

doi: 10.11720/wtyht.2018.1402

杨玉勤,李兵海,张翔.利用航磁增强处理方法提取喇嘛苏铜矿及其外围弱磁异常[J].物探与化探,2018,42(6):1173-1179.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1402

Yang Y Q, Li B H, Zhang X. The extraction of weak magnetic anomalies in and around the Lamasu copper deposit by using automatic gain control method [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(6): 1173-1179. http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1402

利用航磁增强处理方法提取喇嘛苏铜矿 及其外围弱磁异常

杨玉勤,李兵海,张翔

(核工业航测遥感中心,河北石家庄 050002)

摘要: 为了利用高精度航磁资料进行成矿预测,需要提取弱航磁异常信息。采用航磁增强处理方法(automatic gain control,简称“AGC”)对喇嘛苏铜矿所在地区的高精度航磁资料进行处理后,能够突出显示由铜等多金属矿引起的航磁弱异常信息,且在赛里木湖东西两侧有许多与喇嘛苏铜矿类似的弱磁异常信息分布。笔者认为航磁增强处理方法可以提取铜、金等金属矿成矿有利的航磁微弱异常信息,划分局部成矿有利的隐伏断裂构造,为成矿预测提供科学依据。

关键词: 高精度航磁测量;弱磁异常;航磁增强处理;喇嘛苏铜矿;成矿预测

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2018)06-1173-07

0 引言

2016 年根据中国地质调查局“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目的总体安排部署,在新疆伊犁—博乐地区开展了“新疆博乐—新源地区航空物探(磁、放)调查”子项目。在项目的实施过程中,需要利用航空物探及其他地质、物探、化探资料对工作区的铜及多金属进行成矿预测,其中提取成矿有利的航磁信息是成矿预测的重要环节之一。众所周知,磁铁矿常常能够引起较强的航磁异常,航磁信息比较容易识别和提取,而铜多金属矿床,一般伴生有少量的磁铁矿或磁黄铁矿,引起航磁异常较弱,这些弱磁异常通常只有几至十几 nT 的幅值,有些异常淹没在航磁 $\Delta T=0$ 值线以下,弱磁异常的特征不十分明显,在筛选一次时经常被忽略,给航磁异常解释带来一定的困难。在成矿预测时,利用航磁 ΔT 等值线平面图圈定的成矿有利区,会导致遗漏一些重要的找矿有利信息。所以有必要寻找

一种提取弱磁信息的方法。

以往在弱磁异常信息应用方面,国内外的物探工作者根据不同的需要曾做过大量的工作。在油气勘探领域中,在利用非地震方法寻找油气方面,从 20 世纪 80 年代就开始利用航磁微(弱)磁异常寻找油气的工作,进行了多种提取与油气田有关的微(弱)磁异常的方法研究^[1-4]。在铀矿勘探领域,针对某些铀矿(砂岩型和热液型)在形成与富集过程中,可使其周围铁磁性矿物遭受破坏或交代^[5],使矿化段呈现弱磁性的规律,也开展了航磁弱磁信息的研究^[5-6]。在金属矿勘探领域,中国国土资源航空物探遥感中心曾针对中高山地区由于地形复杂、飞行高度较高导致航磁测量获得的磁异常强度相对弱小开展了工作,为了更有效地利用高精度航空磁法测量得到的磁异常信息,利用改进的非线性滤波方法,逐步拟合出剖面测线位场趋势异常,然后将该趋势异常从剖面原始异常中减去,得到剖面位场的剩余异常^[8-9],从而实现了突出局部异常的效果。

在 2016 年开展的新疆伊犁—博乐地区成矿预

收稿日期: 2017-09-12;修回日期: 2018-05-29

基金项目: 中国地质调查局项目“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”子项目“新疆博乐—新源地区航空物探(磁、放)调查”项目(121201203000160006-27)

作者简介: 杨玉勤(1965-),男,高级工程师,长期从事航空物探测量的资料解释工作。

测的工作中,为提取工作区与铜矿成关的航磁弱异常信息,除借鉴了前人提取航磁剩余异常的方法外,同时还使用了一种航磁增强处理技术方法,这种增强处理方法能够直接在航磁 ΔT 化极网格数据上直接处理,处理过程十分简便快捷,弱磁异常信息增强明显突出。利用增强处理后的结果,便于圈定出成矿有利的航磁弱异常信息,充分发挥航磁测量在成矿预测中的作用。

