



遥感信息提取及 地质解译

韩 玲 杨军录 陈劲松 著



科学出版社

遥感信息提取及地质解译

韩 玲 杨军录 陈劲松 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以遥感地质矿产勘查为主线,提出了以遥感信息提取为主导的遥感地质工作思路和地质解译方法。并以新疆西天山阿吾拉勒成矿带、内蒙古浩尧尔忽洞地区金成矿、新疆阿舍勒铜锌矿区开展的多光谱遥感找矿工作,介绍了遥感地学信息提取、遥感矿化蚀变信息提取、多源信息复合解译、综合多源信息成矿预测等研究方法和模型。开展了结合地形特征的面向对象的多尺度影像分类方法研究和实践。结合北山方山口—老金场和东昆仑纳赤台地区高光谱遥感地质调查项目,介绍了典型区域CASI/SASI/TASI 航空高光谱遥感数据获取、调查方法试验研究和矿物填图示范,建立了航空高光谱遥感调查方法技术体系。

本书可供遥感地质专业的研究生和遥感地质勘查工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

遥感信息提取及地质解译/韩玲, 杨军录, 陈劲松著. —北京: 科学出版社, 2017

ISBN 978-7-03-052854-4

I. ①遥… II. ①韩… ②杨… ③陈… III. ①遥感技术-应用-地质学 IV. ①P627

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 110702 号

责任编辑: 焦 健 韩 鹏 姜德君 / 责任校对: 彭珍珍
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

*

2017 年 6 月第 一 版 开本: 287×1092 1/16

2017 年 6 月第一次印刷 印张: 17 1/4

字数: 393 000

定价: 188.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

面向 21 世纪的地质工作正在走出仅仅面向基础地质和矿产调查的单一模式,充分利用现代空间高新科学技术,发挥空间信息技术在野外数据采集、信息处理、图像解译、计算机制图和数据管理中的优势,更好、更快、更全面地向社会提供基础决策信息。遥感地质作为实现我国地质工作现代化的一种先进的方法技术,在区域地质调查、矿产勘查及预测、生态地质和环境地质调查中发挥着日益重要的作用。

以岩石学理论为基础,以遥感技术为手段,结合图像处理技术提取和识别岩石信息,是区域遥感地质填图的关键技术。用遥感地质方法研究岩石地层划分及其空间分布规律,利用遥感影像进行地层分析,可以将岩石地层光谱反射率定量分析和影像层序结构分析等方法,应用于地层剖面的划分研究和地层空间分布的解译和填图。

遥感图像真实、形象、直观地展现了地壳运动的构造形迹和空间格架,为区域构造地质研究和填图提供了多层次、多比例尺和多信息源的构造景观图像。遥感构造分析是以现代构造地质理论为基础,以影像构造地质信息为依据进行区域构造分析的一种研究方法。其基本特点是能够从表层到深部、从静态到动态、从单一信息到多学科信息对区域构造进行综合分析。

利用遥感技术找矿主要是利用遥感影像记录的构造、矿化蚀变、岩性等信息来进行综合分析研究,从而有针对性地指导找矿工作。遥感探测的信息主要为地表物质的光谱信息,不同的矿床所反映的地表光谱特征是不同的,在遥感影像上能表现出明显的差异。矿化蚀变信息的提取是遥感地质信息提取中的一项重要内容。无论是对于出露一定面积的蚀变异常还是矿体隐伏出露的蚀变岩,当蚀变信息达到一定强弱程度时,就能被遥感影像获取并识别利用。

高光谱技术是对地观测的高新技术之一,在地学领域具有广泛的应用前景。该技术已开始应用到地质与矿产资源调查、环境污染与生态检测和防治、土地资源和水资源利用与管理等领域。高光谱技术的发展已促使地学研究的范围、尺度、内容和研究方法发生革命性的变化,其与地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)技术的结合,为地学研究源源不断地提供高精度定位、高频度、多频谱不同级次的宏观影像,极大地拓宽了人类的视野和视觉能力,使人类真正能够从总体上把地球作为一个统一的系统加以分析,在不同级次上揭示地球各个圈层的相互联系和相互作用。

随着高光谱应用技术的不断深入,以及对地物精微特征探测的需求,传感器更加趋向于朝高光谱分辨率、更高空间分辨率及更大幅宽方向发展。利用高光谱仪所获取的海量数据,可以提供更为精细的地表信息,实现采用宏观手段对地表微观特征进行识别与研究,使人们可以在不同领域分别得到相关的、丰富的地物内在信息,促使地学研究将空间尺度的信息与地学机理有机结合,实现遥感地学应用的综合与模型化。高光谱传感

