

西藏改则亭贡地区遥感地质信息提取及找矿预测

况忠,熊兴国,黄欣欣,安全,韦瑾,黄广才

(贵州省地质调查院,贵州 贵阳 550018)

[摘要]亭贡地区位于班公湖-怒江成矿带上,是藏北地区最具资源潜力的铜金矿集区之一。通过利用多源遥感数据,提取了该区的遥感地质信息(岩石地层,线-环性构造,弱矿化蚀变),并结合已知铜、金矿(化)点的分布特征,综合分析了铜、金矿的遥感找矿规律和有利部位,发现该地区的铜、金矿化多具有一个共同点,即断裂伴中酸性岩体侵入,在遥感影像上形成“φ”字型结构,圈定了9个成矿远景区,并进行了野外验证,新发现了多处矿(化)点。

[关键词]亭贡地区;遥感地质信息;提取;找矿预测;西藏

[中图分类号]TP751;P623.2 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2022)01-0080-07

1 引言

遥感技术作为一种工作方法和手段,在地质调查找矿中得到了广泛的应用和研究(Loughlin W P, 1991;赵元洪,1991;马建文,1997;张远飞,1999),尤其在气候干燥、植被稀少的中国西北地区,利用遥感数据提取与矿相关的信息,直接或间接地参与找矿的优势更为明显,是良好的应用和研究场所(郭华东,1995;邹林,2006;况忠,2013;胡紫豪,2011;李厚民,2001)。本文基于 Landsat-7、google earth 等遥感数据和影像图,提取了西藏改则亭贡地区(文中称“研究区”)的区域地层岩性、线-环构造和弱矿化蚀变等方面的遥感信息,在综合分析的基础上,圈定了找矿远景区,野外验证结果显示,准确率在85%以上,且在远景区新发现了多个矿(化)点。

2 地质背景

研究区位于西藏改则和革吉两县交界一带,为藏北高原丘陵-湖盆地貌区,高山与盆地相间,主体山脉走向呈近东西向;班公湖-怒江结合带横

贯于研究区中部(图1),从北至南跨泛华夏大陆晚古生代-中生代羌塘-三江构造区和冈瓦纳北缘古生代-中生代冈底斯-喜马拉雅构造区;是班公湖-怒江成矿带之革吉-改则铜铂铬金矿成矿带的一部分。

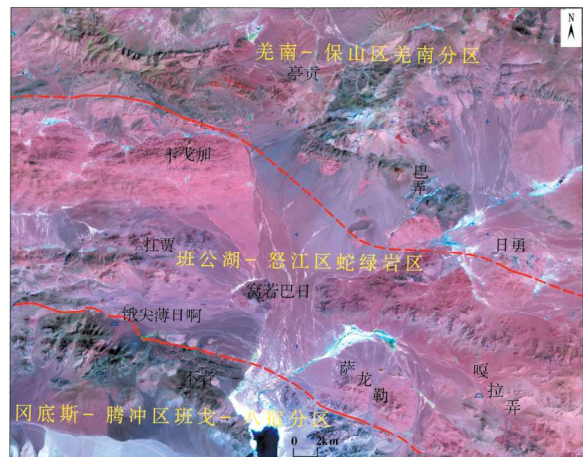


图1 研究区影像及地层分区示意图(注:红线为深大断裂)
Fig.1 Schematic diagram of the remote sensing image and stratum zoning in the study area (Figure Note: red line is Shenda fracture)

研究区构造形迹亦以近东西向为格架,且被NE、NW和近SN向断层切割,中部地层以紧闭同斜褶皱以及一系列复式褶皱为主,南羌塘则以断

[收稿日期]2021-03-21 [修回日期]2021-12-17

[基金项目]中国地质调查局(资[2008]青藏06-02号)项目资助。

[作者简介]况忠(1975—),男,高级工程师,长期从事遥感与地质、环境等方面的应用研究。

夹块为主。

研究区出露地层以侏罗系、白垩系和第四系为主体,上石炭统曲地组为最老地层。区内的岩浆岩活动较频繁,且分布地域广、活动时间跨度大、活动期次多,见有伸展、会聚和碰撞背景的岩石类型。侵入岩规模小,以渐新世-早白垩世中酸性为主。喷出岩以晚侏罗世-早白垩世的基性和酸性岩石为主。变质岩以低绿片岩相的浅变质岩为主体,广布于班公湖-怒江结合带两侧。