本次工作区位于西天山地区。前人曾对该区早期的航磁资料开展过大量的研究,认为西天山地区区域航磁资料对于不同大地构造单元、重要断裂以及不同岩性岩浆岩都有非常明显地反映,对强磁性的磁铁矿体有直观的反映,对与岩浆岩密切相关的铜等多金属矿产具有间接反映^[10]。

工作区赛里木湖的东西两侧,前人已探明多处铜矿、金矿及铅锌矿。从本次 1:5 万高精度航磁测量结果来看,该区域磁场以负背景场为主,这些矿床引起的航磁异常多为较弱的异常,异常被“淹没”在负背景场中,与成矿作用相关的构造信息也不十分明显。在对该区进行成矿预测过程时需要突出这些

弱异常信息,以便圈定出成矿有利的航磁信息。

笔者以该区的喇嘛苏铜矿为例,介绍了已知矿床及其外围航磁弱异常信息的提取方法及效果。

1 航磁增强处理方法原理

航磁增强处理 (automatic gain control 简称“AGC”)方法源自于 Oasis Montaj 软件的一项网格文件的滤波处理功能。

自动增强 (AGC) 相当于把一定波长的不同振幅的信号变为相同振幅的信号,通过用一固定窗口在剖面上连续的移动,估算窗口内局部信号的增益值,一般采用均方根值 (root mean square value)。如果增强函数的放大与均方根值成反比,则弱异常的信息会有较大地的增强作用,而强异常信息的增强会小一些^[11-12]。

