

doi: 10.6046/gtzyyg.2014.02.25

引用格式: 邓会娟, 姚聿涛, 彭光雄, 等. 青海纳日贡玛斑岩型 Cu - Mo 矿床遥感蚀变异常提取与找矿预测 [J]. 国土资源遥感 2014 26(2): 154 - 161. (Deng H J, Yao Y T, Peng G X, et al. Extraction of remote sensing alteration anomalies and prospecting prediction of porphyry Cu - Mo deposits in Narigongma, Qinghai Province [J]. Remote Sensing for Land and Resources 2014 26(2): 154 - 161.)

## 青海纳日贡玛斑岩型 Cu - Mo 矿床遥感蚀变异常提取与找矿预测

邓会娟<sup>1</sup>, 姚聿涛<sup>1</sup>, 彭光雄<sup>2</sup>, 夏浩东<sup>1</sup>

(1. 国土资源实物地质资料中心, 燕郊 065201;

2. 中南大学有色金属成矿预测教育部重点实验室, 长沙 410083)

**摘要:** 青海三江北段是我国重要的多金属成矿区带, 具有形成大型、特大型金属矿床的赋存条件及地质背景。纳日贡玛矿床是该区带中最为典型的斑岩型 Cu - Mo 矿床。针对斑岩型矿床的典型蚀变分带特征, 利用 ASTER 数据, 采用 Crosta 技术和比值法进行高岭石化、青磐岩化、黄铁矿化和硅化等遥感蚀变异常信息的提取; 通过对 ASTER 和 QuickBird 图像的遥感解译, 获得花岗斑岩体和断裂构造的空间分布图; 根据纳日贡玛矿床的成矿规律和控矿要素, 利用遥感数据获得的找矿预测因子, 圈定了 8 个具有良好找矿前景的遥感找矿预测区, 并总结出纳日贡玛的遥感蚀变异常分带规律, 可为三江北段成矿带中其他斑岩型 Cu - Mo 矿床的找矿勘查提供重要参考信息。

**关键词:** 斑岩型 Cu - Mo 矿床; 蚀变分带; Crosta 技术; 找矿预测; 纳日贡玛

**中图法分类号:** TP 79; TP 753 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001 - 070X(2014) 02 - 0154 - 08

## 0 引言

青海三江北段成矿带位于特提斯(Tethys)构造域的东段、冈瓦纳大陆与劳亚大陆的结合部位, 经历晚古生代—中生代特提斯构造演化和新生代大陆碰撞造山的叠加转换, 发生了多幕式的大规模成矿作用和巨量规模金属的工业聚积, 具有重要的理论研究价值和找矿勘查潜力。由于自然条件恶劣、交通不便, 该地区基础地质调查及矿产勘查工作相对滞后, 因而遥感技术在找矿勘查中发挥了重要作用。近年来, 我国遥感地质工作者在遥感蚀变信息提取和找矿预测方面开展了大量研究, 取得了丰硕成果, 为基础地质调查及矿产勘查工作提供了丰富经验和研究基础。例如: 别小娟等<sup>[1]</sup>对藏东蛇绿岩遥感岩矿信息提取方法进行了探讨; 刘文兰等<sup>[2]</sup>对遥感构造蚀变异常信息提取及找矿预测进行了尝试; 程知言等<sup>[3]</sup>对金矿遥感蚀变信息提取及成矿预测进行了研究, 均取得较好的地质找矿效果, 为其他地区的遥感蚀变信息提取与找矿预测提供了有益的参考。

青海三江北段成矿带的主攻矿床类型之一是斑岩型 Cu - Mo - Au 矿床<sup>[4]</sup>, 而斑岩型矿床具有独特的围岩蚀变分带特征, 为遥感蚀变异常信息的提取及找矿应用奠定了良好的地质基础。张玉君等<sup>[5-6]</sup>利用 ASTER 数据对我国东天山土屋斑岩型 Cu 矿床、蒙古国欧玉陶勒盖斑岩 Cu - Au 矿床等多个矿床的遥感蚀变异常进行了研究, 取得了很好的效果; 燕守勋等<sup>[7]</sup>运用遥感技术在国内新发现了大量有价值的新矿床(点); 姚佛军<sup>[8]</sup>对中国典型斑岩 Cu 矿的遥感蚀变分带模型进行了比较系统的研究, 结果表明利用遥感技术提取的蚀变异常与实际蚀变分带具有非常好的对应关系。由于纳日贡玛的 Cu - Mo 矿产资源储量达到大型矿床规模, 是三江北段成矿带内最具代表性的斑岩型 Cu - Mo 矿床<sup>[9]</sup>, 因此本文利用 ASTER 数据进行蚀变异常的信息提取, 利用 ASTER 和 QuickBird 图像进行花岗斑岩体和断裂构造解译, 利用遥感获得的找矿预测因子对纳日贡玛斑岩型 Cu - Mo 矿床进行蚀变分带特征研究和找矿预测, 以期三江北段成矿带斑岩型 Cu - Mo 矿的找矿勘查提供重要参考信息。

