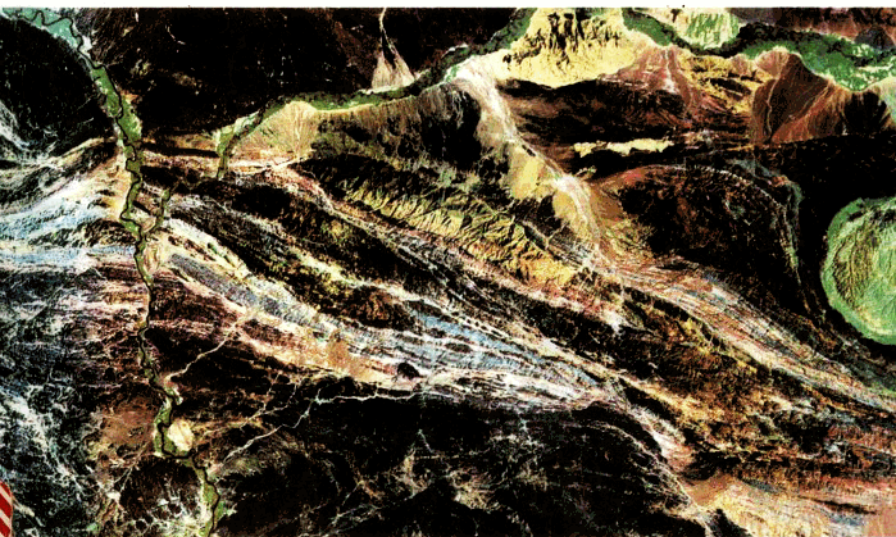


中国新疆北部

遥感找矿方法与实践

郭华东 主编



科学出版社

中国新疆北部
遥感找矿方法与实践

郭华东 主编

科学出版社

1995

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书以新疆北部为实例,论述了多波段多平台遥感技术应用于地质矿产探测的方法、理论与效果。内容主要包括三部分:①遥感地质找矿方法;②遥感图像在岩性识别与构造分析中的应用;③金矿及多金属矿产的遥感探测。

本书可供遥感技术研究与应用、遥感地质和地质矿产探测等部门的科研人员以及大专院校有关专业师生阅读和参考。

中国新疆北部
遥感找矿方法与实践
郭华东 主编

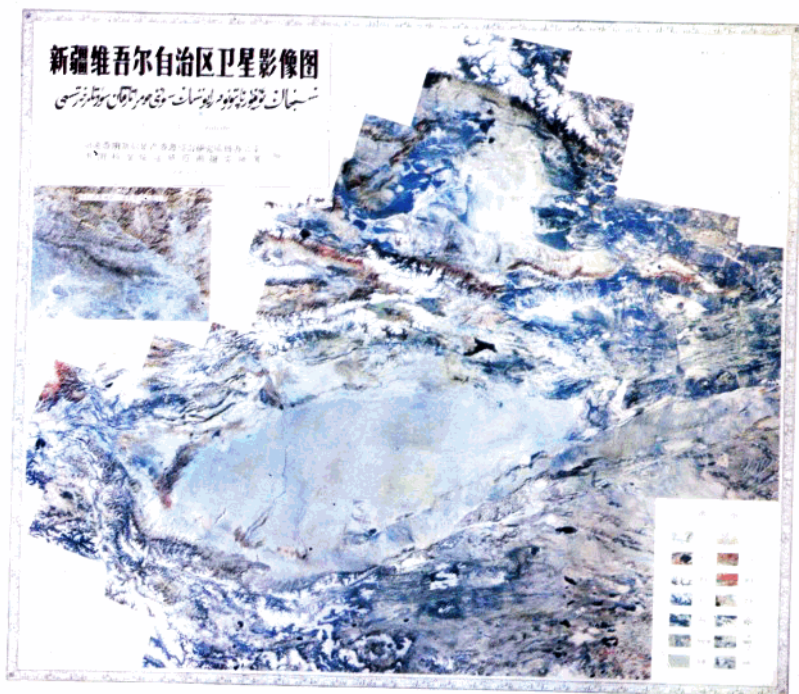
责任编辑 彭胜潮
科 学 出 版 社出版
北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

