

文章编号: 1007-4619 (2000) 04-0306-06

中国西部喀喇昆仑明铁盖多金属矿化区的卫星遥感勘查

燕守勋, 马建文, 蔺启忠

(中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101)

摘 要: 成矿环境的地质分析与遥感探测标志是矿产遥感定位的关键, 高寒山区大面积的冰雪覆盖给应用遥感技术勘查矿产资源带来困难, 经喀喇昆仑区域大地构造背景、成矿环境与标志分析, 认识到燕山期花岗岩、花岗闪长岩内外接触带受断裂控制的热液脉型矿床是明铁盖地区的首选矿产遥感目标。利用掩膜去掉冰川和积雪后的主成分变换(MPCA)技术处理陆地卫星 TM 数据, MPCA_{3,5} 和₆ 合成图像揭示了褐铁矿化等蚀变色调异常信息, 花岗闪长岩环形影像及其南缘构造透镜体等成矿蚀变和构造的组合信息, 明确了野外验证目标, 发现了罗布盖子沟多金属矿化区。

关键词: 成矿环境; 成矿标志; 明铁盖; 遥感勘查; 多金属矿化区

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 引 言

面对高寒山区自然环境的特殊性和复杂性, 近年来, 国内外专家在高寒山区遥感矿产勘查有效方法探索取得一些进展。加拿大地质调查所利用遥感资料与岩矿化学分析数据复合寻找金矿^[1,2], 多种卫星数据复合填制超基性岩^[3], 卫星数据掩膜后主成分变换的 MPCA 方法^[4], 热红外波段参与的投影变换^[5]。总结十余年来在新疆高寒山区遥感矿产勘查研究与实践, 得出成矿环境分析和成矿标志遥感探测相结合的方法^[6]。在昆仑山区新一轮遥感矿产勘查中, 深化前人遥感矿产勘查方法, 运用“相似类比”原则建立成矿环境与遥感信息之间的关联, 探测新的成矿环境以发现新的成矿类型。运用该方法在喀喇昆仑明铁盖地区发现了多金属矿化区——罗布盖子沟多金属矿化区是其中一例。

2 矿产遥感地质背景分析

矿产遥感地质背景分析包括成矿大地构造单

元、成矿地质环境和成矿地质标志综合分析, 以明确具体矿产地质遥感目标。

2.1 大地构造背景

明铁盖地区位于喀喇昆仑西北部, 地处中国、阿富汗、巴基斯坦 3 国交界, 中—巴红旗拉甫口岸西南。地理坐标: 北纬 74°30′—75°00′, 东经 37°15′—37°30′, 是海拔 4200—5520m 的高寒山区。前人根据不同大地构造观对该区隶属的地质构造单元进行了划分, 阐述了区域构造及其发展演化历史^[7-16]。目前, 用增生弧模式来解释西昆仑大地构造格架与演化, 将西昆仑划分为陆—增生弧型碰撞造山带^[17]。明铁盖地区隶属于该增生弧型碰撞造山带之喀喇昆仑前陆冲褶带^[18]。喀喇昆仑前陆冲褶带局部出露早元古代深变质基底岩石和早古生代—三叠纪被动大陆边缘沉积和侏罗—白垩纪前陆盆地沉积。三叠世末—白垩纪北部羌塘陆块与南部晚古生代—早中生代昆仑岛弧的碰撞和褶皱冲断, 形成了极性向南的逆冲推覆构造系。随着白垩纪褶皱冲断结束, 巨大的兴都库什—喀喇昆仑花岗岩带形成, 明铁盖地区的花岗岩类属于该花岗岩带。

收稿日期: 2000-05-10; 修订日期: 2000-06-13

基金项目: 国家自然科学基金资助(40072092), 国家“305”项目资助。

作者简介: 燕守勋(1961—), 男, 江苏沛县人, 博士后, 研究员, 1991年毕业于中国矿业大学, 获构造地质学博士学位。现从事固体地球遥感应用研究, 发表论文 30 多篇。