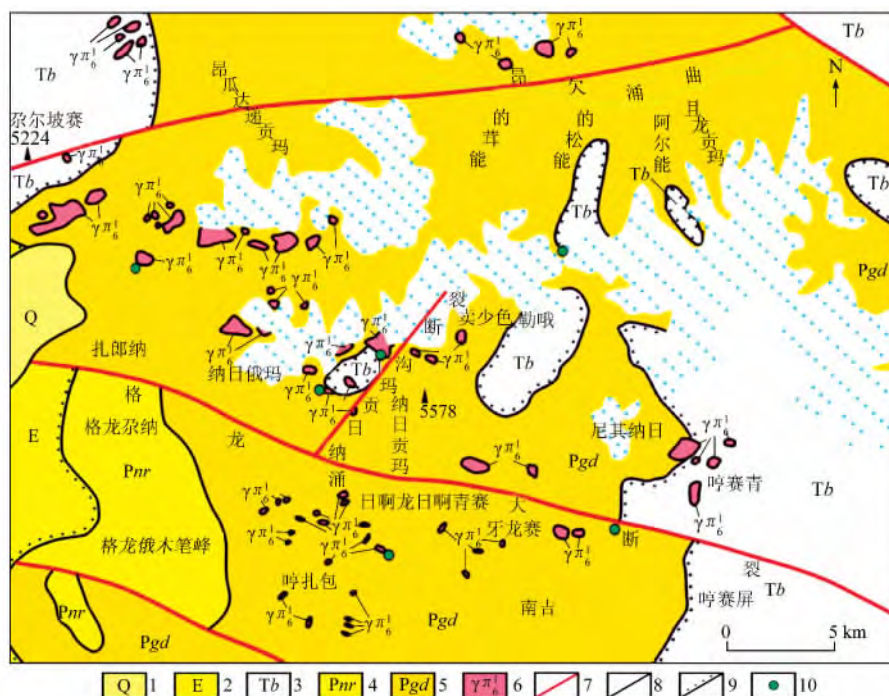
收稿日期: 2013 - 05 - 13; 修订日期: 2013 - 07 - 02

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“国家级岩心标本采集及数字化”(编号: 1212011120404) 和湖南省科技资助计划博士后专项(编号: 2012RS4047) 共同资助。

## 1 研究区概况

青海杂多县纳日贡玛 Cu - Mo 多金属成矿区位于青藏高原东北缘、青海三江成矿带的北段,其大地构造位置处于特提斯构造域的东段、冈瓦纳大陆与劳亚大陆的结合部位。区内已发现了纳日贡玛、陆日格和众根涌铜等矿床(点),呈现出良好的斑岩 -

矽卡岩型大型成矿系统的找矿前景。纳日贡玛地区的主要含矿地层主要为二叠系开心岭群杂尔笛考组(Pgd),主要岩性为灰绿色、紫红色夹杂色火山碎屑岩、火山岩夹灰岩、砂岩及砾岩等,是一套海陆交互的碎屑岩建造和碳酸盐岩建造,呈不规则状产出,与下伏石炭系地层呈断层接触,受断裂破坏而延伸不连续(图1)。



1. 第四系冲洪积物; 2. 新近系五道梁组; 3. 三叠系结扎群波里拉组; 4. 二叠系开心岭群诺日巴日保组; 5. 二叠系开心岭群杂尔笛考组; 6. 喜山早期灰白色花岗斑岩; 7. 断裂; 8. 地质界线; 9. 不整合地质界线; 10. Cu - Mo 矿床(点)

图1 青海纳日贡玛地区地质图

(据彭光雄<sup>[10]</sup>修改 2013)

Fig.1 Geological map of Narikongma region, Qinghai Province

矿区构造较为发育,除 NW—SE 向主体构造外,还发育一系列次级断裂系统,斑岩体的就位受断裂的控制较为明显。Cu - Mo 矿化带赋存于格龙涌大断裂北侧,NE 向次级断裂与 NWW 向格龙涌大断裂交切部位的喜山早期黑云母花岗斑岩体内。下二叠统中基性玄武岩和安山岩构成含矿斑岩体的围岩。岩石普遍发生黄铁矿化和青磐岩化,二者呈过渡关系。纳日贡玛 Cu - Mo 矿床受喜山早期黑云母花岗斑岩控制,矿体赋存于岩体内部及与围岩的接触带,形态呈带状、厚板状和不规则状。矿区内的蚀变带分布有一定的范围和规律,含矿斑岩体蚀变的分带由内向外为钾化带和黄铁绢云岩化带。矿区内的岩石以斑岩体为中心蚀变强烈,斑岩体内具有粘土化、较强而普遍的硅化 - 绢云母化、较弱的钾化等蚀变,环绕斑岩体的围岩则呈现出面型的青磐岩化、

