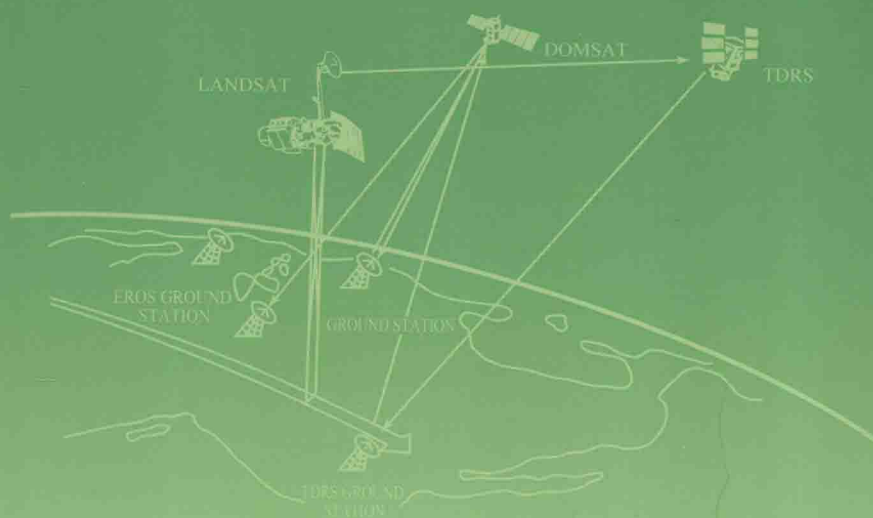


中国地质大学（北京）国家级特色专业地质学系列教材



REMOTE SENSING GEOLOGY (2nd Edition)

# 遥感地质学 (第二版)

田淑芳 詹骞 主编



地质出版社



中国地质大学（北京）国家级特色专业地质学系列教材  
地质学基础课国家级教学团队项目资助

# 遥感地质学

（第二版）

朱亮璞 名誉主编

田淑芳 詹 骞 主编

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 简 介

本教材是在朱亮璞 1994 年主编的《遥感地质学》的基础上, 结合当前国内外遥感地质学发展现状和多年教学实践重新编写而成。本书注重反映地学遥感理论及应用技术的最新成果, 主要内容包括: 遥感基本概念、物理基础、成像原理、图像特征、数字图像处理、地学分析方法、地质解译、多光谱及高光谱在矿产勘查中的应用及实例, 以及遥感地质调查程序及方法等。

本教材在教学方法上强调理论与实践的结合, 注重遥感实践能力的培养, 与《遥感地质学实习指导书》构成配套教材, 结合使用。

本教材可作为地质学及相关专业的教学用书, 也可供相关专业科研人员参考阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

遥感地质学 / 田淑芳等主编. —2 版. —北京:  
地质出版社, 2013. 8 (2014. 1 重印)  
ISBN 978 - 7 - 116 - 08463 - 6

I. ①遥… II. ①田… III. ①遥感地质 IV.  
①P627

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 194898 号

### Yaogan Dizhixue

---

责任编辑: 王春庆

责任校对: 王素荣

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010)82324508 (邮购部); (010)82324514 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010)82324340