地质矿产部河北测绘印制中心印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

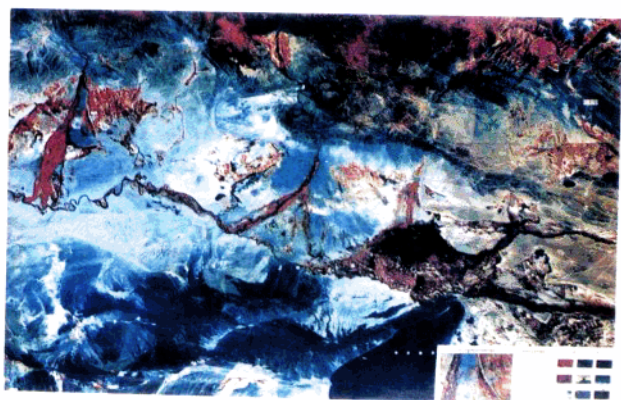
1995 年 10 月第一版 开本:787×1092 1/16
1995 年 10 月第一次印刷 印张:15 插页:8
印数:1—1 000 字数:350 000

ISBN 7-03-005057-6/P·875

定价:25.00 元



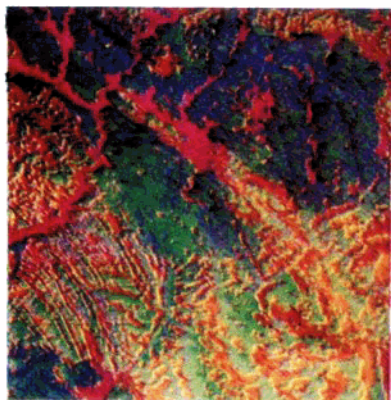
彩图 1 新疆维吾尔自治区卫星影像图



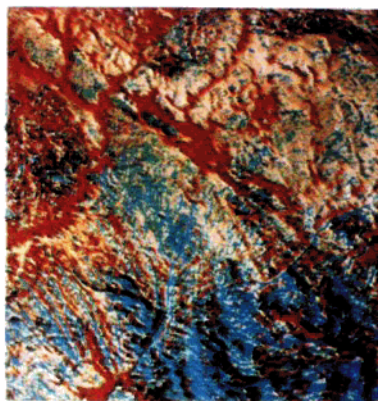
彩图 2 阿勒泰西部地区 SPOT 卫星影像图



彩图 3 阿勒泰地区数字镶嵌影像图及典型区图像

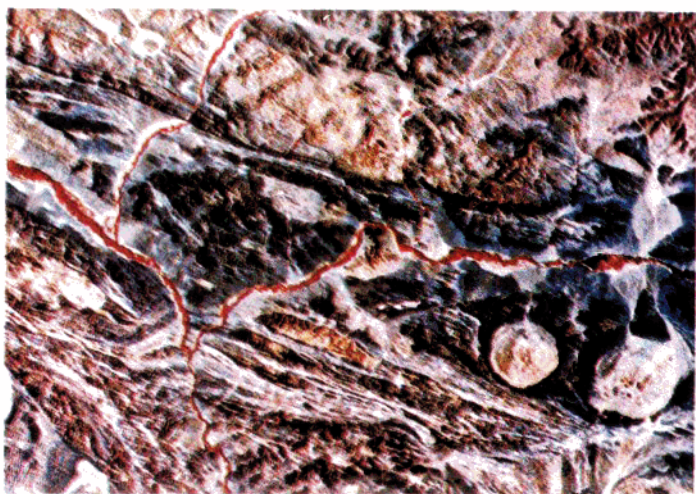


a IHS变换处理

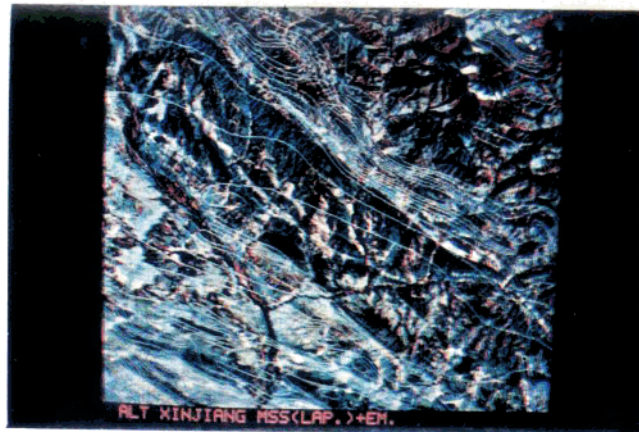


b $1/2 + 1/3 + 2/3$ 比值处理

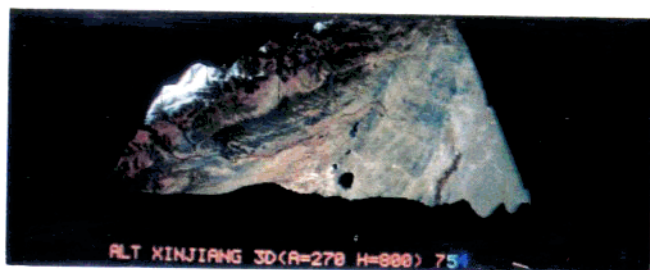