©1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2 成矿地质环境

前人将明铁盖地区划分为喀喇昆仑成矿区林济塘金、石膏成矿带^[19]。研究区比较完整的资料是1:100万区域地质调查矿点资料和新疆地质矿产局第二地质大队编制的1:50万地质矿产图^[20]。以往区域遥感地质研究已将本区划为二级找矿预测区,并指出围绕岩体接触带及附近寻找热液型铜、金矿床^[21]。根据上述资料,我们对该区成矿环境进一步分析,认识到了该区优势的成矿地质条件。在本研究中运用卫星遥感构造和矿化信息在花岗闪长岩外接触带找到了罗布盖子多金属矿化区。

成矿条件的组合构成成矿环境。明铁盖地区的成矿地质环境是:广泛出露的下二叠统加温达坂组含炭岩系和燕山期成矿花岗岩、花岗闪长岩及北西-东西向剪切带构造,该环境下已知有两个热液铜矿化点,一处热液型含钨金矿石。

下二叠统加温达坂组在明铁盖达坂-罗布盖子沟-卡满素河剖面下部为灰色、灰黑色炭质粉砂岩、变质的绢云母石英砂岩和褐灰色钙质绢云母板岩;中部为灰黑色含深水黄铁矿还原斑和锰结核的泥质板岩,灰黑色硅质板岩、泥质放射虫硅质岩、薄层深水硅质灰岩加中厚层泥晶灰岩及安山凝灰岩、含砾板岩;上部为褐灰色钙质长石石英细砂岩与厚层灰岩互层。视厚度达2900m。在达布达-明铁盖剖面夹多层拉斑玄武岩($276.3 \pm 1.8\text{Ma}^{[14]}$)。其总体是一套夹基性火山岩的黑色含炭岩系,是有利的成矿岩石;区内广泛出露燕山期花岗岩、花岗闪长岩,约占岩石出露面积的50%。K-Ar 年龄为70.9—110.9Ma^[22]。SiO₂ 为60%—65%; Al₂O₃ 为15%—16%; Na₂O 为2.9%—3.0%; K₂O 为2.8%—3.6%。属钙碱系列I型(同熔型)花岗岩,是地幔衍生物并有较多陆壳成分混杂^[14];北西向和近东西向剪切带发育,控制外围侏罗-白垩系沉积和花岗岩的分布。

前期1:100万区域地质调查在区内发现了谢并喀拉基尔干铜矿点和明铁克铜矿点^[23];现有民采卡拉其古八大山含钨金矿点。铜矿点均为产于花岗岩外接触带的石英脉型,受北西向剪切带控制,以下二叠统含炭岩系为含矿围岩。石英脉长达30m,宽10—30cm,黄铜矿以浸染状分布在石英脉中。卡拉其古八大山含钨金矿点也是石英脉型,位于东西向卡拉其古断裂北侧,花岗闪长岩体内断裂破碎带中发育多条石英脉,脉长10—30m,宽1—1.5m,走向75°,脉内见黑钨矿、黄铁矿、黄铜矿、孔雀石,围岩蚀

变为云英岩化、硅化、绢云母化、绿泥石化。

根据上述矿点的区域大地构造背景,成矿地质环境,运用“相似类比”遥感矿产勘查方法,概括出明铁盖地区首选遥感找矿目标为:花岗岩内、外接触带受断裂控制的热液矿床,矿化蚀变岩是直接成矿标志。