图 1 是航磁 ΔT 化极实测剖面与航磁增强处理后的增强信息剖面对比图,可以看出,航磁 ΔT 异常的位置不发生变化而弱异常信息得到了明显的增强。

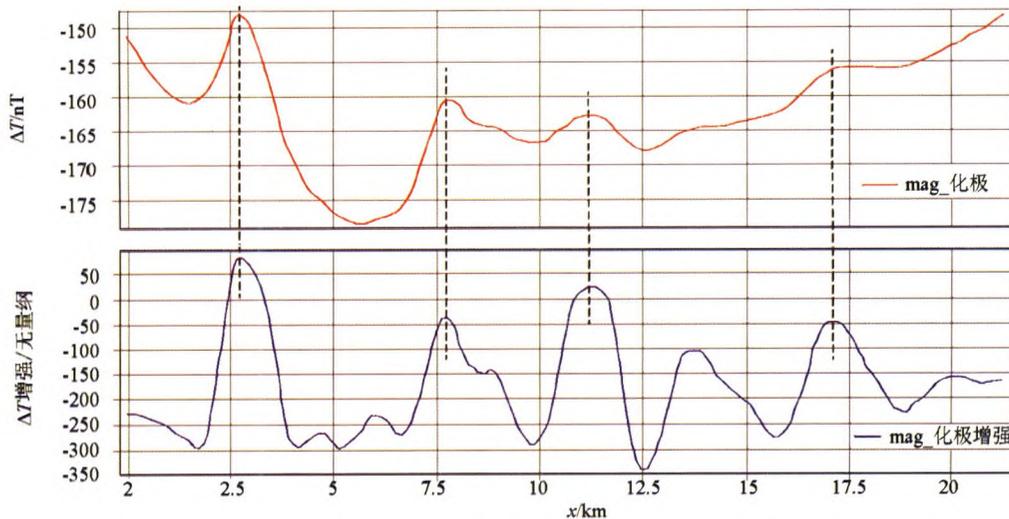


图 1 航磁 ΔT 化极实测与增强处理信息剖面对比

2 喇嘛苏铜矿床的地质特征

喇嘛苏铜矿床位于新疆伊犁成矿省 (I₂), 赛里木 Cu、Pb、Zn、Cd、石墨、珍珠岩、磷灰石成矿带 (I_{2.2})^[13]。

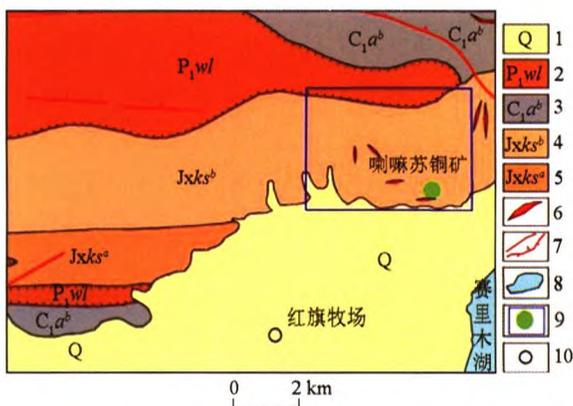
该矿床自 1985 年发现以来,已投入许多工作,积累了大量的资料。前人在矿床成因方面也作过一些探讨,提出过多种观点。有色 703 队在进行 1:50 000 地质普查和化探分散流扫面时发现了该矿,

经矿点检查、地质填图及工程验证后初步认为地表主要是夕卡岩型铜矿,深部钻孔中的矿体具有某些斑岩铜矿的特征。第七个五年计划期间,国家 305 项目 IV_{7.1} 课题研究结果认为它属层控—热液改造型铜多金属矿床。305 项目 04-02 专题根据主控矿条件、矿床地质特征及多种测试结果并与国内一些典型的铜矿床对比认为,喇嘛苏铜矿床属斑岩—夕卡岩型铜矿床。由于矿区地质情况复杂、工作程度不高,始终未能形成统一的认识^[14]。矿床成矿物质的来源有两个方面:其一为地层来源,又可以归结为沉

积富集、火山喷流富集和变质富集 3 个步骤;其二为岩浆来源,是深部(可能达下地壳)偏基性源岩部分熔融带来深部的成矿物质。根据成矿物质来源的分析认为,喇嘛苏铜多金属矿床属于多因复成矿床^[14]。

喇嘛苏铜矿床在构造上处于赛里木微陆块与阿拉套—汗吉尕晚古生代裂谷岛弧带的交接部位,属微陆块北缘裂陷带,与泥盆—石炭纪活化阶段的华力西早期斜长花岗岩(斑)岩—花岗闪长斑岩—花岗斑岩有关。出露的地层从中元古界至古生界均有产出。其中与铜矿化空间关系较为密切的地层有中元古界蓟县系库松木切克群及上古生界泥盆系和石炭系。断裂是本区主要的控矿因素,蓟县系库松木切克群碳酸盐地层具有矿源层的特征,同时矿体与岩体空间关系密切,矿体的分布、形态、规模、产出地质条件受岩体控制明显,是多种成矿作用叠加改造的多因复成矿床。

喇嘛苏矿区出露地层主要为中元古界蓟县系库松木切克群下亚群($Jxks^a$),为一套浅海相碳酸盐岩夹有硅质岩和碎屑岩的沉积建造,是浅海盆地相至台地相的过渡产物(图 2)。岩石组合为大理岩化内碎屑、砾屑、砂屑灰岩,暗灰色泥质灰岩,上部含砂质、泥质、硅质成分,下部含炭质成分。分成上下两个岩性段:下岩性段为薄层泥屑微晶灰岩,岩石中见有褐铁矿砾屑及星点状黄铁矿,绢云母化较强;上岩性段为中厚层含屑细晶、微晶灰岩夹薄层含屑微晶灰岩。该岩性段中间砂卡岩和大理岩发育,主要为石榴子石砂卡岩,呈似层状或透镜状产出,产状与地层基本一致^[15]。



1—第四系;2—下二叠统乌郎群;3—下石炭统阿恰乐河组下亚组;4—中元古界蓟县系库松木切克群上段;5—中元古界蓟县系库松木切克群下段;6—酸性岩脉;7—断裂;8—湖泊;9—铜矿床;10—居民点

图 2 喇嘛苏铜矿区域地质

(据 1:20 万区域地质图,铜矿位置据王核博士论文^[15])

1:20 万区域地质图上局部构造和岩浆岩没有明确的显示,但从大比例尺地质资料^[15]可知,喇嘛苏矿区断裂构造十分发育,主要有近 EW 向、NE 向和 NW 向 3 组,铜矿体在空间上与断裂及构造裂隙关系密切,断裂是本区主要的控矿因素。主要的控矿构造为伸展拆离断层和 NE 向、NW 向断裂(节理密集带)。EW 向断层控制了近 EW 向矿带和矿体,NE、NW 向节理密集带控制了矿体并使矿化进一步富集,二者的交汇部位往往是矿化最富集的部位。

