

第 30 届国际地质大会论文集



第 10 卷

# 地 学 新 技 术 方 法

郭 华 东   王 长 林   主 编



地 质 出 版 社

第 30 届国际地质大会论文集

第 10 卷

# 地学新技术方法

郭华东 王长林 主编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书为第30届国际地质大会论文集第10卷,内容主要包括遥感在地质调查和矿产勘查中的应用,遥感在水文、工程、环境及灾害调查中的应用,新型遥感对地观测技术,多源地学数据处理及地理信息系统,地质钻探技术,现代地学分析方法及测试仪器等方面,从不同方面反映了国际上地学新技术方法研究的新进展。

本书适合遥感、地矿、钻探、水文、地学分析方法和测试分析技术等领域的科研人员阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

地学新技术方法:第30届国际地质大会论文集 第10卷/郭华东,王长林主编.-北京:地质出版社,1998.12

ISBN 7-116-02682-7

I. 地… I. ①郭… ②王… III. ①地质调查-新技术-国际会议-文集 ②地质勘探-新技术-国际会议-文集 IV. P62-53

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第28731号

## 地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:刘学琼

责任校对:黄苏晔

\*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张:13 字数:304千字

1998年12月北京第一版·1998年12月北京第一次印刷

印数:1—500册 定价:30.00元

ISBN 7-116-02682-7

P·1942

(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)

# 第 30 届国际地质大会论文集

(中 文 版)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 陈毓川 | 赵 逊 | 张之一 | 主 编 |
| 项礼文 | 蔡爱莉 | 曹佑功 |     |

第30届国际地质大会论文集英文版共26卷,已由荷兰国际科学出版社(VSP)于1997年全部出版。中文版由第30届国际地质大会组织委员会编辑,地质出版社出版。

### 第30届国际地质大会论文集卷目

- 第1卷:地球的起源和历史
- 第2卷:地学与人类生存、环境、自然灾害
- 第3卷:全球变化
- 第4卷:岩石圈构造和深部作用
- 第5卷:现代岩石圈运动 地震地质
- 第6卷:全球构造带 超大陆的形成与裂解
- 第7卷:造山带 地质填图
- 第8卷:盆地分析 全球沉积地质学 沉积学
- 第9卷:21世纪能源矿产和矿产资源 矿床地质 矿产经济学
- 第10卷:地学新技术方法
- 第11卷:地层学
- 第12卷:古生物学 地史学
- 第13卷:海洋地质学 古海洋学
- 第14卷:构造地质学 地质力学
- 第15卷:火成岩岩石学
- 第16卷:矿物学
- 第17卷:前寒武纪地质学和变质岩石学
- 第18卷:化石燃料地质——石油、天然气和煤
- 第19卷:地球化学
- 第20卷:地球物理
- 第21卷:第四纪地质
- 第22卷:水文地质
- 第23卷:工程地质
- 第24卷:环境地质
- 第25卷:数学地质和地质信息
- 第26卷:比较行星学 地质教育 地质学史

# 前 言

第30届国际地质大会共有12个专题讨论会,“地学新技术方法”为专题讨论会之一。该专题讨论会分9个子专题会议,包括:地质钻探技术新进展,遥感在地质和矿产勘查中的应用,遥感用于水文、工程、环境、灾害和城市调查,新型遥感对地观测技术,多源地学数据处理及地理信息系统,现代地学分析方法与仪器,找矿现场快速和自动化分析,石油化探中的有机和无机成分分析及地质年代学中年代测定的新技术方法。

在第30届地质大会举办期间,数百名作者向本专题讨论会提交了100多篇论文。其中一部分论文选作大会报告,另一部分论文进行了展示。在此基础上,选择23篇论文结集为《地学新技术(New Technology for Geosciences)》,形成第30届国际地质大会论文集第10卷。英文版由荷兰国际科学出版社(VSP)出版。

本书为第10卷论文集的中文版。23篇论文的作者分别来自中国、俄国、美国、德国、日本、加拿大及印度等国家。这些文章在不同方面反映了国际上地学新技术方法研究的新进展。遥感领域方面的文章,展示了3个波段、4种极化的航天飞机成像雷达及多模式、多视角雷达卫星等雷达地质遥感的非凡作用与潜力;介绍了装载于和平号空间站,可同时获取高分辨率、多光谱和三维立体信息的集成式多光谱立体扫描仪所绘出的地质及地形综合信息;介绍了1998年将随对地观测系列卫星上天的高级热红外发射和反射辐射计对地质体进行精确探测,特别是定量估算二氧化硅含量的功能。多源数据及GIS方面的文章,对90年代两大革命性数据管理技术——大容量数据存储技术及网络技术进行了描述,介绍了7种DEM生成方法及全球DEM计划,强调指出对地质、地化、遥感、航磁、重力、地震数据开展综合分析及三维构模的重要性。钻探技术方面的文章,展示了现代钻探技术,包括:硬质合金复合片齿钎具这种新一代高效、低耗技术,对复杂地层岩心勘探的潜孔锤反循环钻进技术等。测试方法方面的文章,记述了多元素分析的先进手段——多离子计数,即火花源质谱仪分析技术,同时介绍了可给出几何信息及成分信息的新型电子扫描显微镜系统……它们在不同程度上代表了地学新技术方法研究的前沿。