3 TM 图像处理及地质解译

明铁盖地区购得卫星TM数据轨道号为P149, R34,接收时间为1986年6月。区内65%的地表面积被冰雪覆盖(图版I图1)。光谱环境是冰雪在可见光波段反射光谱强;在红外波段吸收光谱强;裸露岩石含水性增加,自身反射光谱减弱,加之冰雪光谱的干扰,岩性信息被抑制。因此原始数据比值和主成分变换处理均未取得满意的效果。根据图像中冰雪覆盖一般出现在山顶部,山坡和沟谷基岩裸露的实际情况。采用了MPCA方法。图像经掩膜冰雪后6个TM波段数据(TM1,2,3,4,5,和7波段的数据)进行主成分变换,选择主成分MPCA_{3,5,6}合成假彩色图像(图版I图1)。图版I图1中呈现反“S”形构造地貌影像,该反“S”型构造北半部为由燕山期花岗闪长岩体形成的环形影像(图版I图1及图2中的a),和具有放射状分布的沟谷。反“S”形构造南半部为半环形山体,发育有卡满素河、卡前乃河等沟谷。最为引人注目的影像是反“S”型构造地貌中部、花岗闪长岩环形影像南缘有两条近东西向展布的弧形线性构造,南北两条分别向南、北突出,形成构造透镜体(图版I图1及图2b中的3)。该构造透镜体中部分布有大、小两个色调环,由黄色、绿色和白色调斑点构成。大环(图版I图2b中的1)北半部已在透镜体之外,小环(图版I图1及图2b中的2)在透镜体之内。该透镜体东部也有黄色、绿色色调异常。由于该影像主要色调为粉红色,是掩膜冰雪后的充填色调,蓝色调为基岩,白色调为沟谷冲积物。结合野外观察这些绿、黄色调是褐铁矿化与硅化。结合野外和图像构造分析,比较成分测试结果Kriging Pb-Zn, Cu, Ag空间变化趋势图高值显示(见后述),推断这些色调环是构造透镜体南、北两侧断裂为含矿热液上升通道,花岗闪长岩体南缘的热液矿化蚀变晕,是矿床直接定位的标志。根据TM图像处理揭示的构造组合,尤其是矿化蚀变信息和野外验证在花岗闪长岩环形影像南缘两个蚀变环两侧发现了4个多金属矿化带,3个在透镜状影像构造

体内,1 个在透镜状影像构造体边部。

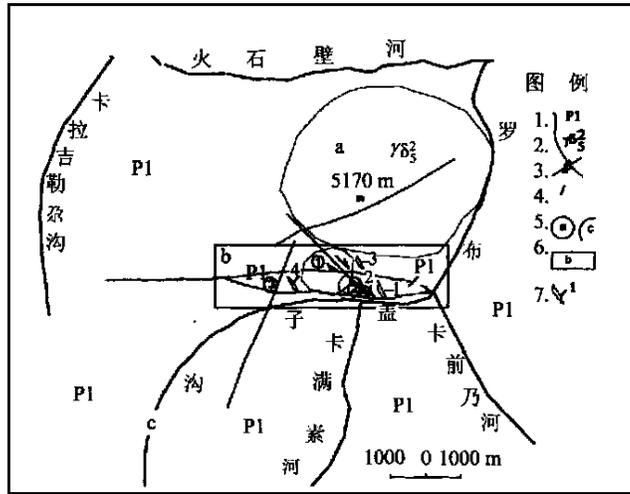


图 2 明铁盖地区 TM 图像地质解译图

Fig. 2. The geological interpretation map of TM imagery in the Minfiegai area

图例:1—下二叠统加温达坂组;2—燕山期花岗岩闪长岩;3—剪切带及其剪切方向;4—断层;5—环形影像 a 及弧形影像 c;6—环形影像①②和透镜体③影像分布区;7—多金属矿化带及其编号(图中 1,2,3 和 4 为矿化带,矿化带位置据野外填图定位在 TM 影像图上圈定,直接从 TM 影像图上不能解译出矿带)

4 罗布盖子沟多金属矿化区的地质特征

1998 年 8 月野外验证工作时,对明铁盖花岗岩闪长岩环形影像南缘矿化蚀变异常影像作了剖面观察和系统采样。剖面观察过程中发现了 4 条铅锌多金属矿化带(图 2)。对矿化带 1 和 2 进行了重点观测与采样。矿化带以下二叠统加温达坂组中部灰黑色含深水黄铁矿还原斑和锰结核的泥质板岩,灰黑色硅质板岩、薄层深水硅质灰岩加中厚层泥晶灰岩为含矿围岩。第 1 矿化带处在硅质灰岩与炭质板岩交接带,第 2,3,4 矿化带均以炭质板岩为含矿围岩。矿化带均受产状为 $200^{\circ}-250^{\circ}/50^{\circ}-85^{\circ}$ 的顺层剪切带控制,剪切带由高应变带和低应变带相间组成,单条宽达 100m。密集分布剪切扁豆体(图版 I 图 3,其中:1 为第 2 矿带炭质板岩中的剪切带切过粗石英脉 a 又被细石英脉 b 切过,证明剪切过程与硅化过程同期(单偏光)。2 为碳酸盐岩中的硅化(白色)和硫化物(黑色)相伴(正交偏光)。3 为第 1 矿带碳酸盐岩中的剪切带,其中的黑色斑点为硫化物(单偏光)。根据野外水平擦痕方向、拖褶皱轴与断面锐夹角及剪切透镜体两组剪裂面夹角判断 g 为向 110° 方向右行剪切。

