

doi: 10.6053/j.issn.1001-1412.2018.01.013

基于遥感的新疆西准哈图地区宝贝断裂的发现及其找矿意义

王军年¹, 刘磊², 周军², 胡志军¹, 纪征宝¹

(1. 新疆地质矿产局第七地质大队, 新疆 乌苏 833000;

2. 长安大学地球科学与资源学院, 西安 710054)

摘要: 哈图地区地处西准噶尔达尔布特断裂带上盘, 有利的构造及热动力条件导致该区形成许多金矿床、矿(化)点。文章以多种遥感数据为主导, 在哈图地区开展矿产勘查工作。首先利用 HSI 编码的 ETM+ 图像, 增强、解译识别区内断裂; 然后利用 ASTER 数据及光谱匹配滤波法提取矿化蚀变信息; 重点部位采用 Quickbird 高分辨率数据解译小岩体和石英脉; 并将多种结果进行综合分析。结果表明, HSI 编码的 ETM+ 图像可以有效解译出区内主断裂和次级断裂, 并在安奇断裂和达尔布特断裂间解译出了宝贝断裂; 蚀变信息结果与已知矿床、矿(化)点吻合较好, 沿宝贝断裂带提取出了一条白云母、高岭土、绿泥石蚀变带; 利用 Quickbird 高分辨率数据解译出了 2 个中性小岩体和数条石英脉, 通过对小岩体和石英脉进行野外检查, 发现了铜矿化点及微弱金矿化点多处, 为后续的找矿提供了方向。

关键词: 哈图地区; ETM+; ASTER; Quickbird; 宝贝断裂; 新疆

中图分类号: P627 **文献标识码:** A

0 引言

遥感技术已被广泛应用于岩性识别和找矿工作中, 不同岩石和矿物在可见光-短波红外区存在的波段特征差异为这些研究提供了理论基础^[1]。可见光波段光谱特征主要为金属离子迁移造成, 短波红外波段可探测碳酸盐岩、水合物和含羟基矿物^[1]。

ASTER 数据由于在短波红外区具有较高的光谱分辨率, 近年来被广泛用于岩性识别和矿化蚀变信息提取研究, 已有许多研究与应用实例^[2-6]。然而, 对于一些规模过小的矿体或矿化体如石英脉型矿化体, ASTER 数据 30 m 的空间分辨率则无法准确识别, 将 ASTER 数据与高分辨率数据(如 Quickbird、Worldview-II 等)结合可以有效解决这一问题^[7-8]。

本文将以多种遥感数据(ETM+、ASTER 和 Quickbird)为主导, 通过对新疆哈图地区特别是 4 个重点勘查区(勘查区 5、勘查区 10、勘查区 11、勘查区 12)进行遥感数据处理、分析, 结合野外地质检查工作, 以期对哈图勘查区的进一步找矿工作提供帮助。

1 地质背景

哈图地区地处新疆西准噶尔达尔布特断裂带上盘, 上盘石炭纪中酸性侵入岩发育(图 1), 其有利的构造及热动力条件导致区内形成许多金属矿床、矿点、矿化点, 矿床以石英脉型和蚀变岩型为主^[9-11], 少数矿床、矿点与火山机构(齐求 I 金矿)^[12]、蚀变超镁铁岩及玄武岩(萨尔托海金矿)^[12]、花岗岩体(宝贝铜矿)有关。

收稿日期: 2016-10-10; 改回日期: 2017-04-09; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号:41402288)资助。

作者简介: 王军年(1973—), 男, 高级工程师, 2009 年长安大学资源勘查工程专业本科毕业, 主要从事区域地质调查与矿产调查评价工作。通信地址: 新疆乌苏市乌鲁木齐北路 56 号, 新疆地质矿产局第七地质大队; 邮政编码: 833000; E-mail: 1753264512@qq.com