该书是集体劳动的结晶。在她将付出版之际,编者借此机会向指导这一工作的第30届国际地质大会学术计划委员会主席陈毓川、孙枢、李廷栋先生,向张之一、蔡爱莉女士表示感谢,向为本书作出贡献的本专题讨论会各分专题的中方主席耿瑞伦、孙星和、王雪曼、孟庆章、殷宁万、李家熙、徐永昌、李献华同志和外方主席及本书所有作者致谢;向国外作者论文的中译者王长林、廖静娟、卢新巧、王翠珍、范湘涛、齐震、杨清友、肖建华、李骏飞和潘广东同志致谢;特别感谢论文的校定者王长林博士,他为本书出版付出了辛勤的劳动。

郭 华 东

1997年12月8日

# 目 录

## 前言

|                                                                                |                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 世纪之交的遥感方法 .....                                                                | A. V. Perisov (1)                                          |
| 热红外地质遥感 .....                                                                  | A. B. Kahle (6)                                            |
| 多波段多极化雷达的地质探测 .....                                                            | 郭华东 王长林 邵芸 廖静娟 (12)                                        |
| 雷达卫星的地质应用 .....                                                                | V. Singhroy (24)                                           |
| 组合式多光谱立体扫描仪 (MOMS) —— 应用于地质的新型遥感工具 .....                                       | J. Bodechtel Lei Qingxia (32)                              |
| 用模拟遥感数据估算岩石中 $\text{SiO}_2$ 的含量—— (以美国内华达州 Cuprite 岩石<br>锯开面测量的热红外光谱数据为例 ..... | Y. Ninomiya T. Matsunaga Y. Yamaguchi (44)                 |
| 卫星热红外调查在俄国 (欧洲部分) 地热分带中的作用 .....                                               | V. I. Gorny S. G. Kritzuk I. SH. Latypov A. A. Tronin (56) |
| 星载 SAR 图像用于探测唐家泊陨击构造的地质特征 .....                                                | 邵芸 石火生 郭华东 刘浩 (70)                                         |
| 集成遥感数据在以色列矿产勘探中的应用 .....                                                       | T. Wever M. Frei J. Bodechtel (77)                         |
| 利用干涉 SAR 数据提取 DEM—— 以新疆昆仑山 SIR-C 试验为例 .....                                    | 王超 郭华东 王长林 T. Farr G. Peltzer (88)                         |
| 岩石破裂实验的红外和微波辐射探测—— 地震预报的一种潜在遥感工具 .....                                         | 崔承禹 支毅乔 张晋开 邓明德 耿乃光 樊正芳 籍全权 王亭慧 (94)                       |
| 油气资源遥感的直接和间接方法 .....                                                           | 郭德方 张登荣 包绍华 谢青云 (105)                                      |
| 应用遥感-地理信息系统动态监测华北平原土地盐碱化及城镇扩展趋势 .....                                          | 孙星和 张传霞 江涛 (111)                                           |
| 访问多源多学科地学数据的支撑技术 .....                                                         | A. M. Hittelman (123)                                      |
| 地形的数字表示—— 对地球表面刻画的尝试 .....                                                     | D. A. Hastings P. K. Dunbar A. M. Hittelman (133)          |
| 印度德干高原玄武岩带地震影响区线性构造研究 .....                                                    | P. S. Kulkarni B. M. Karmarkar D. G. Chande (142)          |
| 用于生成彩色图像的分析扫描电子显微镜新系统 .....                                                    | T. Shoji K. Okaya S. Ono H. Kaneda M. Kojima (151)         |
| 用多离子计数火花源质谱仪分析地质样品多元素的新进展 .....                                                | K. P. Jochum H. J. Laue H. M. Seufert A. W. Hofmann (156)  |
| 多层异源地学信息集成系统分析 .....                                                           | O. L. Kouznetsov EU. N. Cheremisina (168)                  |
| 多金属结核参考样品中的贵金属浓度 .....                                                         |                                                            |

|                       |                                              |       |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------|
| .....                 | <i>V. Balaram K. V. Anjaiah S. L. Ramesh</i> | (173) |
| 中国现代地质钻探技术 .....      | 耿瑞伦                                          | (180) |
| 硬质合金复合片齿钎具在中国问世 ..... | 张汉斌 张国樾                                      | (187) |
| 潜孔锤反循环钻进技术及应用 .....   | 殷琨 蒋荣庆                                       | (197) |