彩图 4 怡奔布拉克地区 SPOT 影像含金信息的提取处理



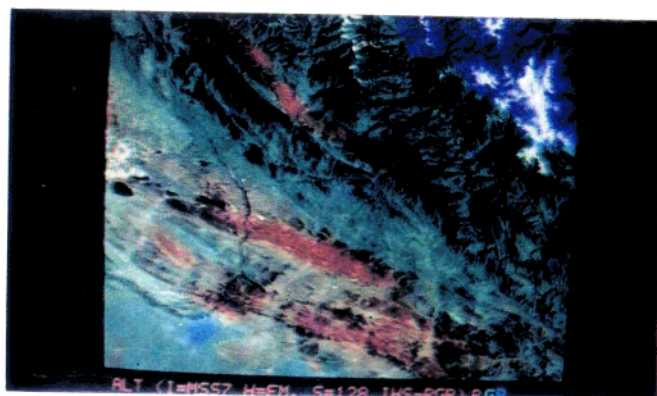
彩图 5 喀拉套 MSS 图像增强处理



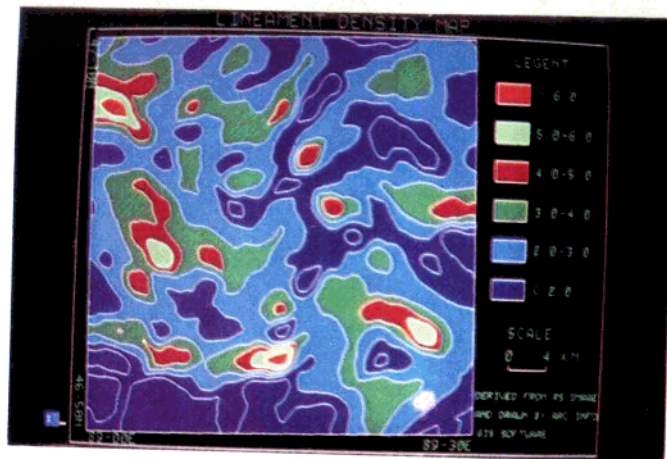
彩图 6 遥感影像与航磁等值线叠合



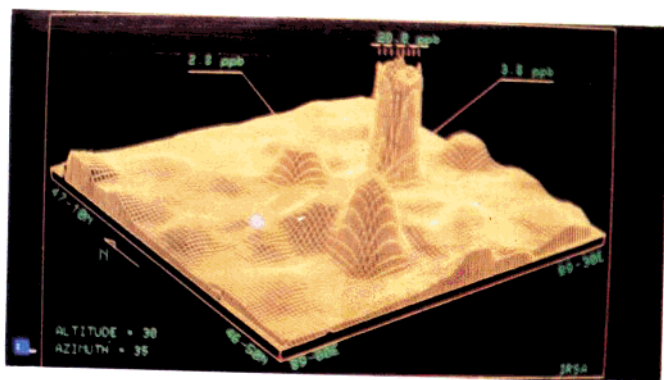
彩图 7 遥感影像与航磁的三维显示



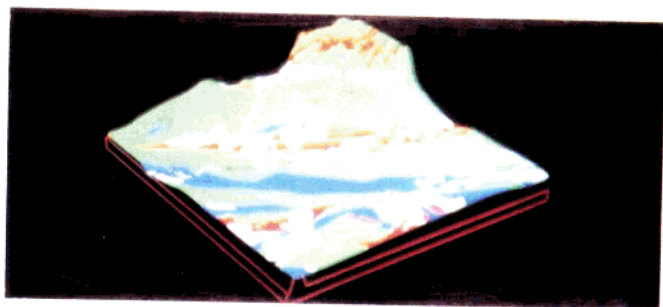
彩图 8 遥感影像与航磁数据复合的假彩色显示



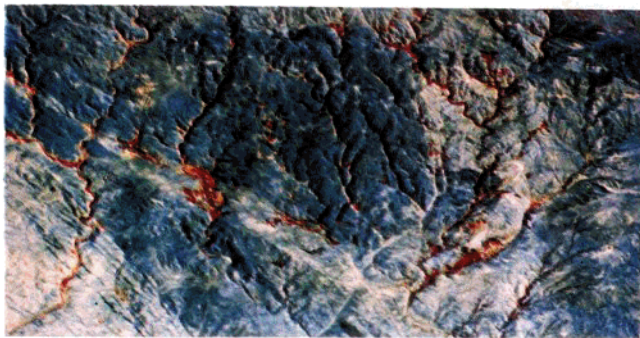
彩图9 线性构造密度等值线图



彩图10 金元素丰度三维图



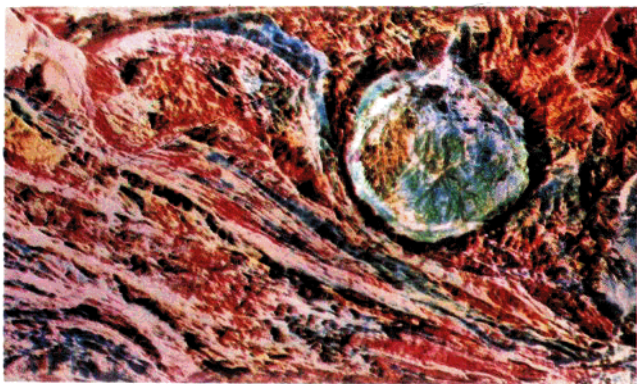
彩图11 岩性分布与 DTM 三维图



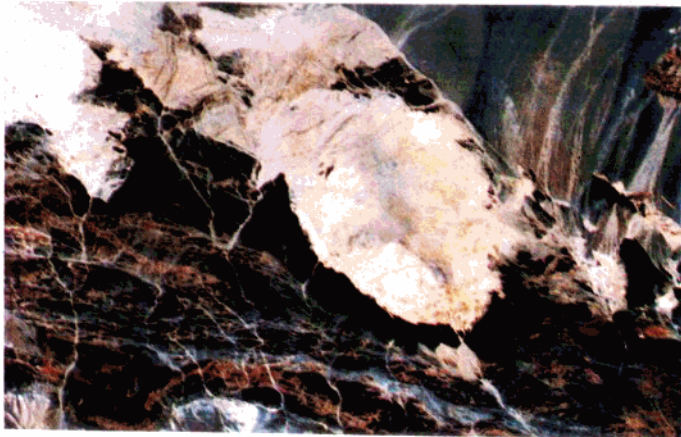
彩图12 恰奔布拉克金矿靶区的彩色红外像片



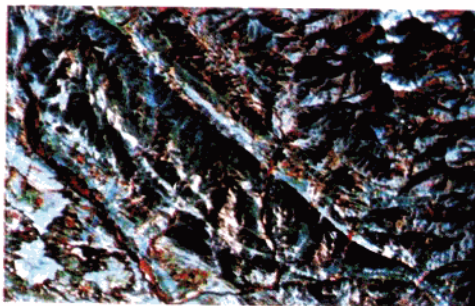