矿区岩浆侵入活动强烈,出露了酸性—中性侵入岩约 120 余个,面积约 1 km²,为矿区总面积的 10%。侵入岩岩性以中酸性为主,次有中基性,岩石类型有斜长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、花岗斑岩、闪长玢岩、辉绿玢岩等,但总体来看以花岗闪长斑岩为主,它们在矿区分布广且成群产出,形态多为岩枝、岩脉,总体呈近 EW 向或 NNW 向展布。

喇嘛苏矿区矿化分布范围较大,矿体数量众多,已发现大小矿体达 86 条。

喇嘛苏铜矿床矿石类型可分为:含铜、钴、磁铁矿(黄铁矿变质)型;磁铁矿—铜锌型(以锌为主);黄铁矿—黄铜型(以铜为主的黄铜矿)。垂直变化情况:上部为锌铜型;中部为磁铁矿—铜锌型,下部为铜、钴、磁铁矿型^[16]。

3 喇嘛苏铜矿床航磁异常特征

从矿床地质特征了解到,喇嘛苏铜矿矿体中普遍含有磁铁矿,导致矿体具一定磁性,而围岩灰岩、大理岩和花岗斑岩基本上无磁性。矿化砂卡岩也具有一定磁性,当规模较大时也可形成低缓的磁异常^[17]。

据 2016 年 1:5 万航磁测量结果^[18]可以看出,在喇嘛苏铜矿上方有航磁弱异常存在,在磁平剖面图(图 3)上显示,异常被淹没在航磁 $\Delta T \sim 0$ 值线以下。在磁等值图上为叠加在负背景场中的弱异常,幅值最大 -70 nT,由两个 EW 向展布的椭圆形异常组成一 NW 向的“葫芦”状异常区(图 4)。

由于矿床所在的中元古界蓟县系库松木切克群下亚群($Jxks^a$),主要为一套浅海相碳酸盐岩地层,其磁化率最低为 2.7×10^{-5} SI,最高 13.2×10^{-5} SI^[19],属无磁性层,其形成的磁场基本以负磁场背景为主。另外,由于岩石磁性变化很小,航磁对与成矿有关的 NE 向、NW 向及 EW 向断裂构造的反映也不十分明显。

