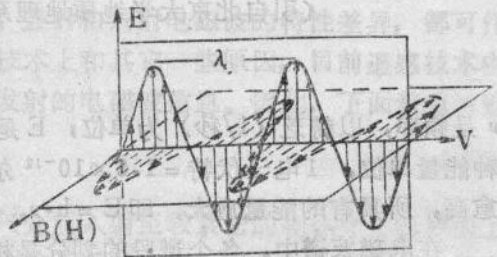


图1—1 电磁波—横波

波动的基本特点是它的时空周期性。通常用来描述电磁波特征参数有频率 ν （或周期 T ）、波长 λ 和波速 c ，它们之间的关系是：

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

（据北京大学地质地理系《遥感遥测的物理基础》改绘）

电磁波在真空中以光速传播， $c = 2.998 \times 10^{10}$ 厘米/秒 ≈ 30 万公里/秒。

电磁波具有波动性和粒子（量子）性两方面特性。波动性主要表现为电磁波能产生干涉、衍射、偏振、散射等现象。粒子性则主要表现为电磁波能产生光化学作用、光电效应等现象。不同波长的电磁波，其波动性和粒子性表现的度不一样。一般说来，波长愈短的电磁波粒子特性愈明显，波长愈长的电磁波粒子特性愈不明显。波动性则正与此相反。遥感技术正是利用电磁波这两方面特性来探测目标所发出的电磁辐射信息。

电磁波可以由物质原子内电子的能级跃迁而产生，也可以由物质的原子和分子的振动能级跃迁和旋转能级跃迁而产生。一部份波长较长的电磁波（微波、无线电波）还可以用电磁振荡的方法来产生。不同的辐射源产生的电磁波的波长各不相同，其变化范围很大。我们把各种电磁波按其波长（或频率）的大小，依次排列画成图表（图1—2）。这个图表就叫“电磁波谱”。

在电磁波谱中， λ 是波长，以厘米为单位； N 是波数， $N = \frac{1}{\lambda}$ ，以1/厘米为单位；