彩图13 喀拉萨依锡矿靶区的彩色红外像片



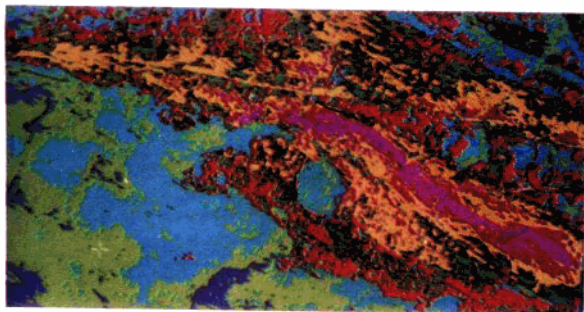
彩图14 喀拉套金矿靶区东段的TM图像



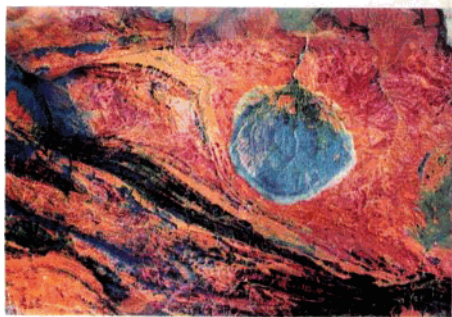
彩图15 卡拉麦里地区的TM图像



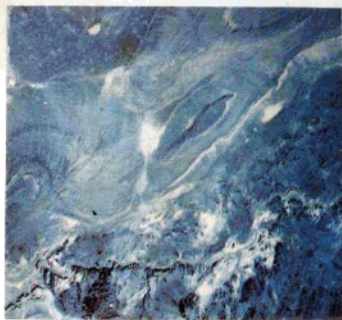
彩图16 红墩弧形构造带的MSS图像



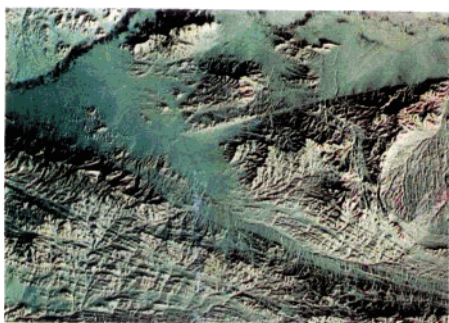
彩图17 伊德尔弧形构造带的SPOT 图像



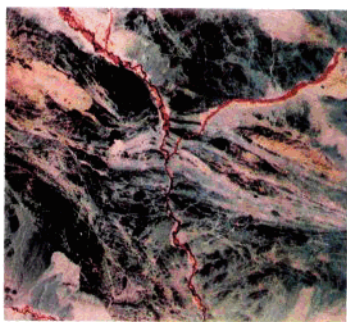
彩图18 TM图像反映的岩体接触带



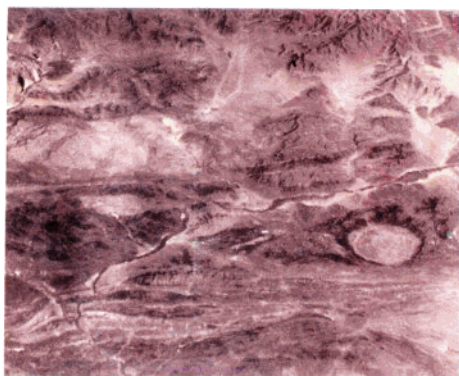
彩图19 高岭土、黄铁矿化造成的云雾状异常



彩图20 SPOT图像显示的挤压带特征



彩图21 破碎蚀变带的退色现象



彩图22 国土卫星像片上的挤压破碎带



彩图23 挤压破碎带的雷达图像

中国新疆北部

遥感找矿方法与实践

编辑委员会

主 编	郭华东		
副主编	林树道	蔺启忠	