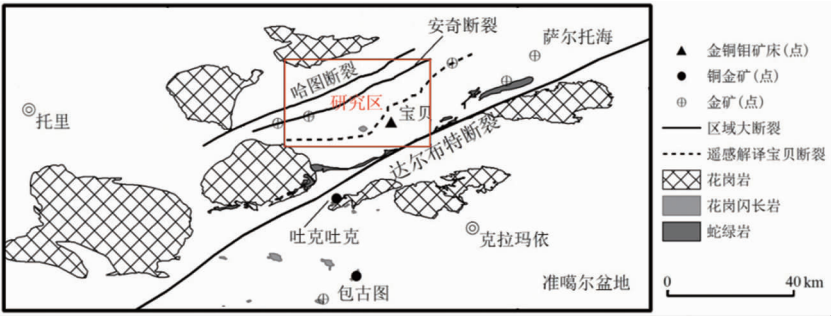


图 1 哈图地区大地构造背景

Fig. 1 Geotectonic setting of the working area

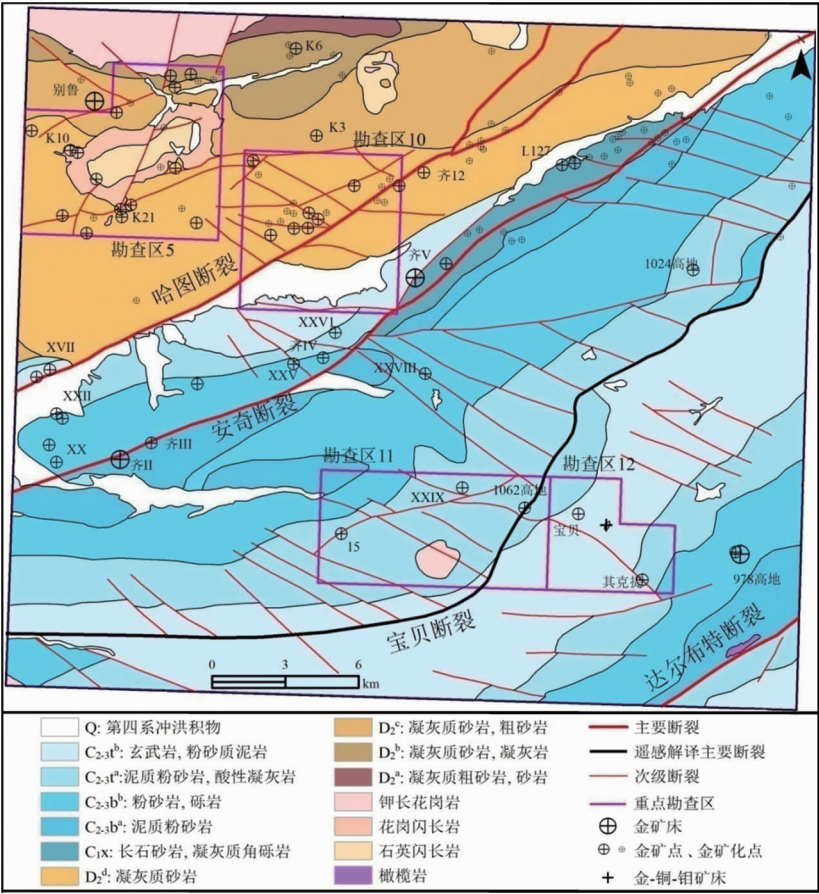


图 2 西准哈图地区地质图

Fig. 2 Geological map of the Hatu area, Western Junggar

哈图地区主要出露地层为下石炭统包古图组凝灰质粉砂岩、凝灰岩,中石炭统太勒古拉组凝灰岩、基性熔岩及中石炭统希贝库拉斯组凝灰质砂岩、凝灰岩,呈北东-南西向展布(图 2)。区内主要断裂构造发育有达尔布特断裂、哈图断裂和安奇断裂,其延伸方向均与地层走向一致,呈北东-南西向。次级断裂则多呈北西-南东向近平行排列,明显受主断裂控制,无法穿越主断裂。

达尔布特断裂带走向 NE,倾向 NW,倾角上陡下缓^[12],以上盘向 SE 大规模逆掩、形成叠瓦构造为特征^[12-13],断裂总长约 100 km。哈图断裂和安奇断裂为达尔布特断裂上盘 2 条主要断裂,且与达尔布特断裂近平行,走向 NE,倾向 NW。哈图断裂带与安奇断裂带垂直距离约 6 km,而安奇断裂带与达尔布特断裂带垂直距离约 17 km(图 1)。此 2 条断裂均沿地层单元界线延伸,且很多矿床(点)明显受两

条断裂控制而沿断裂带密集分布(见图 2)。根据构造形成过程中的应力条件,断裂应平行且近等距出现,因此在安奇断裂与达尔布特断裂之间通过遥感解译还应发现 1—2 条断裂构造。

区内已经发现的金、铜矿床/点多达几十处,主要为石英脉型和蚀变岩型两类。石英脉型矿体多以透镜状沿断裂延伸,并有分支复合现象;蚀变岩型矿体既可分布在石英脉型矿体的两侧,也可单独呈主矿体形式产出。蚀变以硅化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化等为主^[11]。