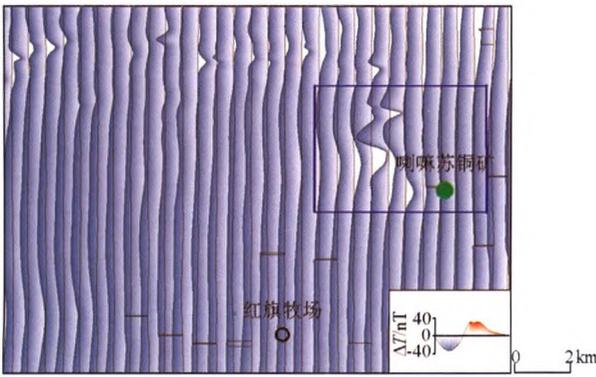


图3 喇嘛苏铜矿区航磁 ΔT 平剖图

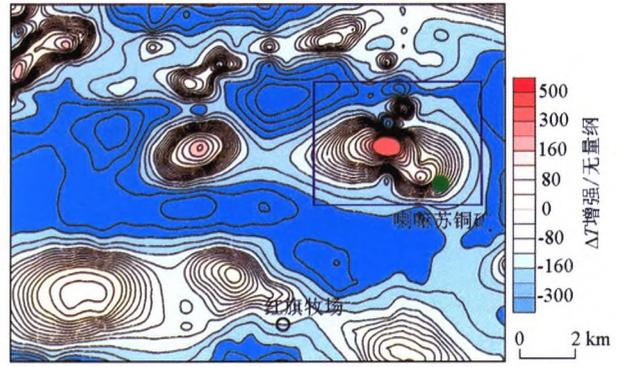


图6 喇嘛苏铜矿区航磁 ΔT 增强信息等值图

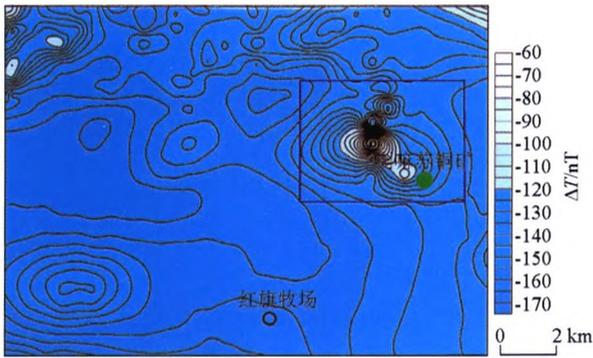


图4 喇嘛苏铜矿区航磁 ΔT 等值线

4 喇嘛苏铜矿床及其外围航磁弱异常的提取及实际效果

为了提取与铜矿成矿有关的航磁弱异常信息及与成矿有关的断裂构造信息,对航磁 ΔT 数据进行提取剩余异常处理和增强处理。

航磁 ΔT 数据剩余异常处理结果,矿区有明显的航磁 ΔT 剩余异常显示(图5),且剩余异常向西部有延伸的趋势。矿区的北部还存在一个在两条测线有显示的尖峰异常。

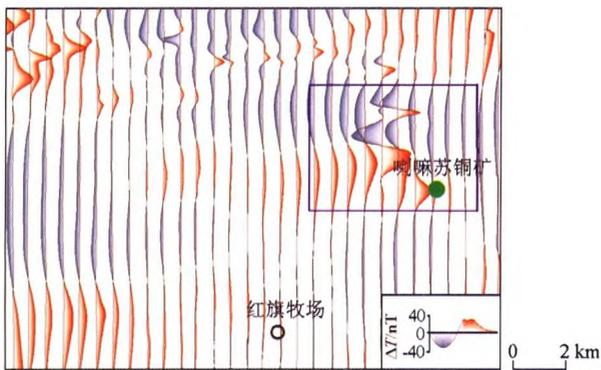


图5 喇嘛苏铜矿区航磁 ΔT 剩余异常平剖图

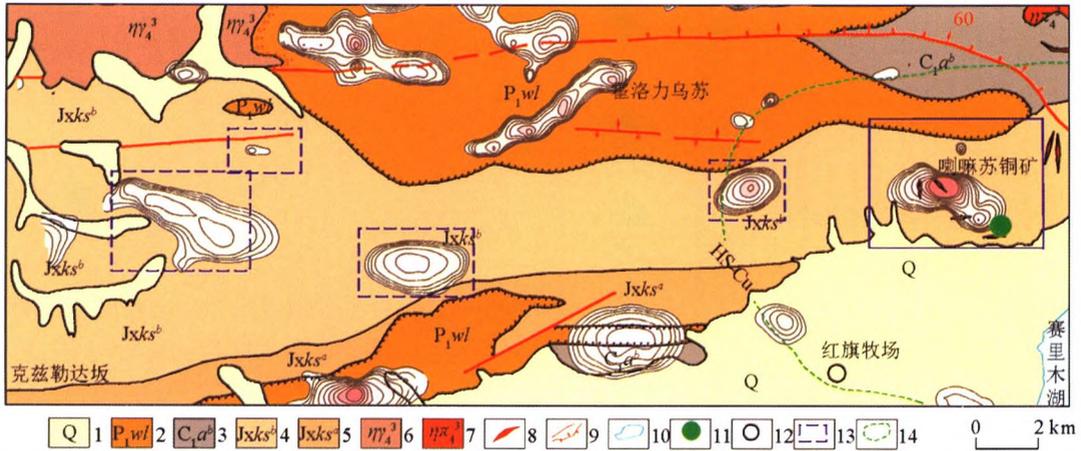
航磁 ΔT 数据增强处理结果,弱磁异常信息被突出的更加明显(图6)。从图中可以看出,航磁增强信息不但增强了已知矿区的航磁异常,且其北部和西部的弱磁异常也被突出的更加明显,对有控矿作用明显的EW向、NW向、NE向断裂构造的信息也有较好的显示。

喇嘛苏铜矿床所在的中元古界蓟县系库松木切克群下亚群($Jxks^a$),是西天山地区铜矿产出的有利层位,为提取与成矿有关的航磁弱异常信息及其所反映的成矿有利断裂构造信息,将赛里木湖东西两侧有松木切克群下亚群($Jxks^a$)出露的区域的航磁数据进行了航磁 ΔT 信息增强处理。处理结果显示,成矿有利地层库松木切克群下亚群($Jxks^a$)中的弱磁异常信息及断裂构造信息被突出显示出来(图7和图8)。在赛里木湖的西侧,从航磁增强信息特征分析,在已知喇嘛苏铜矿床上方的弱磁异常信息被突出显示出来,在已知矿的西部也存在多片增强的航磁弱异常信息。已知矿床西侧的弱磁异常与已知矿一处在化探铜异常晕范围内(图7)。