# 世纪之交的遥感方法

A. V. Perisov

(Russian National Institute of Remote Sensing Methods for Geology,  
Birzhevoy proezd, 6, 199034, Saint-Petersburg, Russia)

**摘要** 20 世纪 50 年代以前, 遥感地质调查以航空图片的目视判读为主, 随后出现了全电磁波谱段的数字影像解译方法。80 年代以来, 多相数据的计算机处理技术开始发展, 已成为当代遥感方法的发展方向, 运用该项技术可以获取空间信息、处理和解译子系统并加以分析, 并对 21 世纪地质研究中遥感方法发展的方向进行了探索。

**关键词** 遥感 应用 地质制图 预测 矿物沉积 碳氢化合物 地学数据库 GIS 技术

地质遥感方法始于 20 世纪 40 年代, 主要是利用大、中比例尺的航空图片进行目视解译, 以便获取露头较好区的地质构造信息。在原苏联科学院空间方法实验室 (LAEM, 现为 VNIKAM) 和航天航空地质联合托拉斯 (VAGT, 现为 SSPE) 首先开展了这种研究方法。他们在航空图片的基础上, 对比分析和野外调查, 根据显示图像上的地质构造信息, 进行地质制图和矿物资源勘探。后来这些方法又应用到星载遥感图像中, 如应用到可见光、热红外和雷达图像<sup>[2,3,6]</sup>中。

进入 80 年代, 地质遥感方法出现了质的飞跃, 主要表现在: (1) 能够以数字记录方法获取空间信息; (2) 能够利用计算机处理地表图像; (3) 能够利用 GIS 将多源数据结合分析, 如对遥感、地球物理、地球化学和地质数据进行分析。

新一代工程遥感以数字形式记录, 可获取机载或星载遥感电磁波谱中不同波段的信息, 如获取可见光、近红外、热红外和微波波段的信息, 并且有低 (1000 m)、中 (600~30 m) 和高 (10~2 m) 三种空间分辨率。另外, 被动遥感可获取频段很宽的回波信号, 而主动遥感, 尤其是雷达遥感, 可记录不同极化状态的数据。

遥感数据处理过程中, 计算机方法 (软件及硬件) 可提供几何及辐射校正、地理编码、地形投影以及不同谱段的数据集成及转换, 因而更有利于地质构造解译。

由于计算机技术具有多源数据集合分析的能力, 专家们可以将遥感、地球物理、地理和地质数据建成一个大规模数据库。这些数据可以通过 GIS 结合起来, 对自然环境建立模型, 并以此来解决地质问题。