3 遥感数据的选择和处理

3.1 遥感数据选择

研究工作采用 Landsat - 7 ETM(轨道行/列号:143/37,成像日期:2001年9月20日)影像作为主要数据源,该影像无云、无雪,植被稀疏,不同地物层次感强,影像纹理清楚,能满足遥感地质解译和蚀变信息提取的要求。

3.2 岩石地层-构造解译的影像处理

经正射校正和几何校正后的遥感影像,根据研究区地层岩性以及围岩蚀变情况,选取 ETM 7 (R)、4(G)、1(B)波段去相关拉伸以及 IHS 变换后合成假彩色图像作为地层岩性信息提取的基础图像。并根据需要对图像分别进行了滤波、融合和亮度反转等处理,增强主干构造和细微线性构造信息在影像上表现力,便于岩石地层-构造解译。

3.3 弱矿化蚀变信息提取和处理

围岩蚀变是弱矿化蚀变遥感信息提取的基础(地质情报研究所,1980; Hunt G R, 2012; 燕守勋等,2003)。研究区的围岩蚀变类型有钾化、硅化、绢英岩化(绢云母化+绿泥石化+硅化)、角岩化、青盘岩化、黄铁矿化、磁铁矿化和粘土化等,以绢英岩化、黄铁矿化、钾化和硅化最为普遍,其次为青磐岩化和高岭土化^①,可大致分为以羟基为主的蚀变和以铁染为主的蚀变两类,作者采用掩膜去干扰(水体、白板地等干扰因素)+主成分分析法,利用 ETM1、4、5、7 波段和 1、3、4、5 波段分别提取含羟基蚀变信息和铁染蚀变信息;并将提取的蚀变信息按标准差倍数由强到弱分割为三级。其中羟基蚀变信息分割值是 $3\sigma(224 - 255)$ 、 2.5σ

($208 - 223$)和 $2\sigma(192 - 207)$;铁染蚀变信息分割值是 $2.5\sigma(208 - 255)$ 、 $2\sigma(192 - 207)$ 和 $1.5\sigma(176 - 191)$,同时进行了 5×5 低通滤波处理,去除了分散的孤立异常点。

4 遥感信息提取

4.1 岩石地层解译

研究区涉及羌南-保山地层区羌南分区、班公湖-怒江区和班戈-八宿分区 3 个地层区(图 1)。出露地层从老到新有石炭系曲地组;二叠系下拉组;上三叠统亭贡组;中-下侏罗统曲色组、色哇组;木嘎岗日岩群、上侏罗统多仁组、日松组,上侏罗统-下白垩统沙木罗组;中-下白垩统美日切组、阿布山组;古近系康托组、江巴组及第四系。

从影像图和解译图(图 2)可以看出,第四系主要分布于山前及山间洼地,地形较平缓;山区浅色调地区多为碳酸盐岩地层,较深色调地区为碎屑岩地层;岩体呈灰黑、红褐色调,与围岩接触界线清楚。除一部分脉岩沿岩层面顺层侵入外,岩浆岩大多与断层有关,该类岩石在影像上色调较深,以紫红色、褐红色和灰褐色为主,并与其它杂色混杂,呈不均斑块状影纹,水系不发育。

4.2 线-环构造解译

在遥感影像上,可见研究区构造形迹呈近 EW 向(或 NWW 向)展布,次为 NE、NW 和近 SN 向,在地保那木岗、以及俄尖薄日阿-窝若巴日-叶蛮桑一带,NE 向断层切割了近 EW 向和 NW 向断层。中部的班-怒构造带内,以紧闭的同斜褶皱及一系列的复式褶皱为主,岩体多沿断层或岩层呈脉状顺层侵入,且多被 EW 向断层所夹持。北部和南部的岩体侵入的长轴方向呈 SN 向和 NE 向,大致顺断层方向就位。研究区的环形影像(构造)较多,且多以岩体侵入形成为主,中酸性岩体与围岩间的边界较清晰。

调查研究发现,主体构造形迹是在早期南北向强力挤压并伴随有层间剪切的机制下形成,剪切作用和片理化现象强烈,褶皱面均具波状起伏,后期构造变形具有一定的东西向右行走滑或扭动,其层理面、片理面以及先期褶皱轴面在北东-南西方向上表现为纵弯变形。断续连接的弧形山脊构成的环形构造多处于主干断裂与次级断裂的

^① 西藏第五地质大队,2004. 西藏自治区改则县多不杂铜矿普查地质报告[R].