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 21

字 数: 520 千字

印 数: 3001—8000 册

版 次: 2013 年 8 月北京第 2 版

印 次: 2014 年 1 月北京第 2 次印刷

审 图 号: GS (2013) 1114 号

定 价: 36.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 08463 - 6

---

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

# 总 序

中国古代有很丰富的地质思想。近代地质学作为研究地球及其演变规律的一门自然科学在 19 世纪中叶从西方引入我国。1909 年京师大学堂（北京大学的前身）开设地质学门（系），开创了我国地质教育的先河，距今不过百年光阴！在这 100 年的时间里，特别是新中国成立后的 60 多年里，我国的地质事业和地质教育事业取得了突飞猛进的发展，培养了数十万的地学人才，在地球科学的基础理论和实际应用中都取得了巨大的进展。进入 21 世纪，与国际地球科学发展同步，我国地球科学的发展在基础研究领域，以研究固体地球为主转向关注地球各圈层相互作用及其演变的地球系统科学；在应用领域已由“资源开发型”逐渐拓展为“资源开发与环境保护并重型”，进而全面为经济社会的可持续发展服务。地球科学与其他学科的交叉融合不断加强，研究领域和应用范围空前拓展。全球的地球科学出现了“上天、入地、下海、登极”全方位探索；“资源、环境、灾害、工程”多功能并举；“宏观、微观、定性、定量”全面结合；“星际、地球、区域、局部”，“远古、古代、当今、未来”无所不包的新局面。这种时间与空间上的大跨度、科学与技术方面的大交叉、理论与实践的紧密相联前所未有。地质科学工作者正面临着前所未有的机遇与挑战。

地球科学的发展与进步依赖于地质教育。地质教育必须走在行业发展的前列，这是时代的要求，也是地质教育自身发展的要求。

创立于 1952 年的中国地质大学（原北京地质学院），现已发展成为以地质、资源、环境、地质工程为主要特色，理、工、文、管、经、法等专业相结合的全国重点大学。伴随共和国发展的脚步，她已经走过了近 60 年的历程，成为我国地学人才培养的摇篮和地学研究的重要基地。她已培养了 8 万余名专业人才，他们秉承“艰苦朴素、求真务实”的校训，献身于祖国的地质事业和其他各个行业。中国地质大学（北京）坚持“特色加精品”的办学理念，正在向地球科学领域世界一流大学的目标迈进。

在进入“十二五”之际，中国地质大学（北京）制订了地质学专业系列教材的编写计划。这一套涵盖了地质学专业 20 多门课程的系列教材，有的是在我校原有使用了多年的老教材的基础上进行修订，有的是重新编写。本套教材依据中国地质大学（北京）地质学专业“十二五”本科教育培养方案和课程建设体系，努力彰显学校多年办学实践形成的特色和优势，加强基础理论、基本知识与基本技能的培养，培养学生“品德优良、基础厚实、知识广博、专业精深”的素质。教材编写过程中参考和借鉴国内外近年来新出版的相关教材，在教材体系上力求先进，在理论知识上力求创新。参加教材编写的教师

既有年愈八旬、资深望重的老教授，也有年富力强的中年骨干，还有朝气蓬勃的青年教师，体现了中国地质大学名师荟萃的学术氛围。

本套教材总计千余万字，从地质学的基础理论，到研究方法，到实际应用；从课堂理论教学，到野外实践教学，囊括了地质学专业必修的大部分课程，代表了中国地质大学成立 60 年来所取得的丰硕教学成果和部分科研成果，集中了地大老、中、青三代人的智慧。谨向参与教材编写的各位作者表示敬意。相信本套教材的出版将对中国地质大学（北京）乃至全国地质教育的发展起到积极的推动作用。

地球科学博大精深，愿新时代的青年学子，热爱地质科学，热爱地质事业，努力学习，大胆探索，揭开更多的地球科学奥秘！

赵鹏大  
时裕生  
中国科学院院士  
莫宣学

## 第二版前言

随着高空间、高光谱、雷达卫星遥感成像系统的迅速发展，遥感理论在不断完善，遥感研究方法在不断充实与更新，遥感地质学中的许多新内容、新方法急需进行系统总结。在这样的形势下，征得朱亮璞教授的同意，对其主编的1994年出版的《遥感地质学》进行了修编。

在修编中，一方面体现原版教材的内容与体系，一方面结合自身的教学、科研经验，广泛收集国内外相关教材、专著、资料与应用实例，从而在章节及内容上，力求体现知识体系的全面性与实用性，使读者能系统地获得遥感地质应用原理与方法，了解和掌握遥感技术的前沿与进展。在这样的修编原则下，对原版的章节和体系做了一些适当调整与改动，在内容上进行了部分更新、增补、删减和调整，如根据遥感找矿技术的最新进展，扩充了遥感综合分析找矿的内容，增加了多光谱遥感异常信息提取、遥感找矿模式的内容；删减了原教材“多时相遥感资料地学动态分析”，而将“多源地学信息复合资料的地质应用”的相关内容放在了“多光谱遥感在矿产勘查中的应用”这一章节中；增加了“高光谱遥感地质调查方法及应用”、“遥感地质调查程序及方法”等内容。