器不断推陈出新,使遥感技术具备了网格化、系统化与工程化的特点。

高光谱数据处理模块与软件不断业务化和商业化,在数据获取、辐射定标、光谱重建、数据处理、地物识别等方面取得了很大的进步,发展了多种辐射校正、光谱重建、波形分析、光谱识别、定量反演等方法;在地质制图、固体矿产和油气调查、大气探测、植物长势监测和农业估产、环境监测、海水有机物探测等方面都取得了明显成效。

在矿产与能源调查领域,高光谱技术日益受到国外各大矿业公司的重视。其作用主要体现在以下两个方面:第一,随着矿产调查难度的增大,高光谱技术正逐步进入勘查前期的主流程,用于缩小找矿靶区,提高勘查效率和减低勘查风险。第二,普遍关注由采矿活动引起的环境污染问题,充分利用高光谱技术直接对矿山开发环境进行评估和监测。

随着高光谱预处理技术与信息提取技术的进一步发展,将来的高光谱技术可以将算法与应用模型等嵌入传感器中,直接向不同应用层次的用户提供所需要的产品,及时快速满足用户的应用需求,为用户省去许多不必要的中间环节。高光谱遥感未来的应用模式,直接为用户提供丰富多彩的信息产品,满足不同层次用户的需求。

笔者通过主持教育部博士学科点基金项目(博导类)(2009025110004)、国家科技支撑计划子课题(2011BAB01B05),以及主持或参与的国家地质调查项目等多个项目研究,取得了遥感信息提取和地质解译系列成果,主要包括:针对不同遥感数据源的特点,结合研究区的具体情况,提出了遥感数据预处理的多种方法;针对研究区的地质特征,提出了多种不同的遥感信息提取及分类方法,并进行地质解译及成矿预测,针对高光谱数据的特点,提出了高光谱数据处理方法,完成了高光谱遥感蚀变矿物异常信息提取及工作区岩、矿石光谱测量工作。

本书由长安大学韩玲教授的团队和中国地质调查局西安地质调查中心杨军录教授级高级工程师的团队共同完成。第1~3章、第5章由韩玲撰写,第4章、第6章由韩玲、陈劲松撰写,第7章由杨军录、杨敏撰写,全书由韩玲统稿。在本书的撰写过程中,得到了长安大学姜常义教授、刘建朝教授、汪帮耀老师、张海东老师,以及研究生张健、张金钟、刘志恒、王文娟、张若兰、孙朝印、陈鲁皖、吴婷婷、张庭瑜、张延成、王源源、宁昱铭等的帮助,在此一并表示感谢。

本书得到地理信息工程国家重点实验室长安大学合作部、国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室的支持,在此一并表示感谢。

本书在撰写过程中吸收和借鉴了前人的既有成果,对于引用的资料,本书在参考文献中已注明,但难免有所疏漏,在此谨请各位先学海涵和谅解。

由于笔者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

韩 玲

2016年10月于西安

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 遥感技术在地学中的应用进展	1
1.2 遥感地质学的发展趋势	3
1.3 主要研究内容及技术路线	4
1.4 小结	6
第 2 章 遥感信息提取及遥感地质解译常用数据源	7
2.1 Landsat 卫星数据	7
2.1.1 Landsat 卫星数据简介	7
2.1.2 产品特征及应用范围	7
2.2 Terra 卫星 ASTER 数据	9
2.2.1 ASTER 数据简介	9
2.2.2 产品特征及其应用范围	10
2.3 资源三号测绘卫星 (ZY-3)	11
2.3.1 资源三号测绘卫星 (ZY-3) 数据简介	11
2.3.2 产品特征及其应用范围	11
2.4 国产高分辨率对地观测卫星高分 I 号	12
2.4.1 高分 I 号数据简介	12
2.4.2 产品特征及其应用范围	13
2.5 国产高分辨率对地观测卫星高分 II 号	14
2.5.1 高分 II 号数据简介	14
2.5.2 产品特征及其应用范围	15
2.6 高分辨率卫星 WorldView-2	17
2.6.1 WorldView-2 数据简介	17
2.6.2 产品特征及其应用范围	17
2.7 QuickBird 卫星	18
2.7.1 数据简介	18
2.7.2 产品特征及其应用范围	18
2.8 机载高光谱数据	20
2.8.1 CASI/SASI 成像光谱仪性能参数	20
2.8.2 机载高光谱技术应用的特点及地质应用的关键点	21
2.9 小结	24
第 3 章 遥感影像预处理及影像制图	25
3.1 遥感影像几何校正	25
3.1.1 地面控制点的选取与多项式校正模型	25