2 数据与方法

2.1 ETM+数据及处理

选取的 ETM+ 数据轨道号为 145/27,时相 2002 年 7 月 19 日,无云、雪。将 ETM+ 1~5 和 7 波段进行主成分变换,选取第 1、2、3 主成分变换至孟塞尔空间(HIS)进行 HSI 编码^[7],突出哈图地区构造信息。

2.2 ASTER 数据及处理

需 2 景 ASTER 数据方可覆盖哈图地区,本次研究所采用的 ASTER 数据获取于 2002 年 9 月 21 日,数据无云、雪干扰,质量较好。将 1~3 波段重采样至 30 m 后,利用内部平均相对反射率法(Internal Average Relative Reflectance, IARR)^[14]对 ASTER 数据进行大气校正。

2.2.1 蚀变矿物光谱特征分析

哈图地区矿化蚀变以白云母化(或绢云母化)、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化为主,很多矿点都见有孔雀石,上述矿物对应的实验室光谱曲线如图 3 所示。由图 3a 可知,绢云母化、高岭土化由于含有 Al—OH,因此在 2.2 μm 附近都具有强吸收特征,位于 ASTER 的第 5、6 波段;绿泥石和绿帘石在 2.32 μm 处具有强吸收,位于 ASTER 第 8 波段;而孔雀石则在 2.27 μm 处存在强吸收特征,对应于 ASTER 第 7 波段^[1]。经光谱重采样,这些吸收谷的位置虽然略有偏移,但总体特征被保留下来(图 3b)。

2.2.2 蚀变信息提取方法

匹配滤波法(Matched filtering, 简称 MF)利用局部分离获取用户定义端元光谱的丰度,该方法可

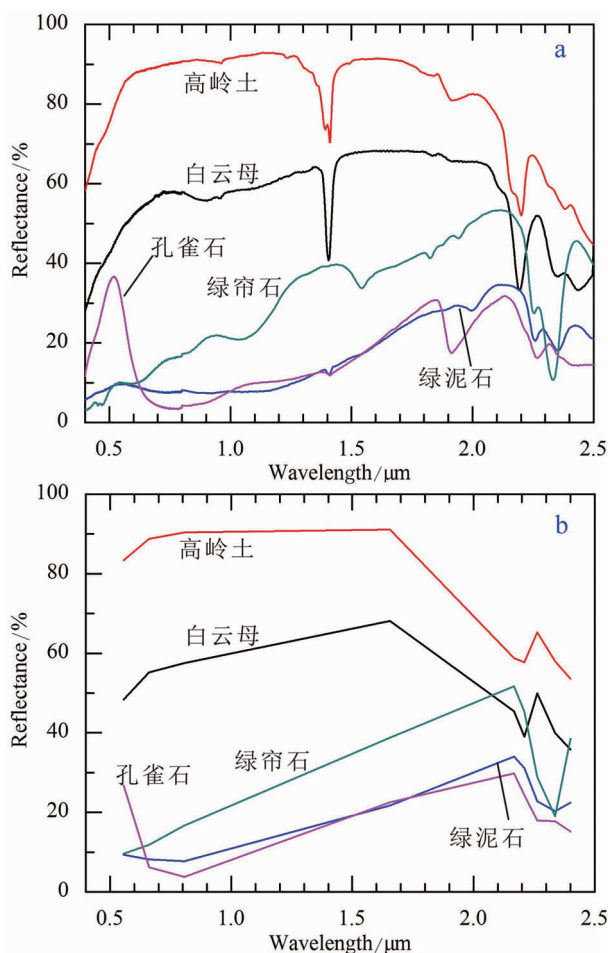


图 3 哈图地区 5 种典型蚀变矿物光谱曲线

Fig. 3 Laboratory reflectance spectra of five typical alteration minerals in the study area

a. JPL 光谱库模式; b. 重采样至 ASTER 波段范围

将已知端元光谱的响应最大化,并抑制未知背景的混合响应,从而达到匹配已知光谱的目的^[15]。端元光谱可为光谱库中矿物或岩石光谱,也可为像元端元光谱。本研究选取光谱库中白云母、高岭土、绿泥石、绿帘石和孔雀石 5 种矿物光谱作为参考光谱。

2.3 Quickbird 数据及处理

Quickbird 数据在可见光—近红外范围(450 nm—900 nm)包含 4 个多光谱波段和 1 个全色波段,空间分辨率分别为 2.44 m 和 0.61 m,适用于较小侵入岩体和脉体解译。本研究购买了 2 景 Quickbird 数据,时相分别为 2012 年 10 月 12 日和 2012 年 10 月 13 日。采用 Brovey 法将自然彩色图像(Quickbird 3、2、1 波段置于红绿蓝通道)与全色图像进行分辨率融合,用于解译哈图地区内中酸性小岩体和石英脉。