第 1 矿化带长达 140m,宽达 20m;第 2 矿带长达 150m,宽达 50m。每个矿带发育 3—5 条矿脉(图 4)。矿脉由强硅化带及与硅化伴生的方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿等金属硫化物组成。硫化物以细脉状、块状、密集浸染状、稀疏浸染状分布在石英扁豆体中及其两侧的围岩中和围岩中的剪裂面中,是典型的蚀变岩型矿化。

室内磨制了 14 块矿石光、薄片。显微镜下观察,主要金属硫化物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,次为黄铜矿;脉石矿物为石英、方解石、长石、黑云母、绿泥石等。矿石呈半自形-它形粒状、交代残余、乳滴状(黄铜矿在闪锌矿中)结构,细脉状、块状、密集浸染状、稀疏浸染状构造。

围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐岩化、绿泥石化,以硅化为主。硅化表现为断续分布,宽达 50cm、长达数米的石英扁豆体及石英细脉,矿化都与硅化相伴(图版 I 图 3-2),矿化带都在硅化带中。

矿化带次生蚀变发育,尤其在碳酸盐岩中,红色褐铁矿发育,这是造成 TM 影像黄色色调异常的原因之一。

在 1,2 两个矿化带观测 34 个点,采集 31 个矿石样品。这些矿石化学成分分析结果表明,地表成分变化较大,Au 含量为 $1-50 \times 10^{-3}$ g/t,平均为 10.58×10^{-3} g/t;Ag 含量为 $50-5000 \times 10^{-3}$ g/t,平

均 1478.7×10^{-3} g/t; Cu 含量为 15—90 g/t, 平均为 35.08 g/t; Pb 含量为 16—26000 g/t, 平均为 4531.17 g/t; Zn 含量为 47—24600 g/t, 平均为 8145.03 g/t。根据第 2 矿化带采样位置平面图和样品化学分析结果, 运用 Kriging 插值计算了 Pb, Zn, Cu, Ag, Au 共

5 个元素的趋势面(图版 I 图 5)。该图表明, Pb, Zn, Cu, Ag 具有相同的品位变化趋势, 两端高, 以靠近花岗闪长岩一端最高; Au 与 Pb, Zn, Cu, Ag 互为消长关系; 当 Pb, Zn, Cu, Ag 高时两端低; 当 Pb, Zn, Cu, Ag 低时中部高, 呈马鞍形。

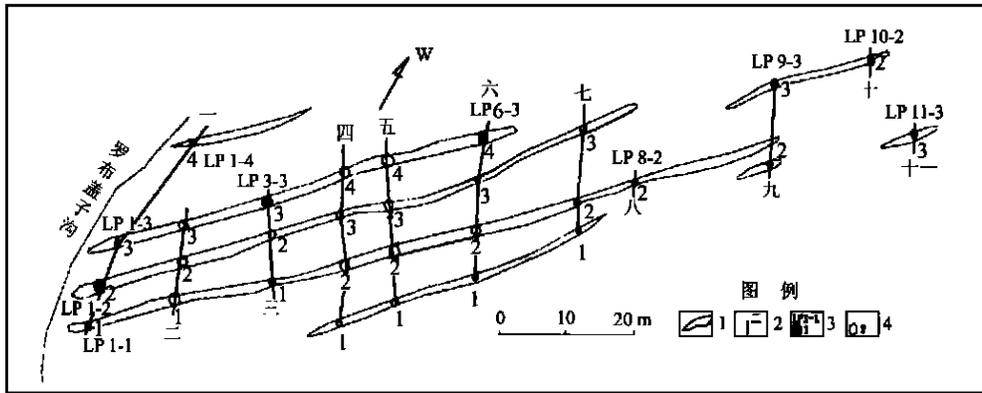


图 4 明铁盖罗布盖子沟第 2 矿化带矿脉与观测位置平面图

Fig. 4 The plane view of the ore veins and the observation locations of the second mineralization zone in the Luobugaizigou of the Mintiegai area