3.1.2 影像重采样	26
3.2 遥感影像辐射校正	26
3.3 遥感图像处理及影像制图	27
3.3.1 遥感图像融合及增强	27
3.3.2 图像镶嵌	28
3.4 小结	30
第4章 新疆阿吾拉勒成矿带铁矿化蚀变信息提取及遥感地质解译	31
4.1 研究区概况	31
4.2 研究区遥感影像预处理	32
4.2.1 研究区遥感影像几何校正	32
4.2.2 研究区遥感影像辐射校正	35
4.2.3 地形对辐射校正的影响	40
4.2.4 研究区地形辐射校正	45
4.3 遥感影像成矿构造信息的提取与分析	59
4.3.1 遥感影像成矿构造概述	59
4.3.2 成矿构造信息提取	60
4.4 遥感蚀变信息提取与研究区蚀变矿物光谱特征研究	65
4.4.1 矿物反射光谱原理	65
4.4.2 矿物反射波谱的影响因素	66
4.4.3 岩石的反射波谱特征	67
4.4.4 研究区岩矿光谱特征	68
4.4.5 面向对象的岩性解译	74
4.5 铁矿化蚀变信息增强方法研究	79
4.5.1 ETM+与 ASTER 数据光谱特征分析	79
4.5.2 遥感影像蚀变干扰因素剔除处理	86
4.5.3 铁矿化蚀变信息增强方法	94
4.6 铁矿化蚀变信息分级提取方法研究	101
4.6.1 分级提取方法概述	101
4.6.2 分级提取方法研究	102
4.6.3 研究区蚀变分级提取研究	106
4.7 铁矿化蚀变信息异常后处理及成矿预测	115
4.7.1 铁矿化蚀变信息的筛选	115
4.7.2 遥感综合信息分析应用	125
4.8 小结	129
第5章 内蒙古浩尧尔忽洞地区金成矿遥感地质解译	131
5.1 研究区概况	131
5.1.1 研究区地理特征	131

5.1.2 研究区地质特征	131
5.2 研究区遥感影像预处理	134
5.2.1 Landsat 8 影像预处理	134
5.2.2 资源三号测绘卫星高分辨率影像预处理	139
5.2.3 地质图处理	145
5.3 研究区遥感地质解译	145
5.3.1 地貌水系解译	145
5.3.2 地层解译	147
5.3.3 构造解译	148
5.3.4 水系与构造的关系研究	159
5.3.5 地质构造与成矿关系研究	160
5.4 遥感影像分类	162
5.4.1 基于像元的遥感影像分类方法	162
5.4.2 面向对象的遥感影像分类方法	162
5.4.3 遥感影像预处理	169
5.4.4 纹理特征提取	173
5.4.5 遥感影像分类实验	176
5.4.6 面向对象方法与基于像元方法比较	184
5.5 小结	184
第 6 章 新疆阿舍勒铜锌矿区及外围遥感地质解译	186
6.1 研究区概况	186
6.1.1 区域地质背景	186
6.1.2 矿区地质特征	189
6.2 遥感影像预处理	190
6.3 构造解译	190
6.3.1 断裂构造	190
6.3.2 环形构造	192
6.3.3 构造解译	194
6.4 地层解译	195
6.5 小结	197
第 7 章 机载高光谱数据处理与应用	198
7.1 研究区概况	198
7.1.1 地质概况	198
7.1.2 工作区矿产地质特征	201
7.2 机载高光谱数据的获取	204
7.2.1 CASI/SASI 成像光谱仪的实验室定标	204
7.2.2 仪器设备与安装测试	205

7.2.3	飞行计划及技术参数确定	205
7.2.4	数据获取	206
7.3	研究区数据预处理	207
7.3.1	系统辐射校正	207
7.3.2	几何校正	207
7.3.3	反射光谱重建	207
7.4	蚀变矿物信息提取	208
7.4.1	影像端元光谱提取+相似性识别方法	209
7.4.2	光谱吸收特征提取与相似度计算方法	212
7.5	地面光谱测量与光谱分析	214
7.5.1	光谱测量仪器的技术参数	214
7.5.2	岩矿光谱数据采集	215
7.5.3	岩矿光谱数据分析原理	218
7.5.4	光谱测量质量评述	223
7.6	工作区蚀变矿物光谱特征研究与高光谱异常验证	232
7.6.1	岩矿光谱测量分析	232
7.6.2	航空高光谱遥感异常地面验证	242
7.6.3	热液蚀变矿物光谱规律总结	253
7.7	小结	254
参考文献		256
附录 遥感信息提取及遥感地质解译常用数据源参数表		259