3 结果与分析

3.1 断裂解译

图4为哈图地区ETM+数据HSI编码图像,各岩性单元界线、主断裂、次级断裂和褶皱构造均较清晰,根据此图像解译了宝贝断裂。

宝贝断裂存在的证据如下:

(1)哈图断裂带与安奇断裂带垂直距离约6 km,而安奇断裂带与达尔布特断裂带垂直距离约17 km(见图1)。根据构造形成过程中的应力条件,断裂应平行且近等距。因此,安奇断裂与达尔布特断裂间应存在断裂。

(2)哈图断裂和安奇断裂2条断裂均沿地层单元界线延伸,安奇断裂与达尔布特断裂间有多种岩性单元界线(见图2)。宝贝断裂上盘、下盘地层岩性、厚度明显存在差异,上盘岩性均一且岩层较薄(图4中红色箭头指示宝贝断裂上盘岩层,以黄色调为主,主要为太勒古拉组碎屑岩($C_{2-3}t^a$)),下盘岩性与上盘不同,厚度也较大(图4中宝贝断裂下盘岩性以蓝紫色调为主,主要为太勒古拉组火山碎屑岩

($C_{2-3}t^b$))。

(3)很多矿床(点)明显受哈图断裂和安奇断裂2条断裂控制而沿断裂带密集分布(见图2),同样,宝贝断裂也控制了多个矿床/点(宝贝、1062高点、1024高点等)。

(4)南西-北东向大断裂(哈图、安奇、宝贝)均控制了南东-北西向次级断裂发育(SE-NW向为主)。南东-北西向次级断裂对南西-北东走向的地层单元有明显断错,且次级断裂不穿越主断裂。宝贝断裂上盘、下盘次级断裂密集程度差异明显(图4)。

(5)沿宝贝断裂带岩层发生明显褶皱,是塑性变形的反映,说明有应力集中;沿断裂带上下盘褶皱的程度不同,上盘明显褶皱强,下盘褶皱弱,表明有断裂变形发生(图4)。

(6)化探异常:1:20万化探数据利用Kriging插值结果表明,Au、Ag、Cu、Mo异常均明显受主断裂控制,宝贝断裂上盘、下盘4种元素异常分布差异明显(图5)。