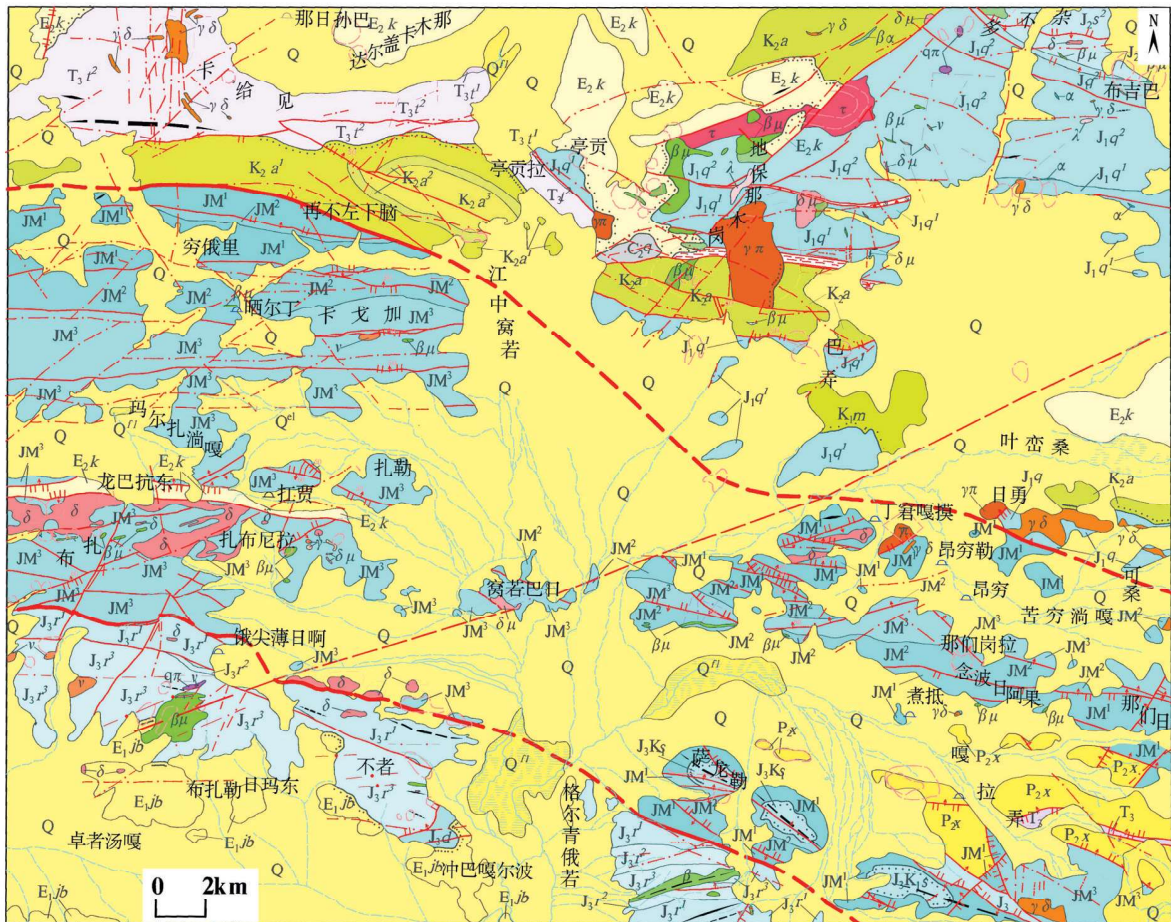


图 2 亭贡地区遥感地质解译图(部分内容据实测编制)

例 Q^a 1 Q 2 E_2k 3 E_1jb 4 K_2a 5 K_1m 6 J_3ks 7 J_3 8 J_3d 9 J_3r 10 J_2s 11 J_1q 12 JM 13 T_3t 14 T_3 15 P_2x 16 C_2q 17 $q\pi$ 18 α 19 β 20 β 21
 例 $\beta\mu$ 22 γ 23 $\gamma\delta$ 24 $\gamma\pi$ 25 δ 26 $\delta\mu$ 27 λ 28 v 29 τ 30 σ 31 σ 32 σ 33 σ 34 σ 35 σ 36 σ 37 σ 38 σ 39 σ 40 σ 41