第1章 绪 论

1.1 遥感技术在地学中的应用进展

面向 21 世纪的地质工作正在走出仅仅面向基础地质和矿产调查的单一模式,充分利用现代空间高新科学技术,发挥空间信息技术(SIT)、遥感(RS)技术、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS),在野外数据采集、信息处理、图像解译、计算机制图和数据管理中的优势,更好、更快、更全面地向社会提供基础决策信息。遥感地质作为实现我国地质工作现代化的一种先进的方法技术,在区域地质调查、矿产勘查及预测、生态地质和环境地质调查中发挥着日益重要的作用。

遥感技术为人类观测地球表层系统的岩石圈、大气圈、水圈、生物圈各圈层之间的动态变化、相互作用、相互关系提供了全面系统、快速准确的信息获取手段。RS、GIS、GPS 为地学提供了全新的研究手段,促进了地学的研究范围、内容和方法的重大进展,标志着地学信息获取和分析处理方法的一场革命,促进了地球科学与空间信息科学的交叉和渗透,进而开始形成一个大边缘学科——地学信息科学。王之卓院士和李德仁院士提出的图像信息理论、陈述彭院士强调的地理信息科学对地球信息交叉学科的发展都具有重要指导意义。

遥感岩石学是遥感地质学的一个重要分支学科,它是以岩石学理论为基础,以遥感技术为手段,结合图像处理技术提取和识别岩石信息的一门学科(傅碧宏,1996)。遥感岩石学是区域遥感地质填图的关键技术,其主要研究内容是:岩石反射波谱、发射波谱特性及遥感图像岩石信息提取和图像检测方法;遥感图像岩石地貌形态识别特征及岩石类型识别及划分方法;基于地面岩石光谱定量处理的信息增强和提取方法,如波段比值法、反射波谱编码法、岩石波谱与化学成分的逐步回归法等;基于影像灰度值空间结构信息提取的岩石信息识别和分类方法,如基于灰度共生矩阵的影像纹理分析、基于分形几何的影像纹理分析和岩石类型识别方法。

影像地层学是以沉积学、地层学和层序地层学为基础,运用遥感地质方法研究岩石地层划分及其空间分布规律的一门分支学科(张吉顺、单文琅,1990)。影像地层分析分为岩石地层光谱反射率定量分析和影像层序结构分析两种基本方法。前者主要应用于地层剖面的划分研究,后者主要应用于地层空间分布的解译和填图。影像地层划分为:岩层产状及空间排序特征、影像层理结构及其在剖面上的组合特征;影像标志层及其在纵向(层序)和横向(延展分布)上的空间结构特征;层序界面;构造层序界面;沉积体叠覆界面的图形结构(图式)及其接触关系识别;影像纹理结构信息,如纹理谱、纹理单元图域的空间划界标志、岩石地层上下层位的空间结构信息;地表景观信息标志,如植被覆盖类型、残积层及土壤覆盖类型、人工开采标志信息等。

遥感图像真实、形象、直观地展现了地壳运动的构造形迹和空间格架,为区域构造

地质研究和填图提供了多层次、多比例尺和多信息源的构造景观图像。遥感构造分析是以现代构造地质理论为基础,以影像构造地质信息为依据进行区域构造分析的一种研究方法。其基本特点是能够从表层到深部、从静态到动态、从单一信息到多学科信息对区域构造进行综合分析。

遥感技术可以周期性地获取同一地区的影像数据,即遥感信息具有多时相性。它给人们长期、系统和动态地研究全球变化规律提供了可能性。在 1:5 万环境地质、生态地质调查研究中,多时相图像信息为研究活动断裂、隐伏断裂,河流和湖泊地质作用过程及演变规律,海岸线变迁,山地灾害中的滑坡活动性及边坡稳定性、泥石流的发育、形成和成灾背景,干旱、半干旱地区的土壤退化、沙丘运移等一系列动态地质问题提供了调查填图和区域性分析的基础信息。

热红外辐射传感器可以显示地震构造地面增温异常信息,如对地球“放气”“红肿”等地震前兆热异常地质现象和大气异常现象的探测;也可以为研究断裂构造的活动性及现今地壳破裂过程提供用常规方法难以获取的信息。近年来,地学信息工作者正在致力于研究基于时态 GIS 的时空数据模型,多时相遥感数据和 GPS 技术的结合是建立时空 GIS 数据库的基础数据源。在环境地质及生态地质调查中可以通过 GPS 网站和动态观测数据的地学调查资料,建立地学环境因子的矢量化时空数据模型,并通过空间拓扑和时间拓扑分析,建立地学环境变化因子的地质灾害预测模型。多层次的影像信息,尤其是多时相动态信息的识别分析和 GIS 的时空分析模型都将成为这一应用领域的关键技术。