21 世纪地质遥感的发展方向与它在 20 世纪的进步与发展息息相关, 并与整个遥感方法的研究相结合, 成为一个联合发展的遥感系统。

遥感系统的范围决定于它的输入和输出量。输入量包括: ①地表及内部自然或人工地物反射和辐射场; ②与地质体有关的自然环境和物理场的经验理论分析。输出量为遥感数

据库及其专题图、地质图等（图 1）。

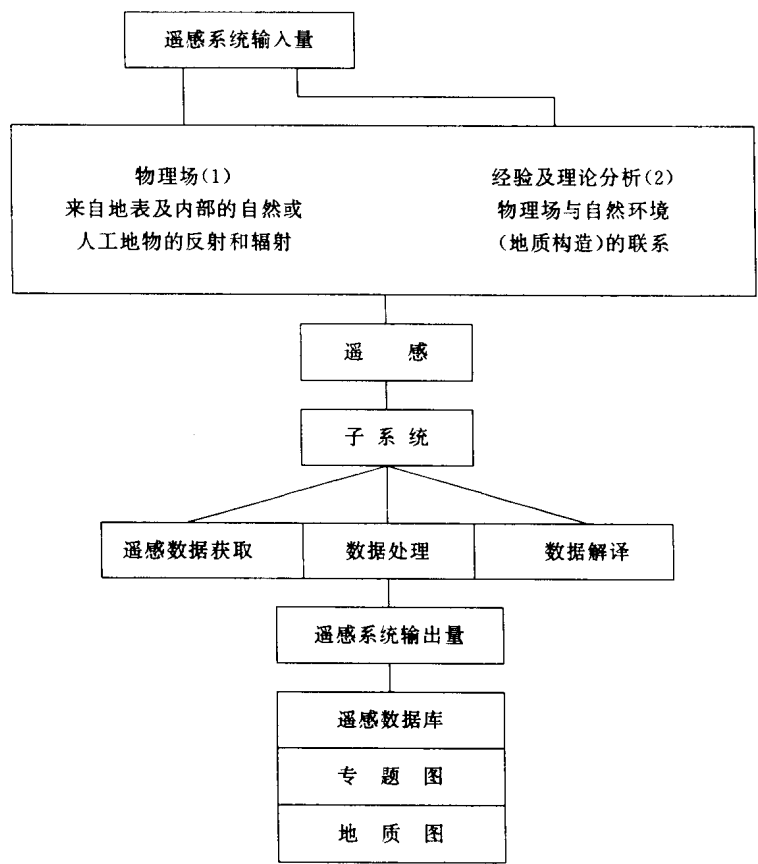


图 1

遥感数据库中，“事实”与“解译”是有区别的两个量，“事实”是以数字和逻辑形式存在的归一化遥感地物，来自公式化的数据处理；“解译”将地质、地理和其它信息结合起来，是对“事实”的目视或交互分析结果。遥感数据库作为一个独立的专题层加到地质专题信息数据库中，对“事实”进行解译，形成地质图。

总的来说，遥感数据（RSD）应用于地质研究，是一个遥感数据获取、处理和分析的交互过程。遥感系统可分为三个子系统，即遥感数据获取，遥感数据处理和遥感数据解译。

光学传感器（模拟），扫描仪（数字）和雷达（数字）系统是获取遥感数据时常用的传感器，它们可提供电磁波谱中不同谱段的地面信息，而且不同谱段的传感器获取的地貌及其光谱特征信息也是不同的（表 1）。

当代数据获取子系统的发展方向大体为空间分辨率的提高（光谱仪、扫描仪和雷达），光谱分辨率的提高（扫描仪）和电磁波谱的适用范围变宽、极化类型变多（雷达）。

因此，21 世纪数据获取子系统也应顺延以上发展方向。高空间分辨率（小于 1 m）和高光谱分辨率（小于 5 nm）的多光谱扫描仪的发展势在必然，因为在可见光和近红外波段，

表 1 遥感系统在不同范围获得的信息

| 电磁波波谱范围 | 获 取 信 息                       | 遥 感 类 型 |
|---------|-------------------------------|---------|
| 可见光、近红外 | 地表物体的光谱特征、地貌图像和数字地形图 (DEM) 调查 | 光谱仪和扫描仪 |
| 热红外     | 地表温度场参数                       | 热调查     |
| 微波      | 微波地表散射特征、地貌图像和数字地形图 (DEM)     | 雷达调查    |

地貌信息仅直接来自太阳辐射，而在植被覆盖区低矮的灌木丛、草丛，尤其是土壤层被树木掩盖，太阳辐射少，很难获得信息。微波雷达的回波信号则反映了地表不同地物的信息，例如厘米波的反射来自树叶，分米波来自枝干，而植被对米波是完全透明的。另外，米波还可穿透地表，获取地下构造特征信息。例如，图 2 为中亚地区厘米波雷达图像，用以探测地表特征；图 3 为同一地区的米波雷达图像，反映了地下特征。图中的黑色条带表明该区极高的湿度和地表水含量。可见光及近红外遥感只适用于白天无云的天气条件，受大气阻碍的影响较大。微波遥感是全天时、全天候遥感，不受大气影响，因此，微波遥感具有极大的优越性。

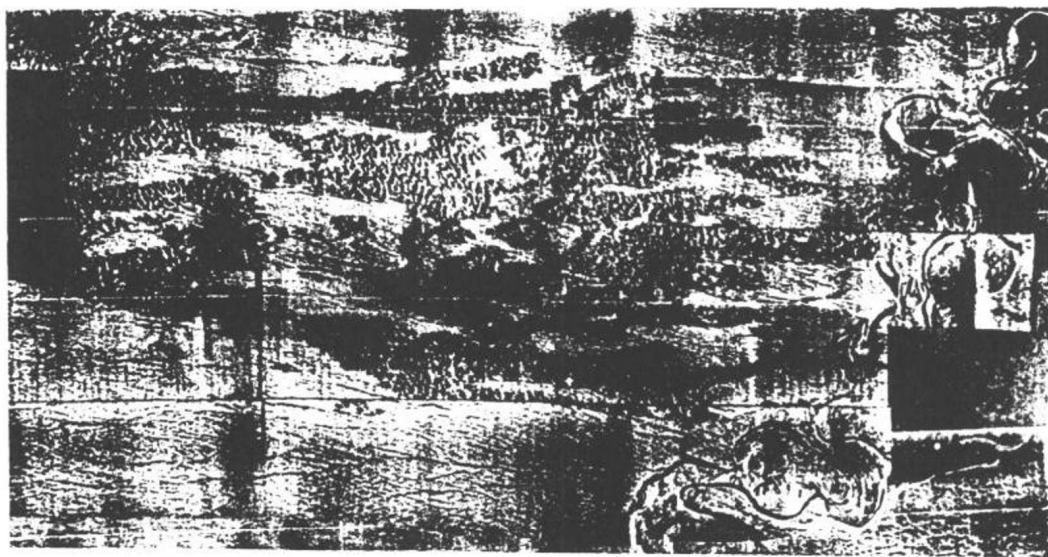


图 2 Barchans 沙漠的雷达图像 (波长 4 cm)