编 委	崔承禹	蒋保林	王道经
	张圣凯	李 林	董品亮
	邵 芸	王志刚	朱重光
	卫 政	全美荣	杜端秉

序

遥感(Remote Sensing)的直接英译语是“来自远处的意识”，它是一门现代化的科学探测技术。

近年来，随着传感器空间分辨率及光谱分辨率的不断提高，遥感技术不仅能有效地提供大尺度地球表面科学信息，而且可以识别诸如由热液蚀变引起的矿化异常。遥感已成为研究地球科学的重要高技术手段，在地质找矿中的作用日趋深入。

在一定地质地理条件下，含矿地质体常以其构造、岩性特征、蚀变特征，或受其影响产生的地貌、土壤、植被等异常特征，反映于地表或近地表层，形成相关的信息场。同时，不同矿种、不同类型矿床，具有其特征成矿规律，这种规律常以其物理化学形式表现出来，构成各异的性质。利用工作在可见光、红外、微波波段的航天航空遥感技术，可较好地揭示这些性质，从而进一步地识别含矿地质体信息。

我国西部，特别是新疆地区，气候干燥，植被稀疏，基岩广泛出露，地质矿产研究程度相对较低，遥感技术的实效性更加明显。根据研究区地理景观的差异和地质条件的不同，选择最佳遥感手段组合，开展遥感找矿，并配以相关的成矿理论、地质和物探化探的支持及野外验证工作，可望获得有意义的效果。