利用遥感技术找矿是人们在找矿技术和方法上的一个重要突破,它为人们找矿手段上带来了重大的变化。遥感找矿主要就是利用能在遥感数据上记录下来的多种地质信息,包括构造、矿化蚀变、岩性等信息来进行综合分析研究,从而引导有针对性的找矿工作。经统计研究发现,大多数内生金属矿床都伴随着产生矿化蚀变这一现象,生成的蚀变矿物面积往往要大于矿体本身面积的几十倍,而矿化蚀变信息的提取是遥感地质信息提取中的一项重要内容。蚀变信息提取的有效与否,直接影响着遥感找矿的可信度,在遥感找矿中加强对矿化蚀变信息的提取,进一步挖潜及探索遥感找矿新途径已成当前主要研究课题。

遥感探测的信息主要为地表物质的光谱信息,不同的矿床所反映的地表光谱特征是不同的,在遥感影像上能表现出明显的差异。地表围岩蚀变是热液矿床的重要找矿标志,一般而言,蚀变越强,成矿可能性越高;蚀变范围越宽,矿化规模可能越大,因此指导找矿的意义越大,这是利用遥感蚀变异常信息进行成矿预测的地质基础原理。总之,无论是对于出露一定面积的蚀变异常还是矿体隐伏出露的蚀变岩,当蚀变信息达到一定强弱程度时,就能被遥感影像获取并识别利用。

进入 21 世纪,遥感蚀变信息提取研究更是进入一种百花齐放的研究阶段。近十多年的研究特点是:在遥感数据的使用上利用了多种多光谱和高空间分辨率的数据,以及高光谱数据,同时对于研究蚀变类型的内容也更加丰富,蚀变提取条件研究趋于复杂化,在继承前人的方法基础上,又出现了许多新的蚀变信息提取方法,多种方法结合可以达到更好的效果。这些研究都极大地推动了遥感蚀变信息提取及应用研究向前发展,使遥感地质找矿学科焕发生机。

1.2 遥感地质学的发展趋势

遥感地质解译是区域地质调查填图工作的一个重要组成部分。遥感地质解译和路线地质调查是不可分割的一个整体工作系统。在填图方法体系中,二者构成了一个相互依存和相互补充的交互式作业系统,且缺一不可。遥感图像的地质信息可以成为区调的生产力,从影像上获取的区域地质信息经过野外验证和调查就可转换为符合规范要求的基础地质数据。因此,将遥感地质解译与路线地质调查紧密结合在一起,是运用遥感技术进行区调填图的基本技术对策。其技术特点和发展趋势是:区调专业人员必须具备双重知识结构,除了具备基础地质调查研究能力外,还必须掌握遥感技术的基础理论、方法和技术。真正实现从地质解译到野外地质填图的一体化;运用微机图像图形处理软件、实现遥感数据的图像处理—地质信息提取—地质解译—地质制图和区域分析的全程计算机化。遥感解译到机助地质制图的工作流程一体化,是区调工作走向信息化管理中的关键技术;在区调填图中,实行路线前的地质解译—路线中的影像地质调绘—路线小结中的遥感地质再解译一体化。这一技术措施可以提高地质人员对图像地质信息的理解能力,并可有效地提高路线地质调查的工作效率和填图质量。

计算机科学和空间信息科学的发展给地球科学的研究方法注入了新的活力,RS、GPS、GIS 技术作为现代空间信息技术已全面应用于区域地质调查工作。其发展趋势和特点是:从数字线划图(DLG)到数字高程模型(DEM),近年来的数字地质图是基于数字线划地形图而编制的,其地形底图在空间上还是二维的,未包含高程信息。目前,应运用 DEM 自动生成系统实现地形底图的 DEM 化,使地质制图从二维发展到准三维,提高地质图的三维显示能力和空间表达能力,扩大基础地质图件的社会服务领域;从数字正射影像数据(DOQ)到数字栅格图形(DRG)和影像地质图,影像地质图可提高地质图件的空间表现能力,使地质图的显示更为真实直观,地表景观信息更为丰富,图像及图形色彩更为醒目,可视化程度更高,实用性更强。用最新遥感数据不断更新地理信息系统的基础数据层,使地学专题图面上的地形现势、地理要素、水系要素、交通要素、境界要素等更为直观和真实;另外,用 GPS 空间坐标数据取代人工观测点位数据,提高地质观测点源数据的精度,实现野外数据采集计算机化。

地学区域遥感调查将以地球表层生态地质学解译填图为起点,在区域环境地质、水文地质、灾害地质、农业地质、自然地理和经济地理遥感调查研究的基础上,充实地球表层系统的研究内容,为区域经济可持续发展提供基础决策依据。