与光谱仪相比，雷达系统的空间分辨率较低，但近年来通过合成孔径的研究已得到改善。在合成孔径雷达中，间隔极小的辐射信号相干、相加，形成与大孔径雷达辐射类似的脉冲，空间分辨率可达米级。

热红外遥感数据经过气象定标等特殊处理，可进行地球内部的热对流带制图、探测大范围地热带以及地壳中的热源。因此，热红外数据可提供地壳深层构造信息。现在，利用



图3 Barchans 沙漠的雷达图像 (波长 2.5 m, 黑色条带是增强的湿度带和地下水带)

遥感数据处理子系统, 已经解决了许多难点问题, 它的发展必将与计算机工程硬件及软件的发展结合起来。

在遥感数据解译子系统中, 首先需要建立自然环境特征。除确定地表参数特征之外, 地质分析模型是地质解译工作的先决条件。遥感数据解译子系统的发展应该与计算机专家系统结合起来, 以积累高水平地质专家的学术知识。另外, 遥感数据库还应包括常规知识和尚未定论的探索性研究, 这样可大大增强计算机系统探测地质特征及矿产资源的有效性。与其它计算机系统相比, 专家系统对输入数据并不特别敏感, 以容许不同地物特征信号的差异。同时分析定性和定量地物特征信号可将多相数据有效结合起来, 以充分利用整个遥感系统。

## 结论

从以上分析可以探索 21 世纪遥感方法的发展:

(1) 遥感数据处理子系统中, 多波段雷达系统不受气候条件影响, 可以提供特定时间的大量数据, 因此必将迅速发展起来。热红外遥感系统的空间分辨率和温度分辨率将得到提高, 以探测深层地下构造。光谱仪和扫描仪的分辨率已达到极点, 但仍将用于植被覆盖区的地质构造研究以及土地利用、地籍和自然环境调查中。

(2) 遥感数据解译子系统中, 计算机专家系统将逐渐发展起来, 充分利用高水平地质专家的学术知识, 建立地质分析模型, 解决大范围地质难题。

与俄罗斯联合地质调查局合作, VNIKAM 已经建立了以下遥感方法:

(1) 利用星载及机载多波段、多极化合成孔径雷达, 研究地质构造和地下结构, 分析

岩石矿物组成和物理特征。

(2) 利用星载和可见光、近红外、热红外高光谱扫描仪, 对地物波谱空间分布的定标分析, 探测地质体的物理特征。

(3) 在遥感数据解译子系统中, 利用高水平专家的学术知识, 建立计算机专家系统, 以进行地质制图和矿床沉积、钻石、油气及地下水勘探。

(王翠珍译 王长林校)

## 参 考 文 献

1. K Y Kondratev, V V Kozodorov, P P Fedchenko, A G Topchiev. 1990. Biosphere: Methods and Results of Remote Sensing. Moscow: Nauka
2. B N Mozhaev, N F Afanasev, V I Astakhov et al. . 1984. Geoindication Modelling (by use of aerospace surveys materials). Leningrad: Nedra
3. B N Mozhaev. Place of Remote Sensing in Geologic Researches. Russian: National Geology, 1994. 6, 12~21
4. A V Pertsov. 1992. Remote Sensing from Research to Operation Proceedings of the 18th Annual Conference of RS Society. University of Dundee, 129~146
5. A V Pertsov. 1995. State-of-the Art and Development Trends of the Methodology of Aerospace Geological Researches. Earth. Obs. Rem. Sens., 13, 225~230
6. A V Pertsov. 1996. Development of remote sensing methods at LAEM-VNIKAM. Russian: National Geology, 6, 3~11
7. V A Sadovnichiy (Ed.). 1992. Remote Sensing of Natural Resources. Moscow State University

# 热红外地质遥感

A. B. Kahle

(Jet Propulsion Laboratory, 4800 Oak Grove Drive, MS 183-501, Pasadena, CA 91109)

## 1 引言

多年来,许多研究者已认识到多光谱热红外遥感在地质研究中具有很大的应用潜力,对各种机载传感器数据进行的分析也证实了这点。然而,由于普遍缺乏数据源,故对这种潜力的认识还很有限。但随着 1998 年即将发射的高级热发射及反射辐射计(Advanced Thermal Emission and Reflection Radiometer, ASTER)这种情况将会有所改变。