该区经过航磁增强处理后,与成矿有利的局部EW向及NE向断裂构造在增强信息图上反映明显(图8),弱异常的分布位于断裂的交汇位置,是成矿有利的构造部位。根据以上分析在已知矿的西部还有很大的找矿空间和潜力。

利用同样的方法在赛里木湖的东侧也提取出了明显弱磁异常信息。库松木契克山中部的阿木布勒扎依捞的西北部,该区域具有和喇嘛苏铜矿一样的成矿有利地层分布,化探显示有铜铅锌银套合异常(图9)。

但从航磁 ΔT 等值图上显示有微弱磁异常,仅表现为磁等值线有变形特征,估计异常幅值在5 nT左右(图10)。



1—第四系;2—下二叠统乌郎群;3—下石炭统阿恰乐河组下亚组;4—中元古界蓟县系库松木切克群上段;5—中元古界蓟县系库松木切克群下段;6—华力西晚期二长花岗岩;7—华力西晚期花岗斑岩;8—酸性岩脉;9—断裂;10—湖泊;11—铜矿床;12—居民点;13—提取航磁弱异常;14—化探铜异常晕

图7 喇嘛苏铜矿西部地质图及航磁弱异常信息(据1:20万区域地质图)

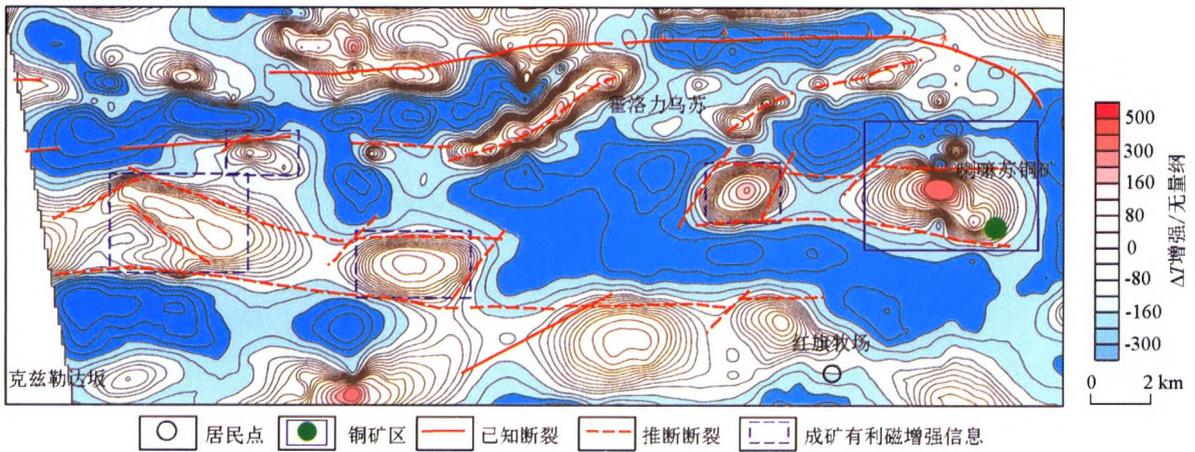
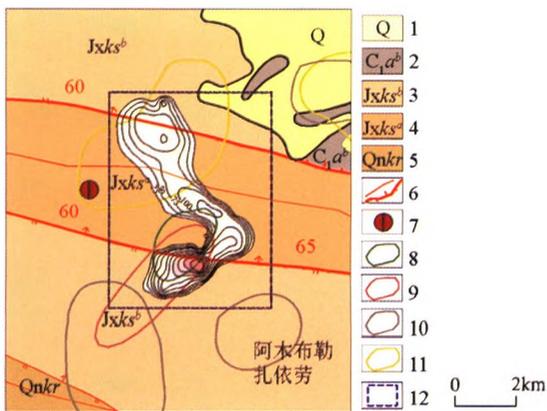
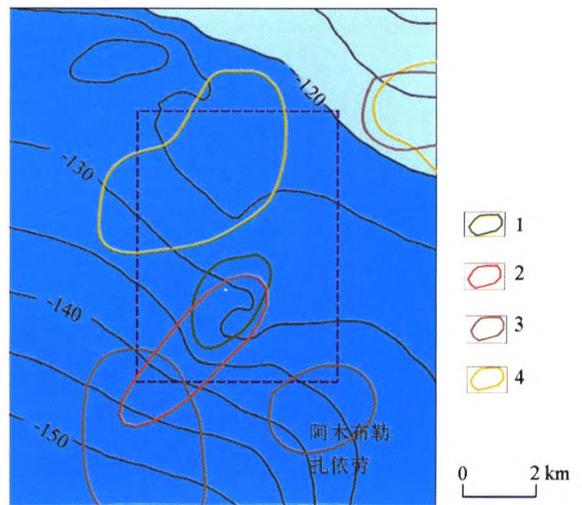