黄铁矿青磐岩化及局部的矽卡岩化等蚀变特征。

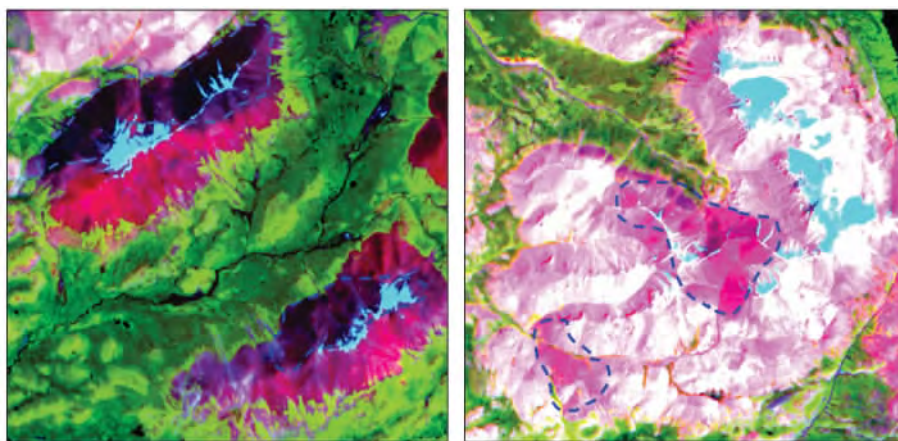
## 2 遥感找矿要素

### 2.1 斑岩体和构造解译

本区线性构造较为发育,各种地质体出露较多,地形地貌形态多样。地貌上以大型陡峻的块状、长条状山体为主,山顶尖棱状,山脊不平整。出露岩性以碳酸盐岩和碎屑岩为主,分布有小面积中基性火山岩及中酸性侵入岩。与斑岩型矿床有关的控矿构造主要是走向为 NWW 和 NE 的断裂构造。区内的断裂构造在遥感影像上具有清晰的线性异常表现,多呈直线状或略有弧形弯曲。沿线性形迹常发育有负地形,或见有山体错断等现象。根据区域矿产资料,与斑岩型矿体有关的侵入体主要为中酸性斑岩

侵入体。在 ASTER B6( R) B3( G) B2( B) 假彩色合成图像( 图 2) 中,主要表现为 2 类影像图斑: ①呈棕红色色调,中等明亮度,块状纹形理,植被稀疏( 图 2( a) ); ②深粉红色,明亮度较强,呈环状突起,

基本没有植被覆盖( 图 2( b) )。在经过斑岩体信息处理的图像中,斑岩体均呈斑块状、与周围影像地质体间的接触界线呈不规则弯曲状,界线清晰,形态特征明显,据此共圈定斑岩体几十处( 图 1)。



( a) 棕红色斑岩体

( b) 深粉红色斑岩体

( 蓝色虚线圈定范围为中性斑岩侵入体)

图 2 纳日贡玛地区花岗斑岩体影像特征

( ASTER B6( R) B3( G) B2( B) 假彩色合成图像)

Fig. 2 ASTER image features of granitic porphyry rockbodies in Narikongma region

通过野外查证,根据遥感影像圈定的岩体与野外实地情况有很好的 consistency,且斑岩体均具有一定的矿化现象。纳日贡玛花岗斑岩体为含矿主岩体,其围岩为黄铁矿化、青磐岩化玄武岩。

## 2.2 遥感矿化蚀变信息提取

燕守勋等<sup>[7]</sup>对 700 多个矿床( 点) 统计后发现,在用 Crosta 技术( 即主成分分析法) 处理后的假彩色合成图像中,高含铁氧化物的暗红图斑主要与 Fe、Pb、Zn、Au、Cu 和 Mo 矿有关,高含铁氧化物与高含羟基矿物的亮白图斑主要与内生 Cu 矿有关,总相关率达 45%<sup>[7]</sup>。用 Crosta 技术处理后的 TM 和 ASTER 等遥感图像均表现出良好的指示找矿能力,

因而被广泛地应用于矿床蚀变岩的信息增强处理中,在找矿勘查中发挥了重要作用。Crosta 等<sup>[11]</sup>、张玉君等<sup>[6]</sup>和彭光雄等<sup>[12]</sup>的研究均已表明,根据基于 ASTER 图像的不同波段组合,采用 Crosta 技术,可以对黄铁矿化、高岭石化及青磐岩化等矿化蚀变信息进行有效的提取。在一般情况下,反射率高低相反波段对应的特征向量值的符号相反且绝对值比较大的组分即为矿化蚀变异常所在的组分,通常在第 4 主成分( PC4) 中。通过对本区 ASTER 图像进行 Crosta 分析,得到与黄铁矿化、高岭石化和青磐岩化对应的异常组分及其特征向量( 表 1)。

表 1 用 Crosta 技术提取矿化蚀变的 ASTER 图像波段组合及异常组分的特征向量

Tab. 1 Characteristic vectors of ASTER band combinations and abnormal component of mineralization alteration extracted with Crosta technology

| 黄铁矿化                   |            | 高岭石化      |            | 青磐岩化      |            |
|------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| 波段组合                   | 异常组分 PC4   | 波段组合      | 异常组分 PC4   | 波段组合      | 异常组分 PC4   |
| B1( - - ) <sup>①</sup> | 0.589 611  | B1        | 0.000 198  | B1        | -0.001 422 |
| B2( + + ) <sup>②</sup> | -0.576 357 | B4        | 0.022 821  | B3        | 0.001 378  |
| B3                     | 0.043 940  | B6( - - ) | -0.673 317 | B5( - - ) | -0.521 813 |
| B4                     | -0.564 128 | B7( + + ) | 0.739 001  | B8( + + ) | 0.853 058  |