(7)蚀变带:利用ASTER数据提取的蚀变异常结果中,存在一条规模较大的蚀变带沿宝贝断裂延伸,如此大规模的蚀变带必然与大断裂相关(图6)。

3.2 蚀变信息

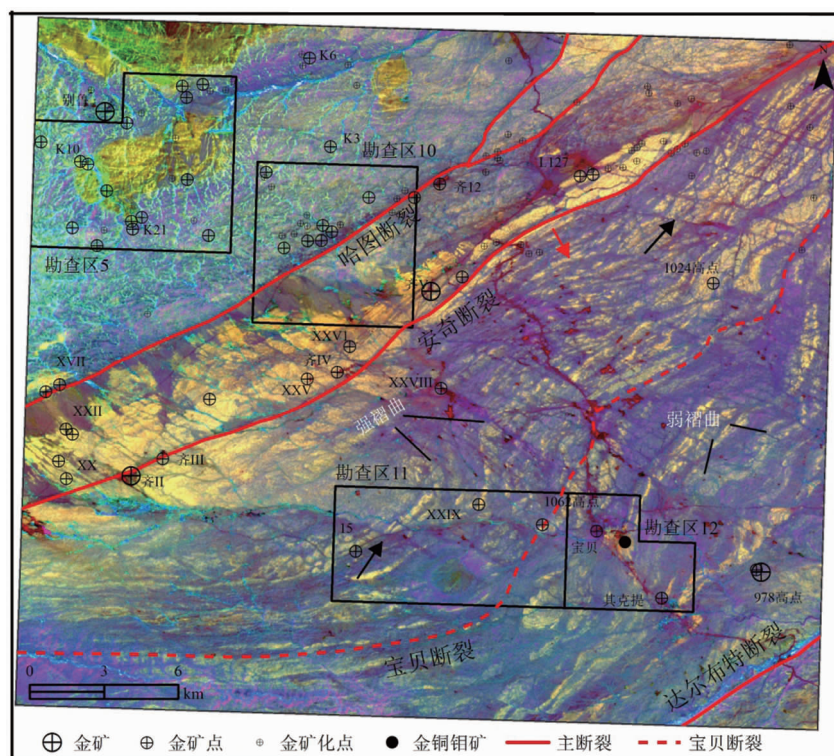


图4 ETM+数据HSI编码突出构造图像

Fig. 4 Structures enhanced by using HSI coding ETM+ image

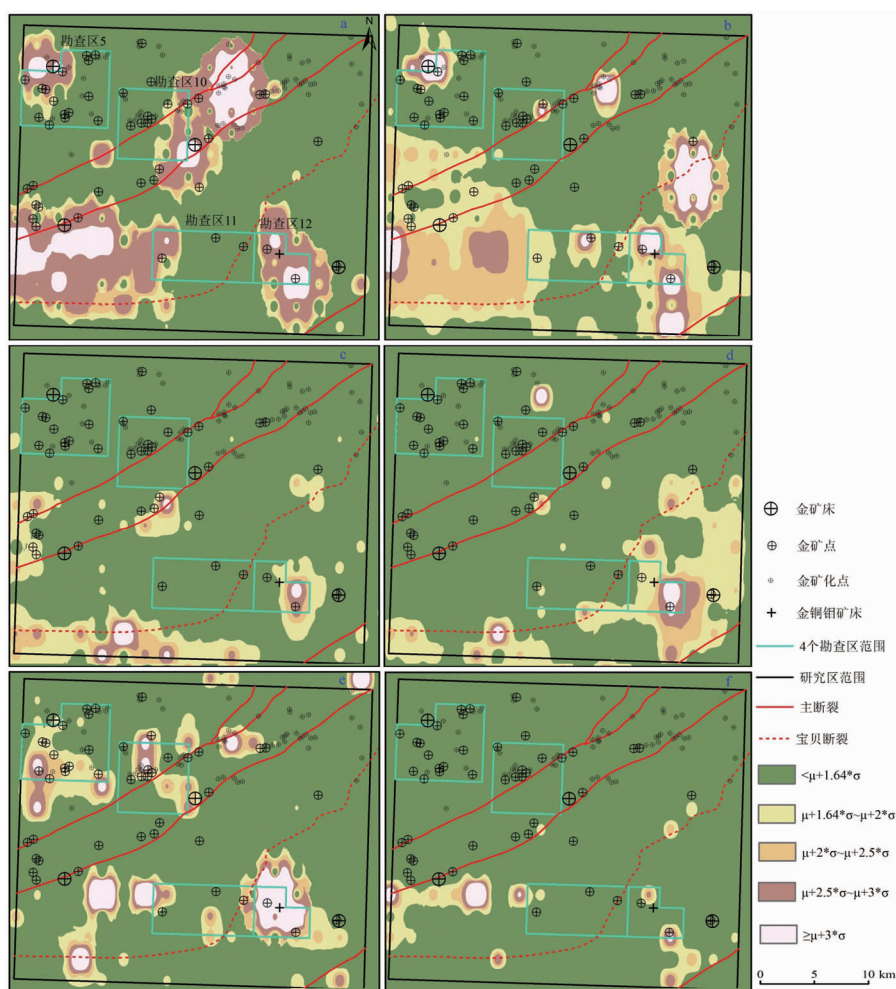


图5 哈图地区地球化学异常图

Fig. 5 Geochemical anomaly images of the study area

a. Au 地球化学异常; b. Ag 地球化学异常; c. Cu 地球化学异常;

d. Mo 地球化学异常; e. As 地球化学异常; f. Sb 地球化学异常;

μ : 均值; σ : 标准差

ASTER 提取的蚀变信息结果表明,区内蚀变带分布明显受断裂控制,且与已知矿床、矿(化)点吻合较好。哈图断裂上盘蚀变信息主要分布在两个花岗岩体内部及接触带,以白云母和高岭土为主(图6)。安奇断裂上盘蚀变沿断裂呈北东-南西向展布,以绿泥石、绿帘石为主,零星分布有白云母、高岭土和孔雀石,且蚀变与已知矿床、矿(化)点吻合较好。宝贝断裂上盘北东段提取出一条规模较大的蚀变带,蚀变带呈北东-南西向展布,延伸总长可达 20 km,以白云母、高岭土为主,有少量绿泥石。宝贝断裂带下盘与达尔布特断裂上盘间蚀变以绿泥石化为主,呈北东-南西带状、线状分布,零星分布少量白云母异常。