图 2 亭贡地区遥感地质解译图(部分内容据实测编制)

Fig. 2 Interpretation of remote sensing geology in Tingong area, Gaize County, Tibet

1—第四系沼泽堆积物;2—第四系残坡积、冲洪积、风积物;3—古近系始新统康托组;4—古近系古新统江巴组;5—上白垩统阿布山组;6—下白垩统美日切错组;7—上侏罗统沙木罗组;8—上侏罗统未定名组;9—上侏罗统多仁组;10—上侏罗统日松组;11—中侏罗统色哇组;12—下侏罗统曲色组;13—侏罗系木嘎岗日岩群;14—上三叠统亭贡组;15—上三叠统未定名组;16—中二叠统下拉组;17—上石炭统曲地组;18—石英斑岩;19—安山岩;20—玄武安山岩;21—玄武岩;22—辉绿岩;23—花岗岩;24—花岗闪长岩;25—花岗斑岩脉;26—闪长岩;27—闪长斑岩;28—流纹岩;29—长岩;30—粗面岩;31—正断层及产状;32—班公湖—怒江结合带(或边界断裂);33—推测断层;34—初—脆性硅质破碎带;35—剪切挤压带;36—逆断层及产状;37—平移断层;38—背斜;39—向斜;40—整合地质界线;41—不整合地质界线

交汇处(况忠,2019;陈赶良,1995;庄培仁,1986),也有位于岩体的旁侧或内部的,但均有断裂通过,形成“φ”字型结构,与该地区已有的铜、金矿化现象极为相似。

4.3 弱矿化蚀变遥感信息特征

研究区的羟基异常以多浓集中心呈现(图3),分布大多受岩体影响,具有明显分带现象,表现为北高南低,展布形态同时受断层控制;在中部班-怒带侏罗系碎屑岩出露区,较北侧的羌南分区及南侧班戈-八宿分区的异常强度略偏低,异常分布亦较少,且多沿班-怒带南北边界断层边缘分

布,异常大致呈北西西-南东东向分布,与班-怒带的展布近平行;远离班-怒带的羌南分区,异常呈北东向分布。调查资料显示,区内的羟基异常多由热液蚀变所引起,有矿化蚀变现象,有较好的找矿意义。

铁染异常分布亦具有分带性,形态呈近EW向(或NWW-SEE向),与班-怒带的展布近于平行,主要分布于中部班-怒带内的木嘎岗日组,以及靠近班-怒带的侏罗系曲色组、色哇组的低变质岩内,以三级异常为主,一级异常呈星点状;向班-怒带两侧则异常变弱变小。可能与岩石低级变质形成的绢云母化有关。

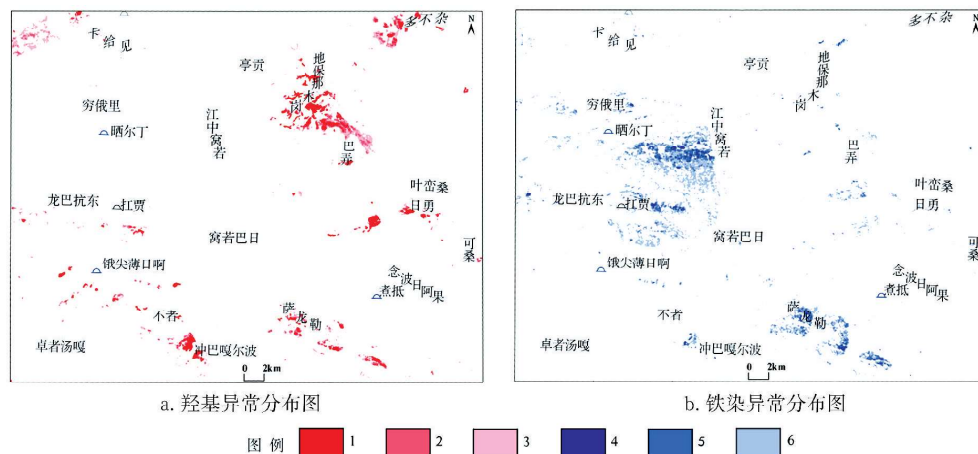


图 3 弱矿化蚀变遥感信息分布图

Fig. 3 Distribution map of weak mineralization alteration remote sensing information