①( - - ) 为低反射特征波段; ②( + + ) 为高反射特征波段。

黄铁矿化在 ASTER 的 B1 和 B2 波段的光谱段分别表现为强吸收和高反射的特点。对 ASTER B1—B4 波段组合进行 Crosta 分析所得的 PC4 中, B1 和 B2 波段对应的特征向量分别为 0.589 611 和 -0.576 357,两者符合“符号相反且绝对值较大”的

条件,符合 Crosta 技术异常组分的判断规则。但由于 ASTER B2 波段是高反射波段,而其特征向量为负值,其对应的黄铁矿化异常在 PC4 中的灰度图像中表现为暗像元;为了使之符合人类视觉习惯和便于信息处理,特对其乘以“-1”将黄铁矿化异常从

暗像元转化为亮像元。同理可知 ,高岭石化和青磐岩化分别位于在 ASTER B1 ,B4 ,B6 ,B7 和 ASTER B1 ,B3 ,B5 ,B8 波段组合经 Crosta 分析所得的 PC4 中 ,且均表现为亮像元。硅化异常则利用 ASTER 热

红外波段 B13/B10 的比值进行增强提取<sup>[13-14]</sup>。利用 Crosta 法和比值法( ASTER B13/B10) 得到硅化、高岭石化、青磐岩化和黄铁矿化的遥感异常灰度图像( 图 3) 。

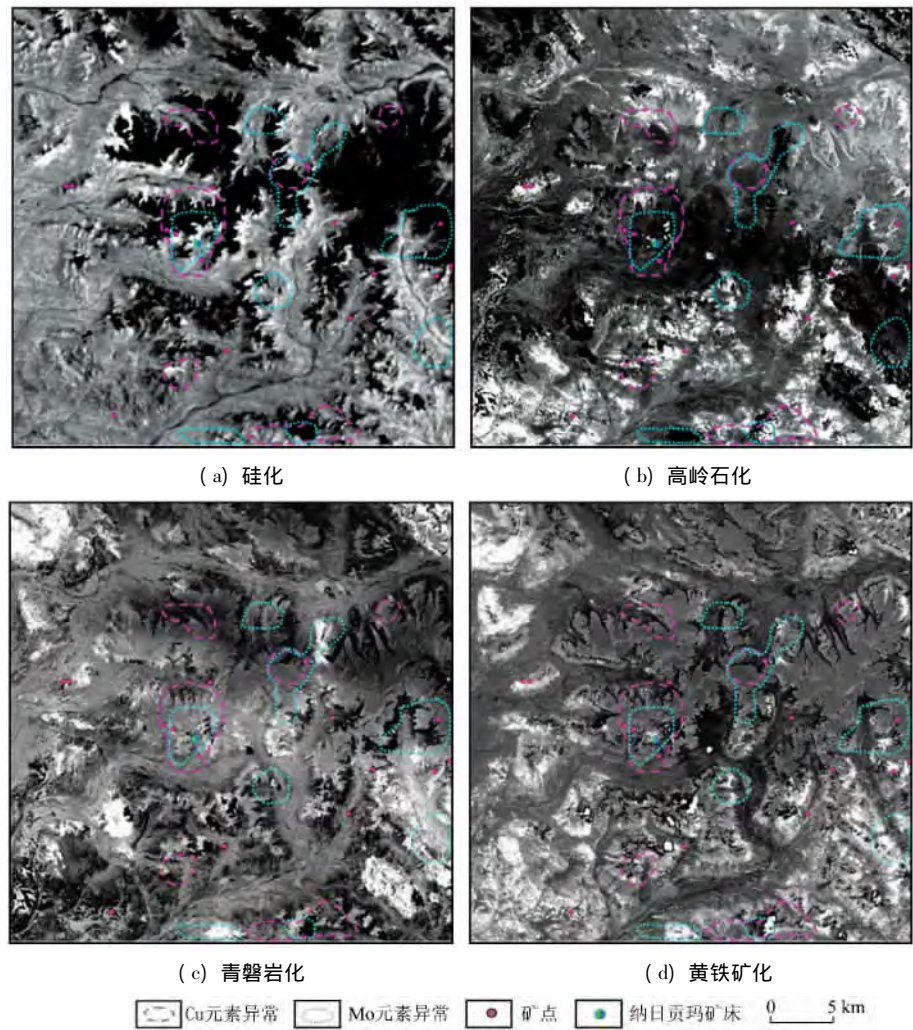


图 3 纳日贡玛地区遥感蚀变异常分布图

Fig. 3 Distribution map of remote sensing alteration anomalies in Narikongma region