本书由田淑芳、詹骞主编。编写具体分工如下：第一章至第四章由田淑芳、詹骞共同完成，第五章至第十二章由田淑芳执笔，第十三章由詹骞执笔。全书由田淑芳统编定稿。硕士研究生周家晶参加了第九章至第十二章的资料收集和部分内容的编写；张子鸣、王娜、曾江维参加了第五章至第八章的资料收集和部分内容的编写；卓慧超、马丽丽、王政通、张勇、张振华参与了第一章至第四章、第十三章的资料收集和部分内容的编写；周家晶完成了全书的文稿整理和初步的校对工作。

感谢原版教材主编朱亮璞教授为本版修编奠定的良好基础，感谢中国地质大学（北京）地球科学与资源学院和教务处的支持与赞助，感谢地质出版社的鼓励与支持。

限于编者水平，书中的错误与不妥之处恳请读者批评指正！

编者

2013年1月

# 第一版前言

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)①  
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

---

① 张登荣同志参与了初稿的编写。

第十二章 朱亮璞 范心圻

第十三章 李琦 (北京大学遥感所)

主编朱亮璞对全书做了统编及部分章节的补充修改,张昶,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、戴文晗、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。

朱亮璞

1993年7月1日北京大学



# 目 录

总序	
第二版前言	
第一版前言	
第一章 绪论 .....	(1)
第一节 遥感与遥感技术 .....	(1)
第二节 遥感地质学的性质、研究对象、内容及方法 .....	(4)
第三节 遥感科学和遥感地质学的发展历史与发展前景 .....	(5)
第二章 遥感物理基础 .....	(7)
第一节 电磁波及电磁波谱 .....	(7)
第二节 电磁辐射源 .....	(10)
第三节 大气对电磁辐射传输的影响 .....	(17)
第四节 地物波谱特征 .....	(24)
第五节 色度学 .....	(32)
第三章 遥感成像原理与遥感图像特征 .....	(38)
第一节 遥感系统与遥感图像特性参数 .....	(38)
第二节 可见光-反射红外遥感 .....	(39)
第三节 热红外遥感 .....	(53)
第四节 微波遥感 .....	(58)
第四章 遥感数字图像处理 .....	(70)
第一节 概述 .....	(70)
第二节 图像预处理 .....	(73)
第三节 图像增强 .....	(77)
第四节 图像分类 .....	(90)
第五章 遥感地质解译标志与地学分析方法 .....	(97)
第一节 遥感地质解译标志 .....	(97)
第二节 遥感地学分析方法 .....	(116)
第六章 遥感影像地貌解译及其应用 .....	(124)
第一节 概述 .....	(124)
第二节 流水地貌解译 .....	(124)