## 2 ASTER 仪器

ASTER 是由日本国际贸易工业部(MITI)提供的一部研究系统仪器,它将装载在 NASA,并于 1998 年发射的对地观测系统(EOS)AM-1 平台上<sup>[1,18]</sup>。ASTER 有 3 个可见光和近红外(VNIR)波段,6 个短波红外(SWIR)波段及 5 个热红外波段,分别具有 15 m, 30 m 和 90 m 的地面分辨率。表 1 列出了该仪器的特性。

ASTER 是第一部具有适合地质应用的空间和光谱分辨率的星载多光谱热红外仪。对于热数据,可以得到地表温度和地表光谱发射率。发射率可以用于地表岩性制图,温度数据可用于对地表物质的热惯量研究及与火山作用水动力有关的热过程的研究。

EOS 仪器将分别提供大量的高质量数据产品,而 ASTER,可提供传感器辐射率、地表动力温度及有限的数字高程图。

## 3 理论背景

ASTER 热通道要测量的物理量是到达飞行器的(定向性)光谱辐射率。假设地球表面为一个温度不变的理想黑体,并且不受大气的干扰,则辐射率可由 Planck 定律给出:

$$L_{bb}(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2/\lambda T) - 1]} \quad (1)$$

式中:  $C_1$ ——第一辐射常数  $= 3.74 \times 10^{-16} \text{ m} \cdot \text{K}$ ;  $C_2$ ——第二辐射常数  $= 0.0144 \text{ m} \cdot \text{K}$ 。对于实际物质,辐射率可由光谱发射率  $\epsilon_\lambda$  修正,因此,发射辐射( $R$ )为:

$$R(\lambda, T) = \epsilon_\lambda L_{bb}(\lambda, T) \quad (2)$$

到达卫星的辐射率可用大气的发射、衰减和散射来修正,所测的  $L_{sc}(\lambda, T)$  的值可由下式得出:

$$L_{sc}(\lambda, T) = [\epsilon_\lambda L_{bb}(\lambda, T) + (1 - \epsilon_\lambda) L_{A\downarrow}(\lambda)] \tau_{A\lambda} + L_{A\lambda} + L_{A\uparrow}(\lambda) \quad (3)$$

式中： $L_{A\downarrow}$ ——经过大气发射和散射而入射到地球表面的光谱辐射率； $L_{A\uparrow}(\lambda)$ ——到达传感器的大气光谱辐射率； $\tau_{A\lambda}$ ——光谱大气透射率。

表 1 ASTER 基本工作要求

| 子系统             | 波段编号 | 光谱范围/ $\mu\text{m}$ | 辐射分辨率        | 绝对精度                       | 空间分辨率 | 信号质量水平/bit |
|-----------------|------|---------------------|--------------|----------------------------|-------|------------|
| VNIR            | 1    | 0.52~0.60           | $\leq 0.5\%$ | $\leq 4\%$                 | 15 m  | 8          |
|                 | 2    | 0.63~0.69           |              |                            |       |            |
|                 | 3    | 0.78~0.86           |              |                            |       |            |
| SWIR            | 4    | 1.600~1.700         | $\leq 0.5\%$ | $\leq 4\%$                 | 30 m  | 8          |
|                 | 5    | 2.145~2.185         | $\leq 1.3\%$ |                            |       |            |
|                 | 6    | 2.185~2.225         | $\leq 1.3\%$ |                            |       |            |
|                 | 7    | 2.235~2.285         | $\leq 1.3\%$ |                            |       |            |
|                 | 8    | 2.295~2.365         | $\leq 1.0\%$ |                            |       |            |
|                 | 9    | 2.360~2.430         | $\leq 1.3\%$ |                            |       |            |
| TIR             | 10   | 8.125~8.475         | $\leq 0.3\%$ | 1K~3K                      | 90 m  | 12         |
|                 | 11   | 8.475~8.825         |              |                            |       |            |
|                 | 12   | 8.925~9.275         |              |                            |       |            |
|                 | 13   | 10.25~10.95         |              |                            |       |            |
|                 | 14   | 10.95~11.65         |              |                            |       |            |
| 立体基高比           |      |                     |              | 0.6（沿迹向）                   |       |            |
| 幅照宽度            |      |                     |              | 60 km                      |       |            |
| 交叉轨迹方向点覆盖总数     |      |                     |              | 232 km                     |       |            |
| Nyquist 频率的 MTF |      |                     |              | 0.25（交叉轨迹方向）<br>0.20（沿迹方向） |       |            |
| 峰值数据比           |      |                     |              | 89.2 Mb/s                  |       |            |
| 质量              |      |                     |              | 406 kg                     |       |            |
| 峰强度             |      |                     |              | 726 W                      |       |            |