纳日贡玛矿体周围黄铁矿化、青磐岩化、高岭石化和硅化的遥感异常及其空间分布如图 4 所示。

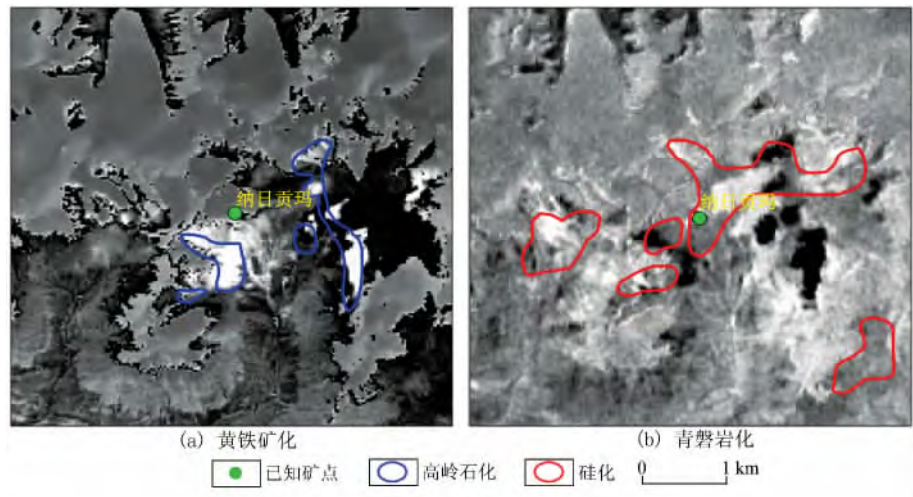


图 4 纳日贡玛矿体周围遥感蚀变异常分布图

Fig. 4 Distribution map of remote sensing alteration anomalies in peripheral region of Narikongma ore body

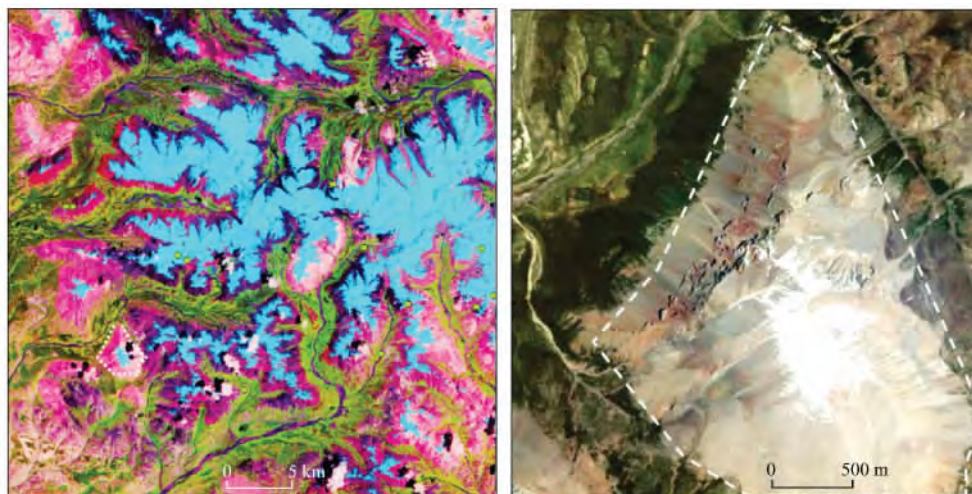
由图 4 可以看出,黄铁矿化蚀变异常主要出现在纳日贡玛矿床南部 2 侧区域,呈圆斑状,长、宽各约 1 km,矿体东侧 2 km 处也有一 SN 向的黄铁矿化带,长约 1 km,宽约 400 m。泥化(主要为高岭石化)蚀变带主要分布在矿体东西 2 侧,呈带状分布,东侧泥化蚀变带长约 2 km,宽约 300 m;西侧泥化蚀变带长约 800 m,宽约 200 m。青磐岩化与泥化蚀变带的空间分布特征相似。矿体位于硅化蚀变带正中央,硅化蚀变带呈近 EW 走向,长约 3 km,宽约 200 m。

总体而言,遥感蚀变异常与野外发现的蚀变带在空间位置上具有较好的一致性,基本呈现出黄铁矿化—绢云母化—矽卡岩化—青磐岩化过渡分带的特点,能够较好地反映斑岩型 Cu—Mo 矿的典型分带特点,为寻找该地区斑岩型 Cu—Mo 矿确定了遥感找矿标志。

### 3 控矿因素

纳日贡玛斑岩型 Cu—Mo 矿床的成矿控制因素主要有以下几个方面:①区域地质构造控制了成

矿带,属于澜沧江深断裂带组成部分的 NWW 向大断裂的发育,以及 NE 向断裂与 NWW 向断裂的复合是控制本区斑岩成矿带的主要因素。纳日贡玛矿床即产于 NE 向的纳日贡玛沟断裂与 NWW 向的格龙涌大断裂(图 1)交汇部位的北侧;②矿床在空间、时间上及成因上与侵入岩——黑云母花岗斑岩及浅色细粒花岗斑岩有关。因此,中酸性浅成含矿斑岩侵入体是纳日贡玛矿床最重要的控制因素;③二叠纪地层,特别是其中的中基性火山岩是对成矿有利的围岩条件。除纳日贡玛矿床外,区域上已知重要的斑岩型矿化点,大多产于二叠纪地层的中基性火山岩中;④围岩蚀变基本符合典型斑岩型 Cu—Mo 矿床的蚀变分带特征<sup>[9]</sup>,含矿斑岩体围岩中发育了较强烈和规模较大的面型或面—线型蚀变;⑤黑云母花岗斑岩小岩株和花岗斑岩脉群是找矿的直接标志之一;⑥中基性火山岩中发育有大面积的暗绿色面型黄铁矿化和青磐岩化蚀变带,在地表形成醒目的红褐色松散堆积物(图 5(a)),在 QuickBird 高分辨率遥感图像中更容易识别(图 5(b)),是该地区寻找斑岩型 Cu—Mo 矿床的另一个直接标志。