3.3 小岩体与石英脉解译

利用 Quickbird 高分辨率数据在勘查区 11 内成功解译了 2 处小岩体,小岩体在自然彩色图像中呈浅色(白色—浅灰色),浑圆状,与围岩差异明显(图7)。

石英脉由于反射率较高,在 Quickbird 高分辨率图像中呈亮白色,线状延伸,由于硬度较大而多呈一定程度的正地形。利用高分辨率数据沿宝贝断裂解译出了多条石英脉(图8)。

3.4 综合分析及野外验证

由于区内已知矿产(金矿伴生铜矿化)大多数沿哈图断裂带、安奇断裂带分布,且矿化多与岩体、石英脉、蚀变带有关,因此本次野外验证工作重点对沿宝贝断裂带发育的中酸性侵入岩体、蚀变带和石英脉开展野外检查,以期发现新的矿化线索。2014 年

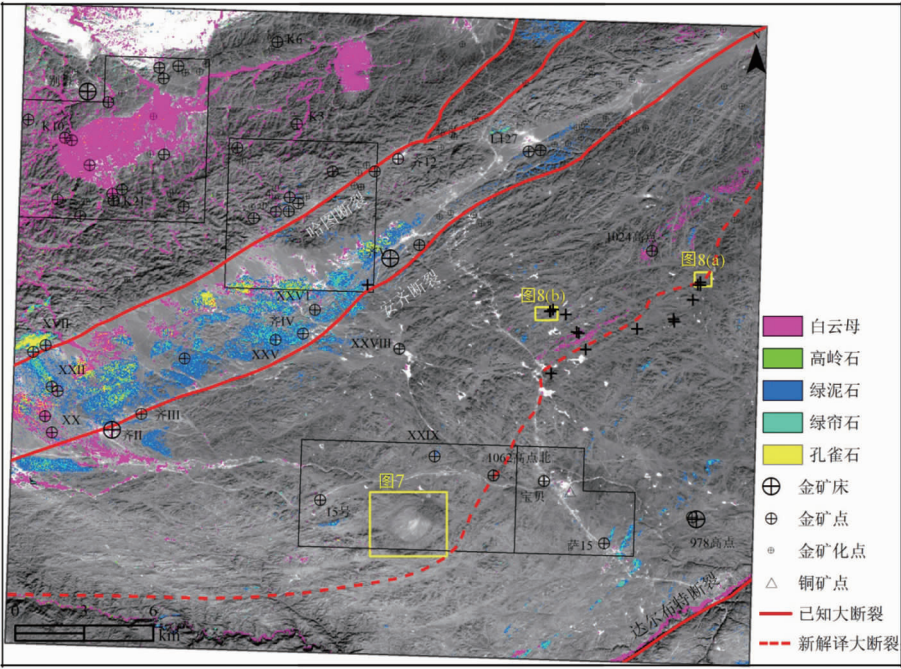


图 6 ASTER 蚀变信息提取结果
Fig. 6 Alteration information extracted from ASTER data

8 月对蚀变带、新解译小岩体和石英脉进行了野外验证。

(1)对勘查区 11 新解译的两处中酸性小岩体进行野外检查(图 7),确定两处小岩体的岩性为花岗斑岩,系典型中酸性浅成岩小岩体,大小分别为 75 m×120 m、150 m×150 m。岩体呈浅绿灰色,基质颗粒细小(多小于 1 mm),有少量云母,斑晶主要为红色钾长石(5 mm±)并有少量石英,总体成分中偏酸性,存在绢云母化、绿泥石化、硅化蚀变,但地表未见明显金属矿化。

(2)沿宝贝断裂延伸的带状蚀变异常主要呈灰绿色,以凝灰质粉砂岩、泥岩为主,局部有蚀变安山岩、玄武岩,主要有绿泥石化、绢云母化,次生蚀变高岭土化也较常见,局部伴有硅化并发育细粒黄铁矿。

(3)对利用 Quickbirdx 数据在构造蚀变带(或沿宝贝断裂)附近解译出的大量疑似石英脉中的一些较大的脉体进行了野外实地检查。X821-Q8M1 石英脉长 70 m(图 8(a)),向西南方向断续延伸至 X821-Q8M2,有铜矿化($w(\text{Cu})=641\times 10^{-6}$)及微弱金矿化($w(\text{Au})=21.0\times 10^{-9}$),石英脉带断续总长超过 300 m,值得开展深部找矿工作。X819-TQ3 石英脉 3 处露头总长约 200 m(图 8(b)),中间拨开碎石即可见石英脉,因此判断该 3 处露头为一连续延伸的石英脉。X819-TQ3M1、X819-TQ3M2 等已发现黄铜矿化, $w(\text{Cu})=114\times 10^{-6}$,值得使用工程剥露,从而探索金矿化情况。