区域地质基础数据库与科学数据库将作为国家空间数据基础设施的重要组成部分通过开放的 GIS 进入信息高速公路。区域地质调查资料将从传统的记录方式转化为电子文本和超文本数字方式,在区调信息系统的管理下,建立各种不同尺度的空间数据库和各专业领域的决策支持系统。这就要求对区调数据进行信息深加工,实现数据采集、处理、更新、存储全程标准化,向社会各行业提供空间查询、空间分析和规划决策依据。21 世纪的中国地质工作面临着信息技术革命浪潮的严峻挑战,同时在我们面前又呈现出

一个广阔的发展机遇和应用前景。

多元地学信息综合处理是 20 世纪 80 年代初国内外迅速发展起来的一项以数字图像处理技术为基础,综合计算机、数字信号处理、多元统计分析、遥感、数学等知识的地学信息处理新技术。多元地学信息综合处理能把大量图件、图像、数据与人脑的认识思维活动建立起联系,取长补短,互为补充,提高信息综合分析的效果。多元地学信息综合处理的关键是多元信息的配准,即不仅要求不同来源的信息空间位置上一致,而且要求投影性质也一致,这样才能保证综合处理的信息异常不发生偏差,或者不产生虚假异常。

多元地学信息范围很广,包括地质、地理、地球物理、地球化学、遥感、地理信息系统等各种地面、空中调查和探测的数据。

20 世纪 90 年代以来,高光谱遥感技术的兴起与发展,使遥感地质学逐渐步入了量化的发展阶段。遥感地质应用不再局限于基于图像色调与纹理特征的图像增强和目视解译,而越来越注重对地物波谱特征的量化分析与参数反演、应用模型的建立等。

高光谱技术的发展已促使地学研究的范围、尺度、内容和研究方法发生革命性的变化,其与 GIS、GPS 技术的结合,为地学研究源源不断地提供高精度定位、高频度、多频谱不同级次的宏观影像,极大地拓宽了人类的视野和视觉能力,使人类真正能够从总体上把地球作为一个统一的系统加以分析,在不同级次上揭示地球各个圈层的相互联系和相互作用。

机载高光谱技术已经将高光谱分辨率与高空间分辨率的特点合二为一,促使遥感信息更加精细化、遥感应用更加综合化和模型化。同时高光谱传感器不断推陈出新,使遥感技术具备了网格化、系统化与工程化的特点。高光谱矿物识别技术的智能化与流程化使矿物识别技术手段与方法日趋实用化,在资源环境领域日益受到重视,经济效益日趋显著。

1.3 主要研究内容及技术路线

结合遥感地质工作,本书介绍了遥感地质常用的国内外遥感卫星的主要参数、卫星传感器性能、遥感数据、产品特点及应用范围等。简要介绍了遥感数据预处理的主要工作,几何校正、辐射校正、影像配准、影像裁剪和镶嵌,以及遥感图像处理及影像制图的基本方法。

结合新疆西天山阿吾拉勒成矿带、内蒙古浩尧尔忽洞地区金成矿、新疆阿舍勒铜锌矿区开展的多光谱遥感找矿工作,介绍了遥感矿化蚀变信息提取、遥感地学信息提取、多源信息复合解译、综合多源信息成矿预测等研究方法和模型。开展了结合地形特征的面向对象的多尺度影像分类方法研究和实践。

结合北山方山口—老金场和东昆仑纳赤台地区高光谱遥感地质调查项目,介绍了典型区域 CASI/SASI/TASI 航空高光谱遥感数据获取、调查方法试验研究和矿物填图示范,建立了航空高光谱遥感调查方法技术体系。

多光谱遥感地质解译的主要工作流程是：数据处理、光谱数据分析、遥感影像信息增强、地质信息提取、矿化蚀变信息提取、多源信息综合分析、成矿预测。研究技术路线如图 1.1 所示。

机载高光谱测量的技术路线可分解为：选择典型区域，开展 CASI/SASI/TASI 航空高光谱遥感测量，获取高空间分辨率、高光谱遥感数据；开展矿物填图，进行成矿要素信息提取，建立高空间分辨率高光谱遥感数据的找矿模型；利用找矿模型，通过野外调查，进行找矿有利地段优选，并对高空间分辨率、高光谱遥感数据的应用效果进行评价。