(a) ASTER B6(R) B3(G) B2(B) 假彩色合成影像 (b) QuickBird B3(R) B2(G) B1(B) 假彩色合成影像  
(白色虚线圈定的范围为红褐色黄铁矿青磐岩化蚀变带)

图 5 红褐色黄铁矿青磐岩化蚀变带的遥感影像特征

Fig. 5 Remote sensing image characteristics of rufous pyrite propylitization belt

### 4 找矿预测

从图 3 和图 4 的遥感蚀变异常和已知矿点的空间分布情况可以看出,区内的已知矿点与黄铁矿化、高岭石化、青磐岩化和硅化等遥感蚀变异常有着较好的空间相关性,在将高岭石化、青磐岩化和硅化异常矢量化后叠置在以黄铁矿化异常为底图的灰度图像上(图 6)一目了然。区内的已知矿点和 Cu,Mo

的单元异常可用于分析遥感蚀变异常与成矿的关系。图幅中间区域的 Cu,Mo 单元异常区大部分位于积雪覆盖的位置,故该区域的遥感蚀变异常无法获取,使得化探异常与遥感异常的关系无法确定;但在积雪覆盖之外的区域,遥感异常与化探异常具有较好的相关性。根据该地区斑岩型 Cu—Mo 矿床的成矿规律和控矿因素,选择黄铁矿化、高岭石化、青磐岩化和硅化强烈,有花岗斑岩体分布且在断裂带附近的区域,圈定出 8 个有较好找矿前景的遥感找矿预测区(如图 6 和表 2 所示)。

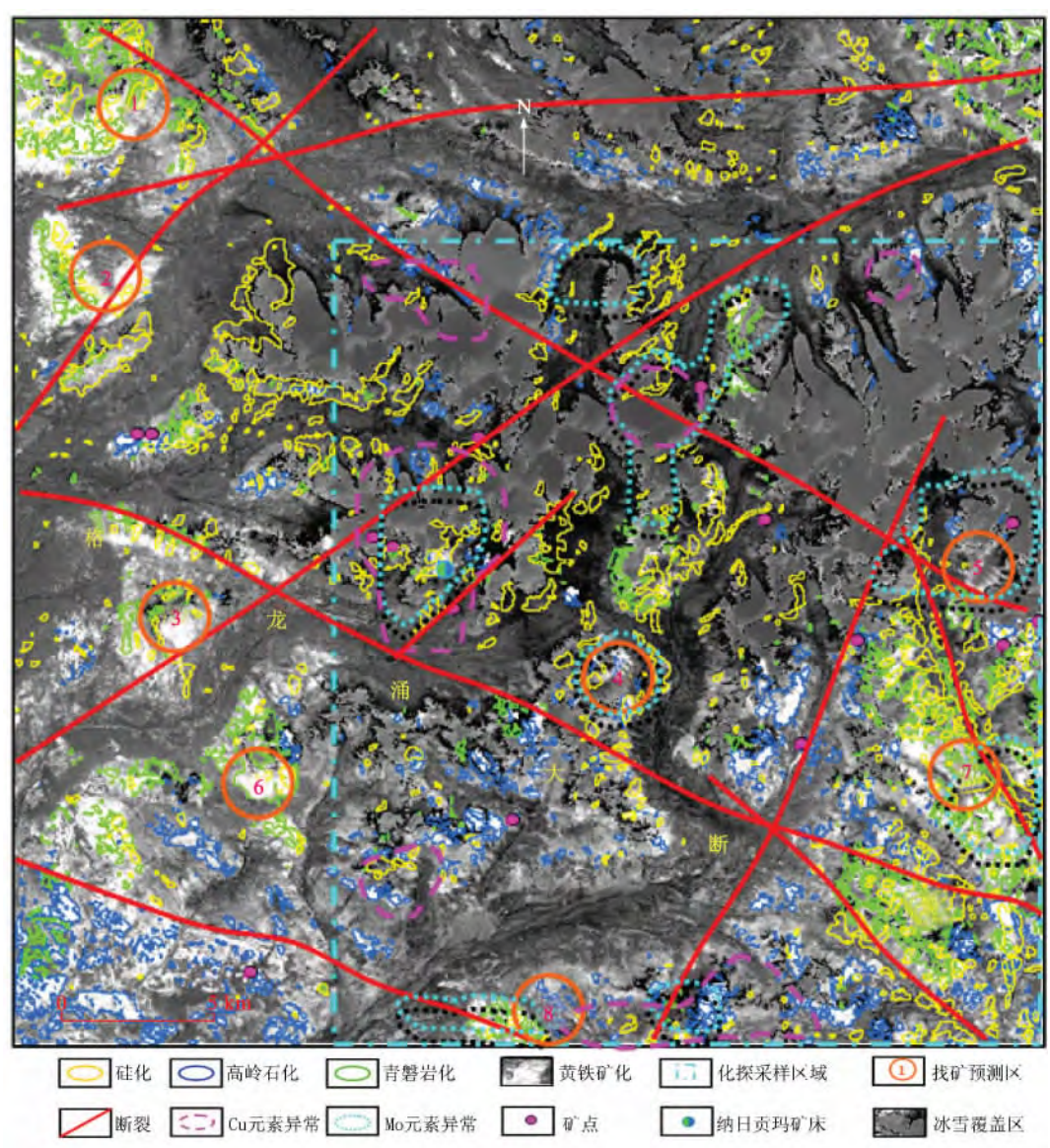


图 6 纳日贡玛地区遥感、化探异常及找矿预测区分布图

(底图为黄铁矿化异常灰度图像)