1—羟基一级蚀变;2—羟基二级蚀变;3—羟基三级蚀变;4—铁染一级蚀变;5—铁染二级蚀变;6—铁染三级蚀变

在班公湖-怒江结合带及其附近,有多个羟基异常和铁染异常呈带状的交汇重叠区。

地质演化的直接或间接反映。因此,研究区在找矿预测时,从已知到未知,并在空间上考虑各因子相互叠加和交汇部位,结合各种成矿因素和地质特征,按 I (好)、II (较好)和 III (一般)三个级别圈定了 9 个找矿远景区(图 4,表 1)。

5 找矿预测和野外验证

5.1 找矿预测

矿产的形成与富集是各种成矿因素共同作用的结果,岩石地层、地质构造和矿化蚀变信息都是

5.2 野外验证

依据遥感解译资料进行了野外验证,发现研究区的矿化多与中酸性岩体和断裂构造有关,在

表 1 研究区圈定的找矿远景区

Table 1 Determined exploration prospecting area in the study area

远景区及编号	地层	岩体侵入	影像特征	线-环构造	遥感异常	验证情况
多不杂铜金远景区 1(I)	色哇组	有基性,中性和酸性岩体侵入	棕红、灰白色调,夹杂褐紫色,边缘以灰白为主	构造形迹以近东西向为主,并被北东断层切割	羟基异常	已有特大铜金矿床,见钾化、硅化等
地保那木岗远景区 2(I)	阿布山组和曲色组	有中酸性岩体侵入	影像上呈灰白、粉红、褐红色调,影纹呈斑块状	发育 NE、NNE 和 EW 向几组断裂,互相交汇,见密集发育节理带	以羟基异常为主,少量铁染异常交汇	铁矿点、多金属矿(化)点
卡给见铜金矿远景区 3(I)	亭贡组	酸性闪长岩脉体侵入	紫褐色、褐黑色,影纹较粗糙	是 NE、SN、EW 和 NW 向几组断裂交汇处,近 SN 向节理密集,日加环形影像	羟基异常	铜金矿(化)点
白弄-扛贾铜金矿远景区 4(II)	木嘎岗日组	中基性岩脉侵入	以灰褐、褐红色调为主	受近 EW 向(NEE 向)构造控制,NE 向断裂发育。	铁染异常和羟基异常交汇	发现铅锌、铜等矿(化)点
窝若巴日金矿远景区 5(II)	木嘎岗日组	有中酸性岩体侵入	影像以灰褐、褐红色调为主	有 NW 向、NE 向和近 EW 向三组断裂,以近 EW 向组最发育。位于具有右行 NEE 向断层的北西侧	铁染异常为主	发现有铅锌、金等矿(化)点

续表

远景区及编号	地层	岩体侵入	影像特征	线-环构造	遥感异常	验证情况
日勇铜金矿远景区 6(III)	木嘎岗日组	有中酸性岩体侵入	影像以灰褐、褐红色调为主	有 NW 向、NE 向和近 EW 向断裂。位于具有右行走滑的 NEE 向断层南东侧	羟基异常为主,少量铁染异常交汇	发现有铅锌、金等矿(化)点
念波日阿果铜矿远景区 7(III)	木嘎岗日组	中酸性岩体侵入	影像上以灰褐、褐红色调为主	近 EW 向和 NE 向断裂交汇,较密集		发现了多个铜矿(化)点
俄尖薄日阿铜矿远景区 8(III)	日松组	有中酸性岩体侵入	影像以灰黑、褐红、灰白色调为主,影纹较斑杂	见有 EW、NE 和 NW 向断裂构造,且处于 NEE 向右行特征断层的 NW 盘	有密集的羟基异常分布	野外调查发现铜矿(化)点
冲巴嘎尔波远景区 9(III)	多仁组	有中酸性岩体侵入	影像上以灰黑、褐红色调为主,影纹较斑杂	断裂构造见有 EW 向和 NE 向二组	铁染异常和羟基异常交汇。	