图例: 1—矿脉; 2—观测剖面及其编号; 3—采样点号及标本号; 4—观测点号

总结明铁盖罗布盖子沟多金属矿化遥感与测试资料, 其成矿地质特征可以概括为以下几个方面。(1) 产于燕山期花岗闪长岩外接触带; (2) 以下二叠统加温达坂组炭质岩系为含矿围岩; (3) 受北西向剪切带控制。推断罗布盖子沟多金属矿化是以花岗闪长岩环形影像南缘构造透镜体状影像南北侧的东西向弧形断裂为导矿通道, 岩浆含矿热液上升充填到北西向剪切带中成矿。

5 结论

(1) 中国西部高山冰雪覆盖区, 成矿环境的地质分析与遥感成矿标志信息是遥感矿产勘查的关键。根据相同的成矿环境产出相同的成矿类型进行“相似类比”, 运用遥感成矿信息可以大面积地区迅速、准确地集中和缩小勘查区域, 大量节省人力与财力。

(2) 喀喇昆仑明铁盖罗布盖子沟铅锌多金属矿化区的发现是上述遥感矿产勘察方法运用的成功实例。成矿环境和标志分析明确了该区的具体遥感目标是花岗岩、花岗闪长岩内外接触带的受断裂控制的热液脉型矿床。经掩膜冰雪后主成分分析的 TM 影像揭示了成矿环境与标志的组合影像; 花岗闪长岩环形影像南缘构造透镜体及其相关的蚀变色调

环, 提供了野外验证靶区。

(3) 野外样品, Pb, Zn, Cu, Ag, Au 趋势面分析图揭示了矿化强度双峰(Pb, Zn, Cu, Ag 元素)和单峰(Au 元素)空间变化规律。

(4) 由遥感矿化定位信息, 元素趋势面图分析和成矿特征综合分析明铁盖罗布盖子沟多金属矿化区是产于燕山期花岗闪长岩外接触带、受剪切带控制的、以黑色含炭岩系为含矿围岩的蚀变岩型矿化带。

致谢: 荆林海博士、刘素红博士协助进行了数据统计工作, 陈广浩、包安明同志一起开展了野外工作, 在此一并致谢。

参考文献 (References)

[1] Ballantyne, S. B., Ma, J. Landsat thematic mapper with ground truth element distribution: an example from British Columbia Golden Triangle district [J]. Program with abstract, CSC Forum, 1992, (3).

[2] Harris, J., Rencz, Ballantyne, A. N., Sheridoh, C. Mapping altered rocks using Landsat TM and lithochemical data: Sulphurets-Brucejack Lake district, British Columbia, Canada [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1998, 64(4): 309—322.

[3] Casacchia, F., Mazzarini, S., Salvadori, R., Salvini, H. Rock type discrimination by field, TM and SPOT data, TARN FLAT, Antarctica [J]. *INT. J. Remote Sensing*, 1999, 20(2): 403—420.