图8 喇嘛苏铜矿西部航磁增强信息及推测断裂构造



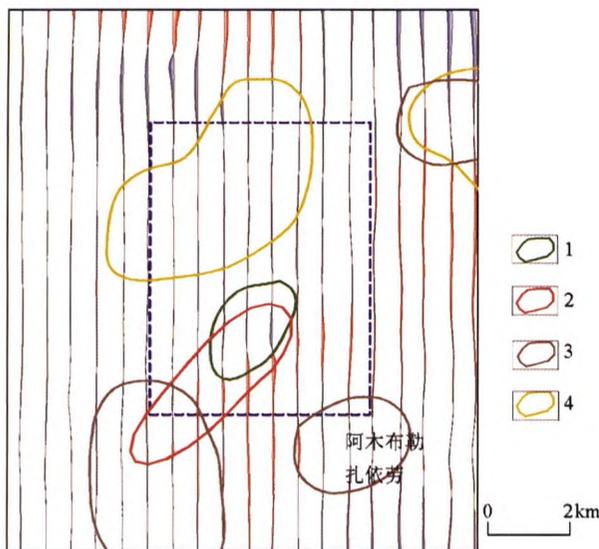
1—第四系;2—下石炭统阿恰乐河组下亚组;3—中元古界蓟县系库松木切克群上段;4—中元古界蓟县系库松木切克群下段;5—青白口系开尔塔斯群;6—断裂;7—放射性矿点;8—铜化探异常;9—锌化探异常;10—铅化探异常;11—银化探异常;12—提取航磁弱异常

图9 阿木布勒扎依捞附近地质图



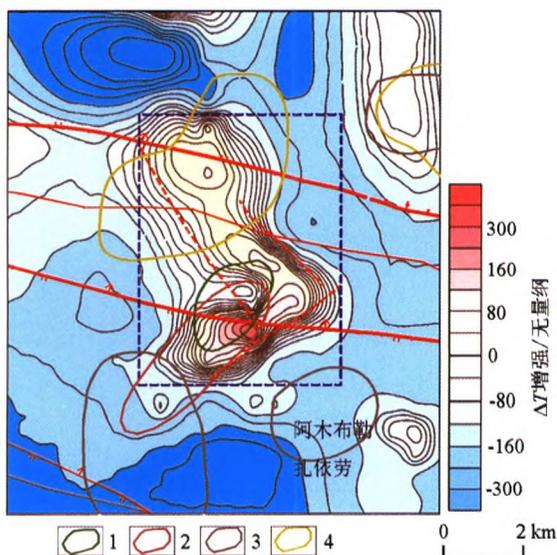
1—铜化探异常;2—锌化探异常;3—铅化探异常;4—银化探异常

图10 阿木布勒扎依捞附近航磁 ΔT 等值线



1—铜化探异常;2—锌化探异常;3—铅化探异常;4—银化探异常

图 11 阿木布勒扎依捞附近航磁剩余异常平剖图



1—铜化探异常;2—锌化探异常;3—铅化探异常;4—银化探异常

图 12 阿木布勒扎依捞附近提取航磁增强信息

提取航磁 ΔT 剩余异常后也发现有弱的异常显示(图 11),这种弱的航磁异常在进行航磁信息提取时不易圈定,常常会被忽略。在进行成矿预测时该区域经过航磁增强处理后,弱磁异常信息明显增强(图 12)。而且从图上可以看出,异常区域与化探铜锌铅套合异常吻合的很好。同时异常增强信息还反映有多条 NW 和 NE 向的局部断裂与已银的套合异常吻合的很好。同时异常增强信息还反映有 NW 和 NE 向的局部断裂与已知的近 EW 向断裂交汇,具有成矿有利的构造条件。