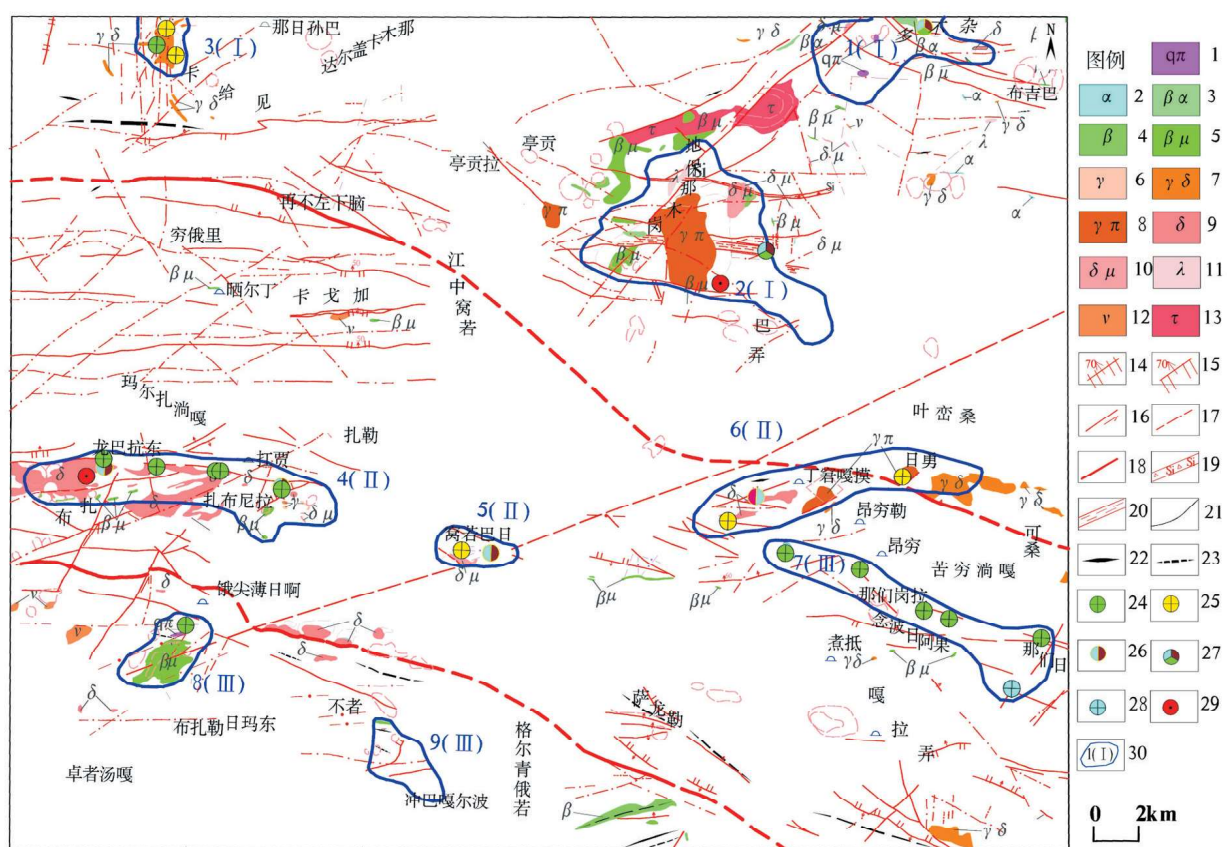


图4 研究区找矿远景预测

Fig. 4 Exploration prospect prediction in the study area

1—石英斑岩,2—安山岩,3—玄武安山岩,4—玄武岩,5—辉绿岩,6—花岗岩,7—花岗闪长岩,8—花岗斑岩脉,9—闪长岩,10—闪长斑岩,11—流纹岩,12—辉长岩,13—粗面岩,14—实测断层及产状,15—逆断层及产状,16—平移断层,17—推测断层,18—班公湖—怒江结合带边界断裂,19—切—脆性硅质破碎带,20—剪切挤压带,21—整合地质界线,22—背斜,23—向斜,24—铜矿床点,25—金矿点,26—铅锌矿点,27—多金属矿点,28—铅矿点,29—磁铁矿点,30—远景预测区编号及级别