- [4] Ma, J. W., Slaney, V. R., Graham, D., Ballantyne, S. B., Harris, D. C. Use of Landsat TM data for the mapping of Limonite and altered rocks in the Sulphurets areas, Central British Columbia [A]. Proceedings of the 15th Canadian Symposium on Remote Sensing [C]. Calgary, Alberta, 1990, 419—422.
- [5] Ma, J. W., Guo, H. D., Wang, C. L., et al. Extraction of polymetallic mineralization information from multi-spectral TM data using Gram-Schmit Orthogonal projection method [J]. *INT. J. Remote Sensing*, 2000(in press).
- [6] Guo Huadong et al. Geological mineral resource remote sensing in northern Xinjiang [M]. Beijing: Science Press, 1995. [郭华东等. 新疆北部地质矿产遥感[M]. 北京: 科学出版社, 1995.]
- [7] Jiang Chunfa, Yang Jingsui, Feng Binggui, et al. Open and close tectonics of Kunlun mountains [M]. Beijing: Geology Press, 1992. [姜春发, 杨经绥, 冯秉贵等. 昆仑开合构造[M]. 北京: 地质出版社, 1992.]
- [8] Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Regional geology of Xinjiang Uygur Autonomous region [M]. Beijing: Geology Press, 1993. [新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.]
- [9] Pan Yusheng. Tectonic characteristics and evolution of western Kunlun mountains [J]. *Scientia Geological Sinica*. 1990, (3): 224—231. [潘裕生. 西昆仑构造特征与演化[J]. 地质科学, 1990, (3): 224—231.]
- [10] Pan Yusheng. Introduction to integrated scientific investigation on Karakorum and Kunlun mountains [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1992. [潘裕生. 喀喇昆仑山—昆仑山综合科学考察导论[M]. 北京: 气象出版社, 1992.]
- [11] Pan Yusheng, Wang Yi, Ph. Matt, et al. Geology along the Yecheng to Shiquanhe and tectonic evolution of the region involved [J]. *ACTA Geological Sinica*, 1994, **68**(4): 295—307. [潘裕生, 王毅, Ph. Matt 等. 青藏高原叶城—狮泉河路线地质特征及区域构造演化[J]. 地质学报, 1994, **68**(4): 295—307.]
- [12] Li Yongan, Li Xiangdong, Sun Dongjiang, et al. Tectonic evolution of Qiangtang block and Kangxiwa structure zone in Karakunlun mountains, southwest of Xinjiang, China [M]. Wulumuqi: Xinjiang Science & Hygiene Press, 1995. [李永安, 李向东, 孙东江等. 中国新疆西南部喀喇昆仑羌塘地块及康西瓦构造带构造演化[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1995.]
- [13] Ma Ruiqi. Tectonic evolution of southwestern Talimu plate [R]. 1995. [马瑞士. 塔里木板块西南边缘构造演化[R]. 八. 五国家科技攻关报告, 1995.]
- [14] Ding Daoqui, Wang Daoxuan, Liu Weixin, et al. Orogenic and basin of western Kunlun Mountains [M]. Beijing: Geology Press, 1996. [丁道奇, 王道宣, 刘伟新等. 西昆仑造山带与盆地[M]. 北京: 地质出版社, 1996.]
- [15] Pan Guitang, Chen Zhiliang, Li Xiangzhen, et al. Geological tectonic evolution in the eastern Tethys [M]. Beijing: Geology Press, 1997. [潘桂棠, 陈智梁, 李兴振等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1997.]
- [16] Bi Hua, Wang Zhonggang, Wang Yuanlong, et al. Evolution history of tectonic magma in western Kunlun mountains [J]. *Science in China*, 1990, **29**(5): 398—406. [毕华, 王中刚, 王元龙等. 西昆仑造山带构造——岩浆演化史[J]. 中国科学, 1999, **29**(5): 398—406.]
- [17] Li Jiliang, Sun Shu, Hao Jie, et al. On the classification of collision orogenic belts [J]. *Scientific Geological Sinica*, 1999, **34**(2): 129—138. [李继亮, 孙枢, 郝杰等. 论碰撞造山带的分类[J]. 地质科学, 1999, **34**(2): 129—138.]
- [18] Chen Hanlin. Characteristics and evolution of Taxkorgan-Kangxiwa collision orogenic belt and coupling between orogenic belt and Tarim basin [D]. Institute of Geology, CAS, 1998. [陈汉林. 塔什库干—康西瓦碰撞造山带的特征、演化及其对塔里木盆地的影响[D]. 中国科学院地质研究所, (博士学位论文), 1998.]
- [19] Liu Dequan, Tang Yanling, Zhou Ruhong, et al. Minerogenic series in Xinjiang, China [M]. Beijing: Geology Press, 1996. [刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 中国新疆矿床成矿系列[M]. 北京: 地质出版社, 1996.]
- [20] The Second Geological Team of the Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Geological map, Mineral resource map and geological introduction [R]. 1985. [新疆地质矿产局第二地质大队. 新疆南疆西部地质图、矿产图及说明书[R]. 1985.]
- [21] Beijing Company of Land Resources Remote Sensing. Geological remote sensing report of metal mineral resources in Talimu basin [R]. 1994. [北京国土资源遥感公司. 塔里木盆地金属矿产资源遥感地质报告[R]. 1994.]
- [22] Wang Yuzheng, Fang Xilian. A preliminary discussion on the regularity of special spatial distribution of granites in western Kunlun and Karakorum mountains. [J]. *Xinjiang Geology*, 1987, **5**(1): 9—24. [汪玉珍, 方锡廉. 西昆仑山、喀喇昆仑山花岗岩时空分布规律的初步探讨[J]. 新疆地质, 1987, **5**(1): 9—24.]
- [23] Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Report of regional geological survey of P. R. C., the region of upper Yereqiang river, 1:1000000. [R]. [新疆维吾尔自治区地质矿产局. 中华人民共和国区域地质调查报告——西昆仑叶尔羌河上游地区, 1:1000000[R].]