第三节	冰川、冻土地貌解译 .....	(130)
第四节	岩溶地貌解译 .....	(132)
第五节	沙丘地貌与黄土地貌解译 .....	(134)
第六节	重力地貌解译 .....	(135)
第七节	构造地貌解译 .....	(138)
<b>第七章</b>	<b>岩性地层遥感解译与分析 .....</b>	<b>(140)</b>
第一节	岩矿反射波谱特征 .....	(140)
第二节	岩浆岩遥感解译 .....	(144)
第三节	沉积岩遥感解译 .....	(157)
第四节	变质岩遥感解译 .....	(179)
第五节	遥感岩性地层分析 .....	(185)
<b>第八章</b>	<b>构造遥感解译与分析 .....</b>	<b>(187)</b>
第一节	岩层产状解译 .....	(187)
第二节	褶皱构造解译 .....	(190)
第三节	线性构造解译和分析 .....	(202)
第四节	环形构造解译和分析 .....	(216)
第五节	隐伏构造与活动构造 .....	(230)
<b>第九章</b>	<b>多光谱遥感在矿产勘查中的应用 .....</b>	<b>(236)</b>
第一节	遥感找矿标志 .....	(236)
第二节	不同岩性区成矿条件遥感研究 .....	(244)
第三节	遥感综合分析找矿 .....	(247)
第四节	遥感找矿模式 .....	(263)
<b>第十章</b>	<b>高光谱遥感地质调查方法及应用 .....</b>	<b>(266)</b>
第一节	高光谱遥感概述 .....	(266)
第二节	岩石矿物光谱学机理 .....	(269)
第三节	高光谱岩矿信息提取技术与方法 .....	(271)
第四节	高光谱遥感在地质调查领域的应用 .....	(275)
<b>第十一章</b>	<b>遥感在其他地学领域的应用概述 .....</b>	<b>(280)</b>
第一节	遥感地学动态分析的方法原理 .....	(280)
第二节	地质灾害遥感调查与监测 .....	(283)
第三节	国土资源与环境遥感调查与监测 .....	(288)
第四节	国土开发整治与规划遥感调查 .....	(294)
第五节	海洋遥感调查 .....	(297)
<b>第十二章</b>	<b>遥感地质调查程序及方法 .....</b>	<b>(298)</b>
第一节	概述 .....	(298)

第二节 遥感地质调查工作程序 .....	(299)
第十三章 地理信息系统及其应用 .....	(305)
第一节 地理信息系统简介 .....	(305)
第二节 地理信息系统在地质学中的应用 .....	(308)
参考文献 .....	(312)
图版一 常见水系类型 .....	(318)
图版二 断裂构造影像特征 .....	(320)

# 第一章 绪 论

## 第一节 遥感与遥感技术

### 一、遥感的基本概念

遥感，即遥远的感知，从广义上说是泛指从远处探测、感知物体或事物的技术。具体来讲，遥感是指不直接接触物体本身，从远处通过仪器（传感器）探测和接收来自目标物体的信息（如电场、磁场、电磁波、地震波等信息），经过信息传输、加工处理及分析解译，识别物体和现象的属性及其空间分布等特征与变化规律的理论和技术。

狭义的遥感是指对地观测，即从空中和地面的不同工作平台上（如高塔、气球、飞机、火箭、人造地球卫星、宇宙飞船、航天飞机等）通过传感器，对地球表面地物的电磁波反射或发射信息进行探测，并经传输、处理和判读分析，对地球的资源与环境进行探测和监测的综合性技术。与广义遥感相比，狭义遥感概念强调对地物反射、发射和散射电磁波特性的记录、表达和应用。当前，遥感形成了一个从地面到空中乃至外层空间，从数据收集、信息处理到判读分析相应用的综合体系，能够对全球进行多层次、多视角、多领域的观测，成为获取地球资源与环境信息的重要手段。

通过大量的实践，人们发现地球上的每一物质由于其化学成分、物质结构、表面特征等固有性质的不同都会选择性反射、发射、吸收、透射及折射电磁波。例如，植物的叶子之所以能看出是绿色的，是因为叶子中的叶绿素对太阳光中的蓝色及红色波长光吸收，而对绿色波长光反射的缘故。物体这种对电磁波的响应所固有的波长特性称光谱特性。一切物体，由于其种类及环境条件不同，因而具有反射和辐射不同波长电磁波的特性。遥感就是根据这个原理来探测目标对象反射和发射的电磁波，获取目标的信息，通过信息解译处理完成远距离物体识别的技术。