岩体内,矿化体呈细脉状、浸染状产出,矿化类型以铜为主,金次之;在岩体向与围岩接触带上,矿化呈充填及交代方式,以石英脉型或蚀变岩型产出,矿化类型以金为主,铜次之,少量的铅锌铁矿化;在远离岩体的围岩内,矿化以充填方式为主,多见含铜石英脉产出。在地保那木岗(图5a)、卡

给见(图5b)、扛贾(图5c)和日勇(图5d)等地,均发现了铜、金、铅锌等矿(化)点,且有相似的较典型的线-环遥感地质特征。

此外,在俄尖薄日阿和念波日阿果远景区也新发现了铜、金、铅锌等矿(化)点。

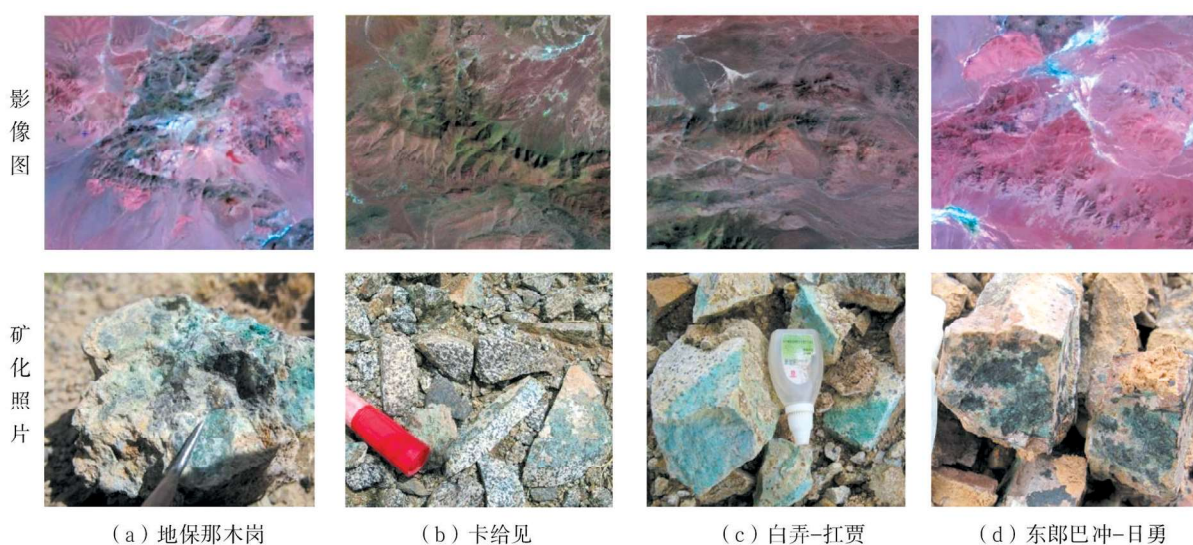


图5 野外验证和对比

Fig. 5 Field verification and comparison

6 结语

此次利用 ETM、google earth 等多平台、多时相的中高分辨率遥感数据在亭贡地区进行了遥感地质研究,并结合已有地质矿产资料,开展了遥感岩性-构造解译分析、弱矿化蚀变遥感信息提取、找矿预测以及野外查证等遥感地质研究工作,取得了以下认识。

(1) 该区断裂构造复杂,岩浆活动强烈,岩(矿)体受断裂构造控制,石炭纪至白垩纪的碎屑岩和碳酸岩等地层为有利的成矿围岩,与铁矿关系最为密切的是上白垩统阿布山组的砂页岩,与铜矿化最为密切的是侏罗纪色哇组碎屑岩。

(2) 通过遥感岩性-构造解译分析,厘定了岩石地层界线,部分地层细分到岩性段;补充解译了近 EW 向、NW 向、NE 向断层及大型节理,修正了部分断裂构造,为区域构造研究提供了必要的资料。

(3) 提取了研究区基于 Landsat-7 遥感数据的弱矿化蚀变信息(即羟基异常和铁染异常),通过野外验证,发现了遥感异常与中酸性岩体(石英

闪长岩、闪长玢岩)、矿化蚀变密切相关,为找矿研究提供了依据。

(4) 基于遥感信息的综合研究,结合区内其它资料,圈定了遥感找矿远景区,为该地区进一步开展矿产资源调查工作提供了以遥感技术为手段的支持,新发现了多处铜、金、多金属矿(化)点。