Fig. 6 Distribution map of remote sensing and geochemical anomalies and prospecting areas in Narikongma region

表 2 青海纳日贡玛地区铜钼多金属矿遥感找矿预测区

Tab.2 Remote sensing prospecting areas of Narikongma copper , molybdenum polymetallic deposit in Qinghai Province

| 预测区编号 | 预测区名称    | 预测区中心地理坐标              |
|-------|----------|------------------------|
| 1     | 尕尔波赛北    | E94°38'53" ,N33°40'55" |
| 2     | 尕尔波赛     | E94°39'12" ,N33°37'22" |
| 3     | 格龙杂纳     | E94°40'47" ,N33°30'20" |
| 4     | 牙龙赛      | E94°51'16" ,N33°29'30" |
| 5     | 哼赛青      | E95°00'01" ,N33°30'56" |
| 6     | 格龙俄木笔晦   | E94°42'54" ,N33°27'19" |
| 7     | 哼赛群      | E95°00'06" ,N33°26'14" |
| 8     | 日啊塞木通尔立牙 | E94°48'28" ,N33°22'20" |

8 个遥感找矿预测区中 ,预测区 4 5 7 和 8 所

在区域有 1:5 万比例尺的水系沉积物地球化学元素资料 ,且这 4 个预测区均位于已知矿点附近的 Cu 和 Mo 单元异常区内 ,有望找到中小型为主的 Cu – Mo 矿床; 预测区 1 2 3 和 6 尚没有 1:5 万比例尺的水系沉积物地球化学元素资料进行佐证 ,仅能从遥感层面进行分析 ,资料依据不太充分 ,主要用于提供异常查证。

5 结论

1) 中酸性浅成含矿斑岩侵入体是纳日贡玛矿床最重要的控制因素 ,黑云母花岗斑岩小岩株和花岗斑岩脉群是找矿的直接标志之一。二叠纪地层特

别是其中的中基性火山岩是对成矿有利的围岩条件,围岩中发育大面积的暗绿色面型黄铁矿化—青磐岩化蚀变带,在地表形成醒目的红褐色松散堆积物,是该地区斑岩型 Cu—Mo 矿床的另一个找矿标志。

2) 区内含矿斑岩体围岩中发育有较强烈和规模较大的面型或面—线型蚀变,并基本符合典型斑岩型 Cu—Mo 矿床的蚀变分带特征,因此用遥感方法提取的高岭石化、青磐岩化、黄铁矿化和硅化蚀变异常具有良好的指示找矿作用。结合花岗斑岩体和断裂构造的遥感解译结果,可为区内斑岩型 Cu—Mo 矿床的找矿预测提供依据。

3) 根据遥感找矿预测因子圈定的 8 个遥感找矿预测区中,4 个与 Cu、Mo 元素地球化学异常及已知矿点吻合较好;另外 4 个主要用于提供异常查证,有待于今后的野外工作进行检验。