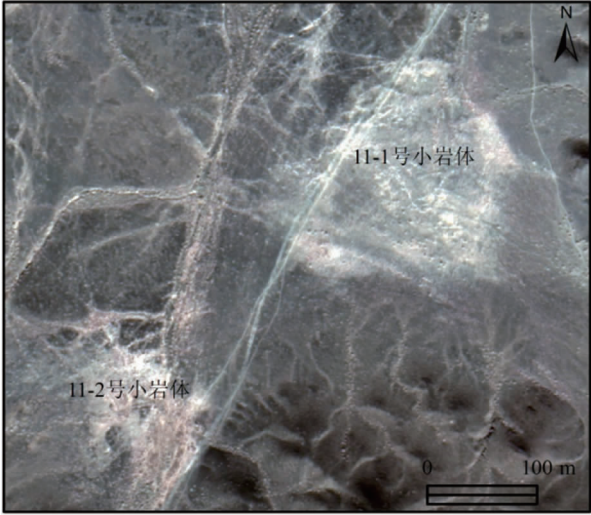


图 7 哈图地区新发现 2 个小岩体
Fig. 7 Two new identified small intrusions in the study area

值得使用工程剥露,从而探索金矿化情况。

4 结语

本次在新疆西准哈图勘查区利用 ETM+、ASTER 和 Quickbird 遥感数据及多种图像处理方法

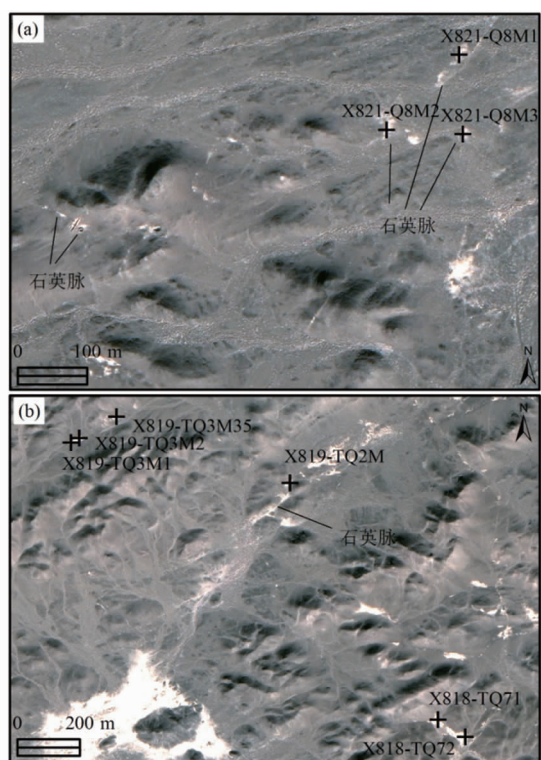


图 8 Quickbird 数据解译的石英脉及野外检查点位置

Fig. 8 Quartz veins interpreted from Quickbird data

开展以遥感为主导的找矿工作,通过构造解译、蚀变带提取、石英脉解译及野外验证,可得出如下结论:

(1)利用 HSI 编码的 ETM+ 图像,可有效增强、解译识别区内北东-南西向主断裂和大量北西-南东向次级断裂,确定了宝贝断裂带的存在,对于区内构造框架、构造与矿化关系研究具有重要意义。

(2)利用 ASTER 数据及 MF 法提取的矿化蚀变信息与已知矿床、矿(化)点吻合较好,沿宝贝断裂带提取出了一条白云母、高岭土、绿泥石蚀变带,蚀变带延伸长约 20 km。

(3)利用 Quickbird 高分辨率数据解译出了 2 个中酸性小岩体和数条石英脉,通过对小岩体和石英脉进行野外检查,发现了铜矿化及微弱金矿化点多处,为区内后续深部找矿提供了方向。

(4)宝贝断裂带、沿断裂蚀变带均向哈图地区外北东方向继续延伸,有必要利用本研究中的数据、方法向北东方向进行扩展研究,以期发现新的矿化线索。

参考文献:

[1] HUNT G R. Spectral Signatures of Particulate Minerals in the Visible and Near Infrared[J]. Geophysics, 1977, 42(3): 501 - 513.

[2] Fu B H, Zheng G D, Ninomiya Y, et al. Mapping hydrocarbon-induced mineralogical alteration in the northern Tian Shan using ASTER multispectral data[J]. Terra Nova, 2007, 19 (4): 225 - 231.