由于研究区位于高寒少雨区,物理风化作用强烈,受机械搬运用作用的影响,在遥感影像上,第四系残坡积和基岩界线较模糊,部分岩石地层的解译线往往会下移,致使解译界线与实际调查界线间有明显差异,可靠程度降低,需要结合野外调查修正。因受自然条件和社会条件的限制,对于新发现的矿(化)点和弱矿化蚀变异常之间的关系认识较粗略,需进一步工作予以证实。

[参考文献]

- 陈赶良,杨柏林. 1995. 黔桂微细浸染型金矿区遥感线性体的统计特征及其与金矿的关系[J]. 黄金科学技术,3(4):46-49.
- 地质情报研究所. 1980. 遥感专辑(第一辑)矿物岩石的可见—中红外光谱及其应用[M]. 北京:地质出版社,193-206.
- 郭华东. 1995. 中国新疆北部遥感找矿方法与实践[M]. 北京:科学出版社,24-224.
- 胡紫豪,唐菊兴,张廷斌,等. 2012. 西藏多不杂斑岩铜矿 ASTER

- 遥感蚀变异常特征[J]. 国土资源遥感, 24(1):150-154.
- 况忠, 黎勇, 芦正艳, 等. 2013. 青海哈秀地区遥感地质信息提取及找矿预测[J]. 贵州地质, 30(4):309-314.
- 况忠, 黄欣欣, 岳龙, 等. 2019. 贵州省矿产资源潜力评价遥感资料应用研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 122-131.
- 李厚民, 沈远超, 胡正国, 等. 2001. 青海东昆仑五龙沟金矿床成矿条件及其成矿机理[J]. 地质与勘探, 37(1):65-69.
- 马建文. 1997. 利用 TM 数据快速提取含矿蚀变带方法研究[J]. 遥感学报, 1(3):208-213.
- 燕守勋, 张兵, 赵永超, 等. 2003. 矿物与岩石的可见—近红外光谱特性综述[J]. 遥感技术与应用, 18(4):191-199.
- 张远飞, 吴健生. 1999. 基于遥感图像提取矿化蚀变信息[J]. 有色金属矿产与勘查, 8(6):604-606.
- 赵元洪, 张福祥, 陈南峰. 1991. 波段比值的主成分复合在热液蚀变信息提取中的应用[J]. 国土资源遥感, 3(3):12-17.
- 庄培仁. 1986. 遥感技术及地质应用研究[M]. 北京: 地质出版社, 117-118.
- 邹林, 杨自安, 朱谷昌, 等. 2006. 多光谱遥感蚀变信息提取新方法研究[J]. 地质与勘探, 42(6):71-76.
- Loughlin W. 1991. Principal component analysis for alteration mapping [J]. Photogramm. eng. remote Sens, 57(9):1163-1169.
- Hunt G R, Salisbury J W. 2012. Assessment of Landsat filters for rock type discrimination, based on intrinsic information in laboratory spectra[J]. Geophysics, 43(4):471-471.

Extraction of Remote Sensing Geological Information and Prospecting Prediction in Tingong Area, Gaize County, Tibet

KUANG Zhong, XIONG Xing-guo, HUANG Xin-xin, AN Quan, WEI Jin, HUANG Guang-cai

(Guizhou Geological Survey, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] Tingong area is located in the Bangong Lake-Nujiang Mining Zone in Gaize country Tibet, it is one of the most resource-potential copper and gold mining concentration areas in northern Tibet. By using multi-source remote sensing data, it extracted the remote sensing geological information (rock formation, line-ring structure, weak mineral erosion), combined with the distribution characteristics of known copper and gold mine (mineralization) points, the remote sensing rules and favorable parts of copper and gold mine are comprehensively analyzed, it also found that the copper and gold mining have a point in common: fracture accompanied by acid rock mass intrusion, and form a “φ” type structure on remote sensing images. Based on this feature, It were delineated 9 far mineralization and mineral scenic zone that on this Based, and field verified, and many new mineral (chemical) points were found.

[Key Words] Tingong area; Remote-sensing geological information; Extraction; prospecting prediction; Tibet