The Satellite Remote Sensing Exploration in Mintiegai Polymetallic Mineralization Area, Kalakunlun Mountains, Western China

YAN Shou-xun, MA Jian-wen, LIN Qi-zhong

(*Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*)

Abstract: It is the key for locating mineralized area with remote sensing technique to analyze the metallogenic geological environment and remote sensing information. It is very difficult to explore mineral resources in the high mountains where covered with glacier and snow. Through analysis of the geological setting, metallogenic environment and metallogenic marks, it has been well aware that the preferential target for remote sensing exploration is the hydrothermal vein type ore deposit which is located in the outer or inner contact zones of granite or granodiorite intrusion controlled by faults. The technique of Masking and Principal Component Analysis (MPCA) has been used to process the Landsat TM data, and the glacier and snow are masked. The MPCA 3, 5, 6 composite imagery shows the anomalous tone of limonite and silicic alteration and the circular feature of granodiorite intrusive rock as well as the lens-like structure in south of the circular image. The processed TM imagery has delineated the target for field investigation. At last, the Luobugaizigou polymetallic mineralized area is found.

Key words: metallogenic environment; metallogenic mark; Mintiegai area; remote sensing exploration; polymetallic mineralized area

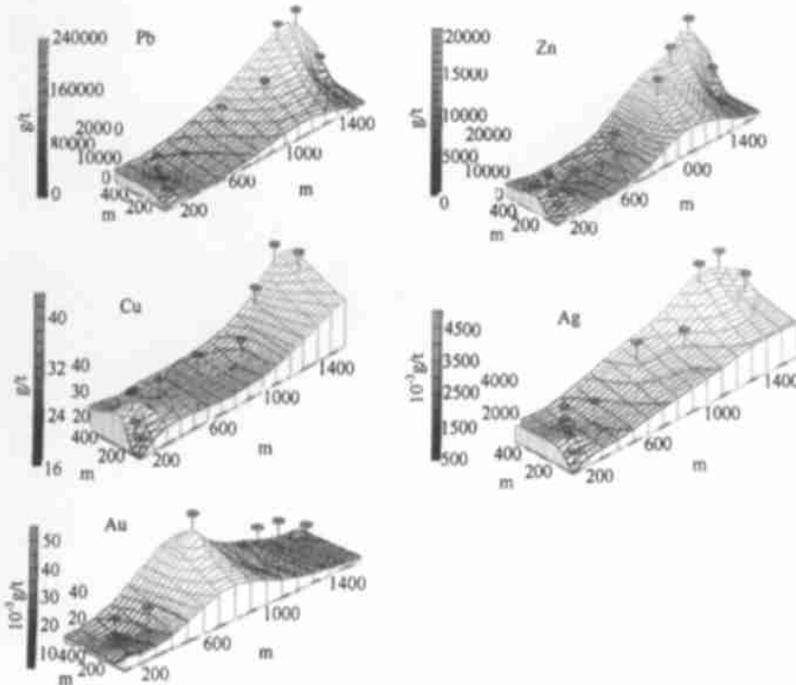


掩膜积雪后, PCA 3-R, 5-G, 6-B 主成分合成图像, 其中 a 区: 燕山期花岗岩闪长岩环形影像; b 区: 1 热蚀变大环; 2 热液蚀变小环; 3 燕山期花岗岩闪长岩环形影像北缘构造透镜体影像; c 区: 弧形影像

图 1 明铁盖地区 TM 影像图



图 3 明铁盖多金属矿化区剪切带和硅化特征显微照片 (3.3*4)



红色符号为采集分析样品位置, 图中显示出 Pb, Zn, Cu, Ag 均显示双峰趋势面, 而 Au 显示单峰趋势特征面

图 4 第 2 矿化带 Pb, Zn, Cu, Ag, Au Kriging 插值趋势面图