[3] 张玉君,姚佛军. 应用多光谱 ASTER 数据对 ETM 遥感异常的定性判别研究——以东昆仑五龙沟为例[J]. 岩石学报, 2009, 25(4): 963 - 970.

[4] Pour B A, Hashim M. Identification of hydrothermal alteration minerals for exploring of porphyry copper deposit using ASTER data, SE Iran [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 42(6): 1309 - 1323.

[5] Liu Lei, Zhou Jun, Yin Fang, et al. The reconnaissance of mineral resources through ASTER data-based image processing, interpreting and ground inspection in the Jiafushaersu area, West Junggar, Xinjiang (China)[J]. Journal of Earth Science, 2014, 25(2): 397 - 406.

[6] Liu Lei, Zhou Jun, Zhuang Dafang, et al. Lithological discrimination of the mafic-ultramafic complex, Huitongshan, Beishan, China: using ASTER data [J]. Journal of Earth Science, 2014, 25(3): 529 - 536.

[7] Liu Lei, Zhou Jun, Jiang Dong, et al. Targeting Mineral Resources with Remote Sensing and Field Data in the Xiemisitai Area, West Junggar, Xinjiang, China [J]. Remote Sensing, 2013, 5(7): 3156 - 3171.

[8] 尹芳,刘磊,张继荣,等. 新疆谢米斯台地区小岩体型矿化遥感探测[J]. 地球学报, 2014, 35(5): 561 - 566.

[9] 范宏瑞,金成伟,沈远超. 哈图金矿成矿流体地球化学[J]. 矿床地质, 1998, 17(2): 136 - 148.

[10] Wang Lijuan, Wang Jingbin, Wang Yuwang, et al. Fluid geochemistry and metallogenesis of Hatu gold deposit in Juggar Basin, Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(2): 387 - 391.

[11] 王莉娟,朱和平. 新疆准噶尔盆地西缘哈图金矿成矿流体[J]. 中国地质, 2006, 33(3): 666 - 671.

[12] 甘源明,颜秉刚,李忠文. 新疆托里县萨尔托海—安齐金矿带成矿地质条件、分布规律及找矿标志的研究[C]//沈阳地质矿产研究所编. 中国金矿主要类型找矿方向与找矿方法文集(第三集). 北京:地质出版社, 1996: 1 - 34.

[13] Feng Y, Coleman R G, Tilton G, Xiao X. Tectonic evolution of the West Junggar region, Xinjiang, China[J]. Tectonics, 1989, 180: 729 - 752.

[14] Ben-Dor E, Kruse F A. The relationship between the size of spatial subsets of GER 63 channel scanner data and the quality of the Internal Average Relative Reflectance (IARR) correction technique[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15: 683 - 690.

[15] Boardman J W, Kruse F A, Green R O. Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data, Fifth JPL Airborne Earth Science Workshop[M]. JPL Publication, 1995: 23 - 26.

The remote sensing data-based discovery of Baobei Fault and Its Significance for Mineral Prospecting in Hatu area, Western Junggar, Xinjiang

WANG Junnian¹, LIU Lei², ZHOU Jun², HU Zhijun¹, JI Zhengbao¹

(1. *Seventh Geological Brigade, Xinjiang Bureau of Geology and
Mineral Resources, Wusu 833000, Xinjiang, China;*

*2. School of Earth Sciences and Resources,
Chang'an University, Xi'an 710054, China)*

Abstract: Hatu area is situated at the hanging wall of the Darbut fault with favorable structural and thermodynamic conditions and many gold deposits and occurrences discovered. This research uses multi-remote sensing data to explore mineralization in the Hatu area. Firstly, HSI coding method was used to process ETM+ data to enhance and interpret faults. Secondly, ASTER and matched filtering were adopted to extract alteration minerals. Thirdly, high-resolution Quickbird data was utilized to interpret small intrusions and quartz veins. Finally, all the results were analyzed synthetically to identify some targets. The result shows that the HSI coding ETM+ image is effective to interpret the main faults and secondary faults in the area. The alteration information is coincident with the known deposits. The Baobei fault was identified between Anqi fault and Darbut fault. A new alteration belt composed of muscovite, kaolinite and chlorite was extracted along Baobei fault and two small acid intrusions and a number of quartz veins were interpreted using Quickbird data. Through field inspection of the intrusions and quartz veins, a number of weak copper and gold mineralization locations were discovered for the first time. The result brings new geological knowledge of the region's metallogeny and provides some new directions for mineral exploration in the future.

Key Words: Hatu; ETM+; ASTER; Quickbird; Baobei fault; Xinjiang