### 二、遥感的分类

为了便于专业人员研究和应用遥感技术，人们从不同的角度对遥感进行分类。

#### （一）按搭载传感器的遥感平台分类

根据遥感探测所采用的遥感平台的不同，可以将遥感分为：

航天遥感，即把传感器设置在航天器上，如人造卫星、宇宙飞船、空间实验室等；

航空遥感，即把传感器设置在航空器上，如气球、航模、飞机及其他航空器等；

地面遥感，即把传感器设置在地面平台上，如车载、船载、手提、固定或活动高架平台等。

## (二) 按遥感的媒介分类

电磁波遥感，以电磁波为信息传播媒介的遥感；  
声波遥感，以声波为信息传播媒介的遥感；  
力场遥感，以重力场、磁力场、电力场为媒介的遥感；  
地震波遥感，以地震波为媒介的遥感。

## (三) 按遥感探测的工作方式分类

根据遥感探测的工作方式不同，可以将遥感分为：

主动式遥感，即由传感器主动地向被探测的目标物发射一定波长的电磁波，然后接受并记录从目标物反射回来的电磁波；

被动式遥感，即传感器不向被探测的目标物发射电磁波，而是直接接受并记录目标物反射太阳辐射或目标物自身发射的电磁波。

## (四) 按遥感探测的工作波段分类

根据遥感探测的工作波段不同，可以将遥感分为：

紫外遥感，其探测波段在  $0.05 \sim 0.38 \mu\text{m}$  之间；

可见光遥感，其探测波段在  $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$  之间；

红外遥感，其探测波段在  $0.76 \sim 1000 \mu\text{m}$  之间；

微波遥感，其探测波段在  $1\text{mm} \sim 10\text{m}$  之间；

多光谱遥感（高光谱遥感），其探测波段在可见光到红外波段范围之内，再分成若干窄波段来探测目标。

## (五) 按遥感资料的显示形式、获得方式和波长范围的分类

根据遥感资料的显示形式、获得方式和波长范围等综合指标，遥感技术可分成以下类型体系：

图像方式遥感，是把目标物发射或反射的电磁波能量分布以图像色调深浅来表示；

非图像方式遥感，是记录目标物发射或反射的电磁辐射的各种物理参数，最后资料为数据或曲线图，主要包括光谱辐射计、散射计、高度计等。

## (六) 按成像方式分类

根据成像方式的不同，可以将遥感分为：

摄影遥感，以光学摄影进行的遥感；

扫描方式遥感，以扫描方式获取图像的遥感。

## (七) 按应用领域或专题分类

根据遥感探测的应用领域不同，可以将遥感分为：

地质遥感、地貌遥感、农业遥感、林业遥感、草原遥感、水文遥感、测绘遥感、环保遥感、灾害遥感、城市遥感、土地利用遥感、海洋遥感、大气遥感、军事遥感等。

### 三、遥感技术特点

#### (一) 宏观观测，大范围获取数据资料

采用航空或航天遥感平台获取的航空像片或卫星影像比在地面上获取的观测视域范围大得多。例如，一张比例尺为 1:35000 的 23cm × 23cm 的航空像片，可反映出逾 60km<sup>2</sup> 的地面景观实况；一幅 Landsat TM 图像，其覆盖面积可达 34225km<sup>2</sup>。可见遥感技术可以实现大范围的对地宏观观测，为地球资源与环境的研究提供重要的数据源。

#### (二) 动态监测，快速更新监控范围数据

对地观测卫星可以快速且周期性地实现对同一地区的连续观测，即通过不同时相对同一地区的遥感观测进行变化信息提取与动态分析。例如，RapidEye 卫星对地重访周期为 1d<sup>①</sup>，灾害监测星座 DMC 重访周期可缩短至 24h 以内，气象卫星重访周期更短，几个小时即可覆盖全球，而传统的人工实地调查往往需要几年甚至几十年时间才能完成地球大范围动态监测的任务。遥感的这种获取信息快、更新周期短的特点，有利于及时发现土地利用变化、生态环境演变、病虫害、洪水及林火等自然和人为灾害。