1986年以来，中国科学院遥感应用研究所联合广州地质新技术所、长沙大地构造研究所、地质研究所及新疆地理研究所科研人员组成的遥感找矿课题组，发挥多学科优势，在新疆地区开展了地质矿产资源遥感研究。他们共采集7种多波段多平台遥感数据，研究发展了含矿地质体遥感信息计算机提取技术、多源遥感数据复合技术、控矿构造雷达图像分析技术、气象卫星用于大地线性构造分析技术、遥感生物地球化学找矿技术、地理信息系统支持下的地质数据集分析技术；发现并确定了多处金矿、锡矿及铜矿靶区及远景区，其中一处金矿靶区经后续勘探已成为工业金矿床。同时在基础地质研究中提出诸多新的认识和观点；总结出一套包括“弧形影像控矿”的遥感找矿理论与方法，提出“遥感空间定位、遥感化探定性、遥感地质工程定量”的“三步曲”遥感找矿模式，充分发挥了地质找矿中遥感技术快速、经济、高效的特点和宏观优势。

本书反映的成果是在新疆完成的，但该成果中的理论、技术与方法适合于干旱-半干旱地区的地质矿产资源调查。相信随着现代高科技的不断发展，遥感对地观测技术将会在地质找矿中发挥越来越重要的作用。

徐克己

1991年10月

前 言

矿产资源多赋存于地壳之中，这给善于获取地表信息的遥感技术寻找地下矿藏带来极大困难。近年来，随着遥感探测手段的不断加强和遥感科学研究水平的不断提高，人们已有能力利用遥感技术直接或间接捕捉含矿地质体信息，用以达到找矿的目的。

新疆地处欧亚大陆腹地，大部分地区气候干燥、植被稀疏、基岩广泛出露、地质矿产研究程度相对较低。利用遥感开展该区的地质矿产探测，当为一种先进的技术选择。1986年以来，中国科学院遥感应用研究所联合院属5个研究单位，开展了为期4年的遥感地质找矿工作，研究成果于1989年12月通过了中国科学院和国家三〇五项目办公室组织的验收与鉴定。

本书是在成果总结基础上撰写而成的。全书主要分三部分内容：(1) 多波段多平台遥感地质找矿的方法与理论；(2) 遥感技术在岩性识别及构造分析中的应用；(3) 金矿及有色金属矿产的遥感探测。

参加本研究工作的人员有：

郭华东、李丽、李乃煌、林树道、崔承禹、蔺启忠、张圣凯、万正明、朱亮璞、刘子贵、朱重光、王志刚、傅秀银、王锦地、范西模、郭子祺、曹津生、黄长林、杨大川、金皓、陈锡杰、邵芸、李林、董品亮、张满郎、魏秀萍、沈在勋、石军梅、关威、李秀云、郭桂林、王道经、林舸、陈广浩、周频波、蒋保林、许安、魏东源、张丽萍、唐剑平、刘嘉麒、迟国彬、吴中莹、石广德、王帮硕、张雯华、王长江、颜铁森、童庆禧、朱振海、饶赛文、刘军、张守善、范惠茹等。英国遥感地质专家 P.S.Griffiths 和 M.Odinga 博士参加了部分研究工作。

本项研究成果是在国家三〇五项目办公室、中国科学院资源与环境科学局的领导下，在中国科学院遥感应用研究所、广州地质新技术研究所、长沙大地构造研究所、地质研究所及新疆地理研究所支持下取得的。与此同时，还得到了中国科学院开发新疆科研工作室、新疆地质矿产局和新疆地质勘探公司的大力帮助，在此表示衷心感谢。我们要特别感谢涂光炽先生，作为本研究课题的顾问，他自始至终指导、关心课题进展，并为本书作序，使课题组受益匪浅。借本书出版之际，我们再次对他表示崇高的敬意。