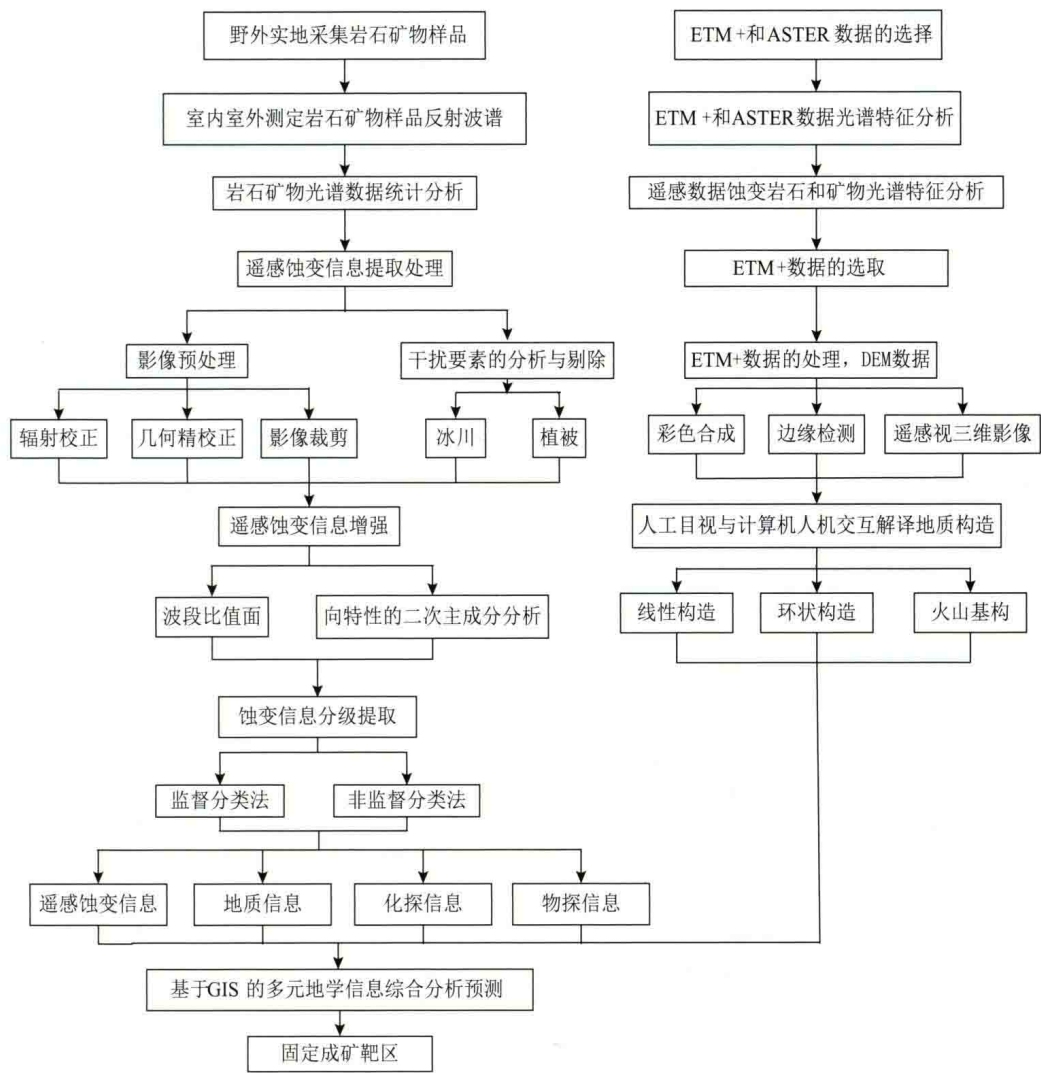


图 1.1 研究技术路线图

1.4 小 结

本章主要研究和概述了遥感技术在地学中的应用进展,以及遥感地质的发展趋势。作为绪论,本章简要介绍了作者近几年结合中国地质调查局项目、教育部博士学科点基金项目(博导类)、国家科技支撑计划项目(专题)等开展的遥感地质研究工作的主要内容。

全书介绍了遥感地质工作中常用的遥感数据源,遥感数据预处理基本内容。针对新疆西天山阿吾拉勒成矿带蚀变异常及成矿预测研究项目、内蒙古浩尧尔忽洞地区区域矿产调查项目、新疆阿舍勒铜锌矿及外围遥感地质解译项目,介绍了多光谱遥感地质勘探、地质解译的方法。通过北山方山口—老金场和东昆仑纳赤台地区机载高光谱测量,开展了高空间分辨率和高光谱遥感找矿研究,为开展大面积航空高光谱遥感调查奠定基础。

第2章 遥感信息提取及遥感地质解译常用数据源

2.1 Landsat 卫星数据

2.1.1 Landsat 卫星数据简介

美国于 1961 年发射了第一颗试验型极轨气象卫星,20 世纪 70 年代在气象卫星的基础上研制发射了第一代试验型地球资源卫星 (Landsat 1~3)。这三颗卫星上装有返束光导摄像机和多光谱扫描仪 MSS,分别有 3 个和 4 个谱段,分辨率为 80m。各国从卫星上接收了约 45 万幅遥感图像。