在  $L_{sc}$  中, 地质学家最感兴趣的信息是地表的光谱发射率,  $\epsilon_\lambda$  和温度  $T$ 。要导出这些变量, 首先必须决定大气对传感器所接收的辐射率的影响。对于 ASTER, 将利用大气辐射传输模型 (MODTRAN) 和装载在 EOS 上的其它传感器的温度水蒸气和臭氧的大气剖面而得到; 如果没有这些, 用其它数据源也可以。一旦经过大气校正, 并计算出地表的发射辐射率  $R(\lambda, T) = \epsilon_\lambda L_{bb}(\lambda, T)$ , 则可求出光谱发射率和温度。然而, 该解并非完全确定, 对于单一的多光谱测量, 一个解总有 2 个未知量。依次类推, 对于  $n$  个通道的扫描, 有  $n$  个  $R(\lambda, T)$  值, 并有  $n+1$  个未知量, 即  $n$  个  $\epsilon_\lambda$  值之和。因此, 要决定地表温度和光谱发射率, 必须引入一些其它信息。

ASTER 科学队根据已有的几个方法<sup>[3]</sup>, 找出了一种决定这些变量的新算法 (TES)。TER 算法从 TIR 数据开始, 该数据已校正为大气透射率和路径辐射率 (ASTER 标准产品

AST09, Land-Leaving TIR 辐射率或  $L'$  [12])。在 TES 中, 第一步是利用归一化发射率方法 [2,13], 通过  $L'$  估测发射率。首先利用近似的发射率值和 Kirchhoff 定律估测反射  $L_A$ , 得到的  $L'$  值, 从  $L'$  中减去该值即可反复估测发射辐射率  $R$ 。通过  $R$  值则可算出温度  $T$ 。通过  $T$  和  $R$ , 利用波段比值技术 [17], TES 可算出没有偏差的光谱形状估测值, 该估测值仅有形状, 没有发射光谱的振幅。第二步, 根据最小发射率值和整个发射率值范围 (最大和最小值) 的经验关系以及比值发射率, 利用回归决定发射率 ( $\epsilon$ ) 光谱的振幅。当计算出实际发射率后, 再通过这些值和  $R$  计算地表温度。最后, 根据测量数据和 TES 所得的数据, 用校正算法精确校正估测值。

#### 4 地质解译

实验研究已得出许多矿物和岩石的热红外光谱波段, 见参考文献 [5~6, 9~16], 并显示出这些光谱特征的位置、强度和形式都随着成分和晶体结构出现有规律的变化。所有硅酸盐光谱的最强波段都出现在  $8\sim 16\ \mu\text{m}$  之间 (剩余射线效应)。随着晶格连结强度增加, 光谱特征表现为波长变短 [5,16], 图 1 给出了波谱位置和硅酸盐矿物结构之间的这种关系。图 2 中显示的某些火成硅酸盐岩石的光谱发射率就是由这些矿物构成的, 并可见到波长随着岩石类型 (长英质至超镁质) 出现有规律的更替。图 3 对这些光谱特征进行了总结。