编者水平有限，书中缺点乃至错误在所难免，恳请读者不吝批评指正。

编者

1991年12月

目 次

序	涂光炽(1)
前 言	(2)
多源遥感技术探测地质矿产资源的研究	郭华东(1)
利用 TM 数据和地理信息系统进行蚀变填图的试验研究	董品亮(24)
用 SPOT 数据 IHS 变换处理方法提取含金地质体信息	李 林(29)
阿勒泰地区遥感图像计算机处理方法研究	朱重光(36)
光学图像处理与镶嵌方法研究	张圣凯 石军梅 关 威(42)
青河地区 TM 图像和 SAR 图像的复合分析	董品亮(49)
阿勒泰地区 MSS 图像与航磁数据的复合	王锦地(54)
ARC/INFO 地理信息系统支持下的伊德尔地区 地质数据集分析	董品亮 郭华东(58)
地理信息系统 GIST 的结构及其发展	萧 柯(67)
GIST 地理信息系统的工作方法及地质应用	邵 芸(73)
阿巴宫地区遥感生物地球化学找矿的效果分析	林树道 郭桂林(82)
东准噶尔卡拉麦里构造带金矿遥感地质定量统计预测	黄长林(90)
航天遥感图像中弧形构造体的成因及其控矿机制的初步研究	蔺启忠 郭华东(104)
用多波段多平台遥感资料研究卡拉麦里花岗岩体地质构造	朱亮璞 崔承禹 王志刚(113)
阿勒泰地区航天遥感地质应用研究	P.S. 格瑞费斯 M. 奥丁格 邵 芸(123)
阿勒泰东部地区遥感图像线性构造特征的趋势面分析及其地质意义	董品亮(130)
新疆青格里河构造及成矿的初步研究	陈广浩(137)
青格里河地区花岗岩类岩石的遥感地质研究	周频波(147)
伊德尔弧形构造带的发现及其控矿意义	范西模(153)
利用遥感图像与地球物理数据分析额尔齐斯地带断裂构造	陈锡杰(160)
恰奔布拉克金成矿地质条件的遥感研究	林树道 郭华东 李 林 郭子祺(165)
用遥感技术对恰奔布拉克及其外围地区进行金矿远景评价	蒋保林(172)
新疆喀拉萨依锡矿遥感地质及矿床地质的初步分析	王志刚 崔承禹 朱亮璞 金 皓(177)
遥感图像信息复合应用于金矿成矿带的研究	傅秀银 蔺启忠(184)
从环形构造的控矿作用浅谈遥感找矿方法——以青河地区为例	王道经(190)
新疆北部线性构造的统计分析与金成矿带	林 舸(197)
苏吉泉地区线性影像与金矿化关系的分析	金 皓 崔承禹(209)
新疆托里—克拉玛依地区构造形迹的数字图像分析及金矿化区(带) 的初步研究	迟国彬 吴中莹 马 虹(217)
应用遥感方法确定砂金远景区——以哈巴河县塔勒德地区为例	王一曼 谢又予 程 义 熊黑钢(224)

多源遥感技术探测地质矿产资源的研究

郭华东

(中国科学院遥感应用研究所)

摘 要

多源遥感技术具有快速准确探测地质矿产资源的优势。在新疆阿尔泰东西准噶尔及东西天山地区,利用可见光、红外、微波多波段及航天、航空、地面多平台遥感(即多源遥感技术)开展了地质找矿研究。具有较高光谱及空间分辨力的陆地卫星 TM 图像和 SPOT 卫星 HRV 图像成功地识别出含金地质体, MSS 图像、国土卫星图像显示了其揭示宏观构造及地质单元的能力, NOAA AVHRR 数据则显示了对大地线性构造研究的优势并提供了对成矿规律的认识;机载彩色红外图像可用于圈定典型的含矿脉体,合成孔径雷达图像在控矿构造探测中作用明显。进行了遥感数据数字图像处理及金矿化信息提取,对多源遥感数据及遥感与物化探数据进行了复合分析,同时进行了地理信息系统找矿应用研究,形成了多波段多平台遥感、信息提取、多数据复合 3 个技术核心,提出了遥感空间定位、遥感化探定性、遥感地质工程定量的找矿模式。将北疆及邻区划分为 7 个大地线性构造单元,识别出碱性花岗岩体、基性岩体及隐伏的酸性岩体,指出弧形影像体的存在及其控矿作用,发现并确定了 14 处金矿、锡矿、铜矿靶区及远景区,其中一处金矿靶区经后续勘探已成为工业金矿床,提供了一个用遥感技术直接找到金矿床的成功实例。

一、引 言

在地质矿产遥感探测中,从平台角度分析,航天遥感具有宏观、快速、经济的特点,航空遥感则有分辨率高、可灵活成像的优势;从波段角度分析,在 0.4—1.1 微米波段间,与 O^{2-} 与 Fe^{+3} 之间的电荷迁移有关而产生的吸收带,可识别铁氧化物和氢氧化物;短波红外区,与羟基的伸缩振动有关而形成的尖锐的吸收带,用以识别与金矿化密切相关的一类矿物比较有效;中红外区是区分硅酸盐类矿物的敏感波段;微波区,由于地质体后向散射特性的差异,是分析控矿构造的理想波段范围。地球表面地质体的特性是十分复杂的。显然,开展地质矿产遥感探测,利用多波段多平台遥感技术,即多源遥感技术是一科学的选择。在此基础上,将多源遥感数据与地质、物探、化探复合分析,可进一步提高地质找矿的成效。