80 年代,美国分别发射了第二代试验型地球资源卫星 (Landsat 4、5)。卫星在技术上有了较大改进,平台采用新设计的多任务模块,增加了新型的专题绘图仪 TM,可通过中继卫星传送数据。TM 的波谱范围比 MSS 大,每个波段范围较窄,因而波谱分辨率比 MSS 图像高,其地面分辨率为 30m (TM6 的地面分辨率只有 120m)。

90 年代,美国又分别发射了第三代资源卫星 (Landsat 6、7)。Landsat 6 卫星是 1993 年发射的,因未能进入轨道而失败。由于克林顿政府的支持,1999 年发射了 Landsat 7 卫星,以保持地球图像、全球变化的长期连续监测。该卫星装备了一台增强型专题绘图仪 ETM+,该设备增加了一个 15m 分辨率的全色波段,热红外信道的空间分辨率也提高了一倍,达到 60m。美国资源卫星每景影像对应的实际地面面积均为 185km×185km,16 天即可覆盖全球一次。

2013 年 2 月 11 日,美国国家航空航天局 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 成功发射了 Landsat 8 卫星,为走过了 40 年辉煌岁月的 Landsat 计划重新注入新鲜血液。Landsat 8 上携带两个主要载荷:OLI 和 TIRS。其中 OLI (operational land imager,陆地成像仪)由科罗拉多州的鲍尔航空航天技术公司研制;TIRS (thermal infrared sensor,热红外传感器)由 NASA 的戈达德太空飞行中心研制,设计使用寿命为至少 5 年。

Landsat 数据具体参数见附表 1~附表 5。

2.1.2 产品特征及应用范围

1. 产品特征

1) Landsat 7

a. 原始数据产品 (Level 0)

原始数据产品是卫星下行数据经过格式化同步、按景分幅、格式重整等处理后得到

的产品,产品格式为 HDF 格式,其中包含用于辐射校正和几何校正处理所需的所有参数文件。原始数据产品可以在各个地面站之间进行交换并处理。

b. 辐射校正产品 (Level 1)

辐射校正产品是只经辐射校正而没有经过几何校正的产品数据,并将卫星下行扫描行数据反转后按标称位置排列。

c. 系统几何校正产品 (Level 2)

系统几何校正产品是指经过辐射校正和系统级几何校正处理的产品,其地理定位精度误差为 250m,一般可以达到 150m 以内。如果用确定的星历数据代替卫星下行数据中的星历数据来进行几何校正处理,其地理定位精度将大大提高。几何校正产品的格式可以是 FAST-L7A、HDF 或 GeoTIFF。

d. 几何精校正产品 (Level 3)

几何精校正产品是采用地面控制点对几何校正模型进行修正,从而大大提高产品的几何精度,其地理定位精度可达一个像元以内,即 30m。产品格式可以是 FAST-L7A、HDF 或 GeoTIFF。

e. 高程校正产品 (Level 4)

高程校正产品是采用地面控制点和数字高程模型对几何校正模型进行修正,进一步消除高程的影响。产品格式可以是 FAST-L7A、HDF 或 GeoTIFF。要生成高程校正产品,要求用户提供数字高程模型数据。

2) Landsat 8

参照美国地质勘察局 (United States Geological Survey, USGS) 对 Landsat 卫星数据及其产品的描述,Landsat 8 数据产品分为 LORp、L1G、L1Gt 和 L1T 4 个等级。

a. LORp 数据产品

LORp 数据产品是卫星地面系统对卫星原始数据进行帧同步、去格式化、解压缩、分帧、分景、重新格式化处理生成的数据集,其中包含后续处理所需的所有图像数据和辅助数据。但是,Landsat 8 卫星上传感器阵列的排列方式及推扫式的成像方式,导致了相邻传感器获取的地物图像在几何位置上存在偏移,LORp 数据没有对这个偏移进行校正处理,所以用户无法直接使用 LORp 数据。

b. L1G 数据产品

L1G 数据产品是辐射校正数据经过系统级几何校正处理(未使用地面控制点和数字高程模型数据)得到的数据产品。

c. L1Gt 数据产品

L1Gt 数据产品是辐射校正数据进行系统几何校正并在校正处理中使用数字高程模型得到的数据产品。

d. L1T 数据产品

L1T 数据产品是辐射校正数据使用地面控制点和数字高程模型数据进行精确校正后的数据产品。在几何校正产品生产过程中,中国地区采用的数字高程模型数据源为 SRTM (shuttle rader topography mission),其水平分辨率为 30m,相对精度为 10m;采用的地面控制点库为 GLS2005 (global land survey 2005),根据 2012 年 USGS、NASA,