#### (三) 技术手段多样，可获取海量信息

遥感技术手段多样，可提供多维空间信息，包括地理空间（经纬度、高度）、光谱空间、时间空间等，可根据应用目的不同而选择不同功能和性能指标的传感器及工作波段。例如，可采用可见光及红外线探测物体，亦可采用微波全天候的对地观测。高光谱遥感可以获取许多波段狭窄且光谱连续的图像数据，它使本来在宽波段遥感中不可探测的物质得以被探测，如地质矿物分类和成图。此外，遥感技术获取的数据量非常庞大，如一景包括 8 个波段的 WorldView - 2 多光谱影像的数据量达 1G 左右，全色波段 2G 左右，融合后数据量可达约 16G，远远超过了用传统方法获得的信息量。

#### (四) 应用领域广泛，经济效益高

遥感已广泛应用于城市规划、农业估产、资源勘查、地质探测、环境保护和灾害评估等诸多领域，随着遥感影像的空间、时间、光谱和辐射分辨率的提高，以及与地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS）的结合，它的应用领域会更加广泛，对地观测也将随之步入一个更高的发展阶段。此外，与传统方法相比，遥感技术的开发和利用大大节省了人力、物力和财力，在很大程度上缩短了时间的耗费。据估计，美国陆地卫星的经济投入与所得效益大致为 1:80，获得了很高的经济效益和社会效益。

---

① 时间单位：“天”用“d”表示，“年”用“a”表示，“小时”用“h”表示，“分钟”用“min”表示，“秒”用“s”表示。全书同。



## 第二节 遥感地质学的性质、研究对象、内容及方法

### 一、遥感地质学的性质

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 20 世纪 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。

### 二、遥感地质学的研究对象

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。

### 三、遥感地质学的研究内容

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。

### 四、遥感地质学的研究方法

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

### 五、与其他学科之间的关系

遥感地质学和许多基础学科、应用技术和地学领域中的很多学科有着密切的关系。首先，研究地质体的电磁波谱就必须了解大气物理（光谱）学、岩石光谱学，以及天文学；由于要了解各类图像特征，必须掌握测量学、地图学及摄影技术等有关知识；在当前，图像目视解译方法还是遥感地质学的主要内容，因此，必须具备广阔而牢固的地质学（如岩石学、构造地质学、矿床学、水文地质学等）以及地貌学、地理学、土壤学、植被学等知识；为从遥感资料中获取更多的地质信息，必须进行图像光学增强处理和数字计算机处理，因此，遥感地质学与物理学、现代光学技术、计算数字、电子计算机技术、数理统计学和数学地质学关系十分密切。遥感地质工作程序和方法也和区域地质调查方法关系密切。

## 第三节 遥感科学和遥感地质学的发展历史与发展前景

### 一、遥感科学的发展阶段

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20世纪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、遥感地质学的发展前景

遥感地质学作为遥感科学的一个组成部分，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几个方面：

#### （一）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率、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（如无人机、地质专用卫星等），以及遥感数据资料的实时传输等。

#### （二）快速、经济、有效的地学信息处理、提取、分析方法

如地理信息系统、专家系统及新的图像增强处理方案的开发等。

#### （三）遥感技术在地质学已开展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，向模型化、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。

#### （四）遥感地学机理的研究

遥感地质学作为一门新的地学分支，在理论上、技术上、应用上正日趋成熟，其技术



长处和它在地质学中所起的作用，是其他地学学科所无法取代的。尽管在遥感平台、传感器、信息提取技术等方面仍有些不完善，但 21 世纪以来，遥感技术与遥感地质始终处于高速发展阶段，通过遥感技术的不断革新，在我国地学工作中它将继续发挥巨大的作用。

综上所述，高分辨率（高空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率）传感器、专业型小卫星群、遥感定量化和商业化是未来遥感发展的必然趋势。随着相关科学技术的迅猛发展，现代社会已经进入数字化、信息化时代，未来的航空、航天遥感每天将提供海量影像数据，这为遥感学科的发展提供了不可多得的机遇，但也面临着更大的挑战。未来的卫星遥感计划将尽可能地集多种传感器、多级分辨率、多谱段和多时相于一身，从而以更快的速度、更高的精度和更大的信息量来提供对地观测数据。