志谢: 感谢青海省地质调查院为本文提供了化探异常及矿点等野外地质资料。

#### 参考文献(References):

- [1] 别小娟,张廷斌,孙传敏,等.藏东罗布莎蛇绿岩遥感岩矿信息提取方法研究[J].国土资源遥感,2013,25(3):72-78.  
Bie X J, Zhang T B, Sun C M, et al. Study of methods for extraction of remote sensing information of rocks and altered minerals from Luobusha ophiolite in east Tibet[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2013, 25(3): 72-78.
- [2] 刘文兰,张微.遥感构造蚀变异常信息提取及找矿预测——以老挝为例[J].国土资源遥感,2012,24(2):68-74.  
Liu W L, Zhang W. Remote sensing structural alteration information extraction and ore prognosis: A case study of Laos[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2012, 24(2): 68-74.
- [3] 程知言,赵培松.云南播卡金矿遥感蚀变信息提取及成矿预测[J].国土资源遥感,2011,23(2):135-140.  
Cheng Z Y, Zhao P S. The remote sensing alteration information extraction and metallogenic prognosis of the Boka gold deposit in Yunnan Province[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2011, 23(2): 135-140.
- [4] 潘彤,王富春.让青海三江北段找矿成果不断扩大[J].中国国土资源经济,2010(6):23-26.  
Pan T, Wang F C. Expanding the north zone of prospecting results in the Qinghai Sanjiang area[J]. Natural Resource Economics of China, 2010(6): 23-26.
- [5] 张玉君,杨建民,姚佛军.用 ASTER 数据进行不同类型矿床蚀变异常提取研究[J].矿床地质,2006,25(增刊):507-510.  
Zhang Y J, Yang J M, Yao F J. The extraction of OHA from different types of deposits by using ASTER data[J]. Mineral Deposits, 2006, 25(s1): 507-510.
- [6] 张玉君,杨建民,姚佛军.多光谱遥感技术预测矿产资源的潜能——以蒙古国欧玉陶勒盖铜金矿床为例[J].地学前缘,2007,14(5):63-71.  
Zhang Y J, Yang J M, Yao F J. The potential of multi-spectral remote sensing techniques for mineral exploration—taking the Mongolian Oyu Tolgoi Cu—Au deposit as an example[J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(5): 63-71.
- [7] 燕守勋,武晓波,周朝宪,等.遥感和光谱地质进展及其对矿产勘查的实践应用[J].地球科学进展,2011,26(1):13-29.  
Yan S X, Wu X B, Zhou C X, et al. Remote sensing and spectral geology and their applications to mineral exploration[J]. Advances in Earth Science, 2011, 26(1): 13-29.
- [8] 姚佛军.中国典型斑岩铜矿遥感蚀变分带模型研究[D].北京:中国地质大学(北京),2012.  
Yao F J. The study of remote sensing alteration zoning model of Chinese typical porphyry copper[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2012.
- [9] 杨志明,侯增谦,杨竹森,等.青海纳日贡玛斑岩钼(铜)矿床:岩石成因构造控制[J].岩石学报,2008,24(3):489-502.  
Yang Z M, Hou Z Q, Yang Z S, et al. Genesis of porphyries and tectonic controls on the Narigongma porphyry Mo (Cu) deposit, southern Qinghai[J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(3): 489-502.
- [10] 彭光雄.青海杂多铅锌多金属矿找矿异常分析与成矿定量预测方法研究[D].西宁:青海省地质调查院,2013.  
Peng G X. Study on extraction of prospecting anomalies and quantitative prediction of Pb—Zn deposits in Zaduo, Qinghai[D]. Xining: Qinghai Geological Survey Institute, 2013.
- [11] Crosta A P, Souza C R, Azevedo F, et al. Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(21): 4233-4240.
- [12] 彭光雄,高光明.新疆阿祖拜矿田伟晶岩型矿床遥感找矿综合信息研究[J].大地构造与成矿学,2013,37(1):109-117.  
Peng G X, Gao G M. Remote sensing prospecting of pegmatite deposits in the Azubai Region, Xinjiang[J]. Geotectonica Et Metallogenia, 2013, 37(1): 109-117.
- [13] Kalinowski A, Oliver S. ASTER mineral index processing manual[R]. Remote Sensing Applications Geosciences Australia, 2004.
- [14] 陈江,王安建.利用 ASTER 热红外遥感数据开展岩石化学成分填图的初步研究[J].遥感学报,2007,11(4):601-608.  
Chen J, Wang A J. The pilot study on petrochemistry component mapping with ASTER thermal infrared remote sensing data[J]. Journal of Remote Sensing, 2007, 11(4): 601-608.

## Extraction of remote sensing alteration anomalies and prospecting prediction of porphyry Cu – Mo deposits in Narigongma ,Qinghai Province

DENG Huijuan<sup>1</sup> , YAO Yutao<sup>1</sup> , PENG Guangxiong<sup>2</sup> , XIA Haodong<sup>1</sup>

( 1. Cores and Samples Center of Land and Resources ,Yanjiao 065201 , China; 2. MOE Key Laboratory of Metallogenic Prediction of Nonferrous Metals , Central South University , Changsha 410083 , China)

**Abstract:** The North Sanjiang metallogenic belt in Qinghai Province has excellent metallogenic conditions and geological background to form large or superlarge metal deposits , and Narigongma is the most typical porphyry Cu – Mo deposit in this region. Based on the typical characteristics of alteration zoning of the porphyry Cu – Mo deposit and using the ASTER data , the authors extracted the remote sensing alteration anomaly information of kaolinization , propylitization , pyritization and silicification by using Crosta technology and band ratio method. The distribution map of granite porphyry and faults was obtained on the basis of remote sensing interpretation of the ASTER and QuickBird images. According to the metallogenic regularity and ore – controlling factors of the Narigongma deposit , eight mineral prediction areas were delineated based on the mineral predictive factors derived from remote sensing data. The remote sensing characteristics of alteration zoning of Narigongma can provide important reference information for the exploration of porphyry Cu – Mo deposits in the North Sanjiang metallogenic belt.

**Key words:** porphyry Cu – Mo deposit; alteration zoning; Crosta technology; prospecting prediction; Narigongma

第一作者简介: 邓会娟( 1966 – ) ,女,硕士,高级工程师,主要从事地质矿产勘查及实物地质资料管理工作。Email: 1215356662@qq.com。

通信作者: 彭光雄( 1978 – ) ,男,博士,讲师,主要从事遥感地质与成矿预测研究。Email: pgxcsu@csu.edu.cn。

( 责任编辑: 刘心季)

## 遥感新书启事

继《地球的圆涌构造与深源强爆热动力学》之后,陈荫祥就宇宙 – 地球强动力的研究新成果编著出《核动力地球学》一书。该书在遥感地球动力学和宇宙超强动力学探索方面有新的进展,希望能为拓展遥感应应用提供理论引导和专业科技参考。目前,该书已由现代文化出版社出版。

书号: ISBN 978 – 988 – 12887 – 3 – 8      咨询电话: 13521512608

( 本刊编辑部)