1986 年初以来,由中国科学院遥感应用研究所、广州地质新技术研究所、长沙大地构造研究所、地质研究所、新疆地理研究所和兰州地质研究所 50 余位科研人员组成的国家三〇五项目“遥感地质”研究集体,利用多源遥感技术,在新疆、特别是新疆北部地区开展了遥感地质找矿研究,取得了丰硕的成果。

本文是在以上研究成果形成的“遥感技术在地质找矿中应用研究”总体报告及有关分报告基础上撰写而成的。文章侧重介绍了多源遥感技术方法及其在地质、金矿和有色金属矿

产探测中的应用,并讨论了多源遥感找矿模型及找矿模式。

二、多源遥感数据获取

研究区地处欧亚大陆腹地,大部分地区气候干燥,植被稀疏,基岩广泛出露,地质研究程度相对较低。大地构造上,分属阿尔泰、准噶尔及天山褶皱系,地层以古生代火山—沉积变质岩为主,以海西期为主的基性—酸性岩体发育。在广大的区域内,矿床成因类型不同,成矿地质条件各异,地貌地理景观有别。显然,要在大面积复杂地质条件下实现成功探测,遥感数据的选择是十分重要的。

对于地质矿产遥感而言,遥感一般可提供两种信息,即反映构造和地貌的空间信息及反映岩石矿物的波谱信息。很明显,欲取得被探测地质体的丰富信息,不同空间及光谱分辨率遥感信息的综合利用及选择是一关键。

根据对信息源需求性及数据可获取程度分析,我们共采集了7种遥感数据,包括陆地卫星专题制图仪(TM)、SPOT卫星高分辨力可见光成像仪(HRV)、陆地卫星多光谱扫描仪(MSS)、NOAA AVHRR和我国自行研制的国土卫星5种航天资料及彩色红外(CIR)和合成孔径雷达(SAR)两种航空图像。它们的波段范围覆盖了可见光、红外及微波3个区段,分辨率各不相同。这样,就构成了对地质矿产资源的多波段多平台遥感探测体系。

1. 陆地卫星 TM 图像

陆地卫星 TM 的较高的光谱及空间分辨率使其成为识别热液蚀变及岩性的有作为的传感器系统。TM 有7个波段,其范围包括从可见光至热红外,除热红外波段(6波段)的分辨率为120米外,其余6个波段的分辨率均为30米。具有 MSS 不能感应的4个波段。

含铁矿物在 TM1—4 可见光及近红外波段,具有明显的光谱吸收特征,对于探测干旱、半干旱环境中含褐铁矿的岩石、土壤有较好效果;TM7 为短波红外波段,这是专为地质勘查设计的波段。在该区,羟基和碳酸盐矿物形成明显的特征吸收带,是目前探测含 $Al-OH$ 、 $Fe-OH$ 、 $Mg-OH$ 基团矿物与碳酸盐类的最理想的航天遥感波段之一。

将 TM7 和 TM2—5 组合分析,对于识别作为热液蚀变标志之一的含铁粘土矿物非常有效;TM6 可以探测地表的热辐射强度,石英具有较高的热惯量,这对于识别与金矿化密切相关的石英脉本身及含石英较多的岩石是非常有用的。总之,能从 TM 图像中提取铁染强度、岩石土壤中的羟基和碳酸盐类矿物三种基本的光谱信息。

本研究使用的是从中国遥感卫星地面站获取的阿尔泰及准噶尔地区 TM 数据。

2. SPOT HRV 图像

SPOT 卫星系新一代遥感卫星系统,其星体上载有两台相同的高分辨率可见光扫描仪,以全色和多光谱两种方式成像;前者光谱范围 $0.51\sim 0.73$ 微米,空间分辨率高达10米;后者有3个波段,光谱范围 $0.50\sim 0.89$ 微米,空间分辨率为20米。

两台 HRV 可同时瞄准靶区及相邻地区工作,得到刈幅宽度为117公里(天底点)的