碳硫化物、磷酸盐和氧化物是在沉积岩和变质岩中, 风化和蚀变地区常常出现的另一

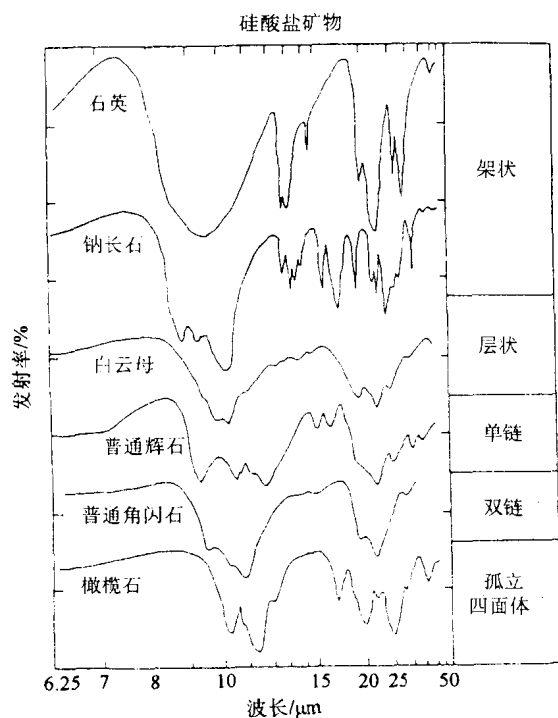


图 1 波谱位置和碳酸盐矿物结构之间的关系

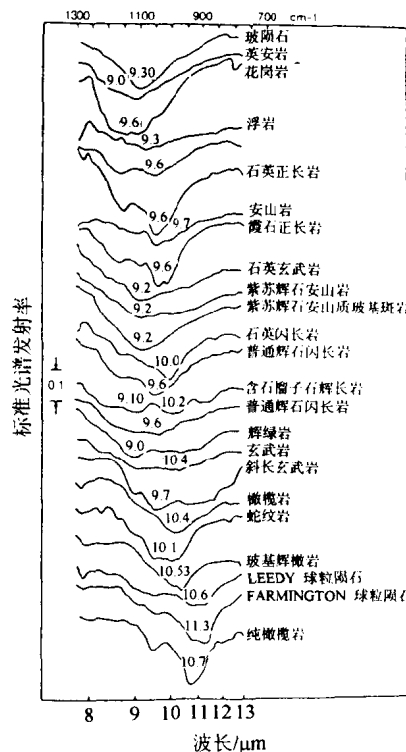


图 2 某些火成硅酸盐岩石的光谱发射率

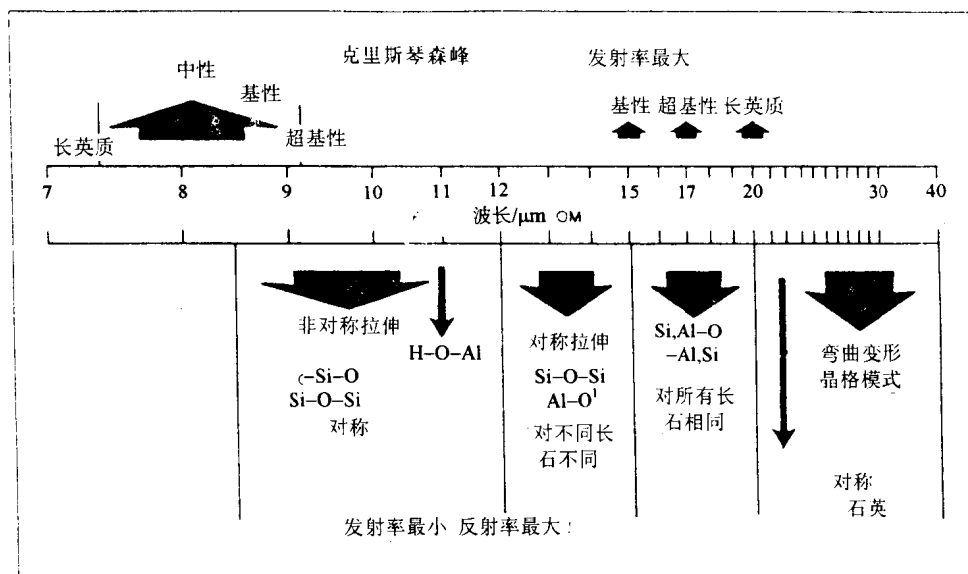


图 3 硅酸盐的透射和反射光谱位置示意图

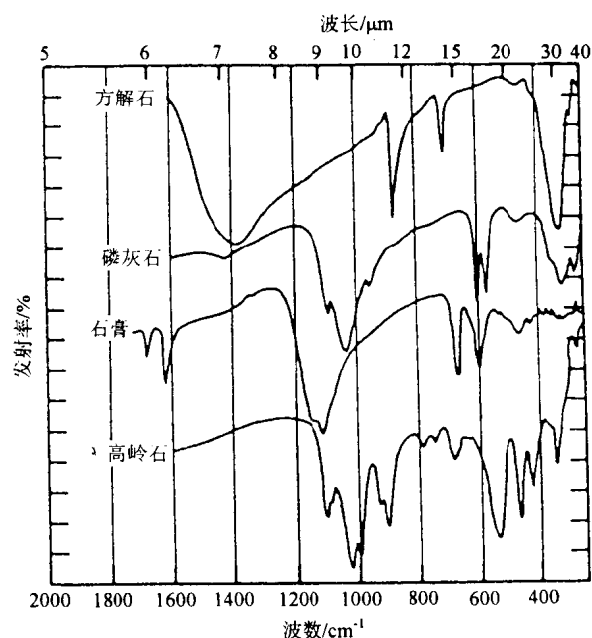


图 4 陆地遥感中常见非硅酸盐的代表性矿物的热红外透射光谱

些重要矿物。图 4 显示了它们中的代表性矿物的光谱。

ASTER 的热通道将提供许多岩石和矿物，尤其是硅酸盐的信息，其它的通道将提供岩石和矿物的可见光和近红外 (VNIR)，以及短波红外 (SWIR) 的光谱实用信息。这些波长的光谱主要以铁氧化物 (VNIR) 和碳酸盐粘土矿物 (SWIR) 为主，因此 ASTER 仪器可