从以上分析可以看出,在赛里木湖东侧出露的

松木切克群下亚群($Jxks^a$)地层中,同样存在有铜矿成矿有利的航磁弱异常信息及有利的构造,并且与化探异常相吻合,具有寻找喇嘛苏类型铜矿的找矿前景。

5 结论

通过利用航磁增强处理方法提取已知喇嘛苏铜矿及其外围弱磁异常信息的实际应用,可以得到以下几点结论和认识:

1) 航磁增强处理方法可以提取由铜、金等金属矿引起的航磁微弱异常信息,并以此作为成矿有利的航磁信息用于成矿预测。

2) 利用航磁增强处理结果可以划分局部成矿有利的隐伏断裂构造,将此作为成矿有利的构造信息用于成矿预测。

3) 通过航磁增强处理发现,不仅喇嘛苏铜的航磁弱异常信息被突出显示出来,而且在赛里木湖 EW 两侧的松木切克群下亚群($Jxks^a$)中,存在与喇嘛苏铜矿类似的航磁弱异常信息。从航磁测量结果分析,该区域还具有该类型铜矿的找矿前景。

4) 这种航磁增强处理方法,除用于提取金属矿引起的弱磁异常信息外,同样也可以用于利用航磁资料寻找油气及砂岩型铀矿的微(弱)磁信息提取。

参考文献:

- [1] 刘天佑,崔宁,邱绳德,等.高精度重磁测量弱信号分析及其在塔北雅克拉地区的应用[J].石油勘探,1996,35(2):81-88.
- [2] 胡先金.油田上方的航磁异常特征[J].石油地球物理勘探,1989,24(5):598-602.
- [3] 耿喜哲,张春华.综合小波分析与分形方法进行弱磁异常识别[J].物探与化探,2002,26(2):126-130.
- [4] 刘云祥.重磁弱异常处理研究与应用[J].勘探地球物理进展,2007,30(6):444-447.
- [5] 韩绍阳,侯惠群,柯丹,等.基于 GIS 软件平台的航磁弱信息提取研究[J].铀矿地质,2003,19(6):361-365.
- [6] 倪卫冲.航测生产中航放航磁弱信息提取的应用试验[R].核工业航测遥感中心,2000.
- [7] 常树帅.砂岩型铀矿勘查中航放、航磁信息开发研究[J].铀矿地质,2006,22(5):300-304.
- [8] 于长春,熊盛青,郭志红,等.改进的非线性滤波方法在中高山地区的应用[J].物探与化探,2003,37(1):40-42.
- [9] 张洪瑞,熊盛青,范正国,等.中高山区高精度航磁调查找矿效果研究[J].地球物理学进展,2013,28(4):2051-2057.
- [10] 余学中.新疆西天山区域航磁重力特征与成矿环境[D].北京:中国地质大学(北京),2016.
- [11] Rajagopalan S, Milligan P. Image enhancement of aeromagnetic data using automatic gain control[J]. Exploration Geophysics,

- 1994, 25(4): 173-178.
- [12] 杨玉勤,张翔,常树帅,等.航磁弱异常信息增强出露在地质解释中的应用[J].西部资源,2017.80(5):143-146.
- [13] 陈毓川,刘德权,等.中国天山矿产及成矿体系(下册)[M].北京:地质出版社,2008.
- [14] 赖健清,彭省临,钟运鄂,等.新疆温泉县喇嘛苏铜多金属矿床成因初探.有色金属矿产与勘查,1998,7(5):267-288.
- [15] 王核.西天山北部地区铜—金等多金属成矿学研究及矿床定位预测[D].长沙:中南大学,2001.
- [16] 王昭辉,周耀明,刘钢.瞬变电磁法在喇嘛苏铜矿的应用效果[J].有色金属矿产与勘查,1997,6(6):360-363.
- [17] 常雪生.新疆温泉县喇嘛苏铜矿地质特征及控矿因素分析[J].新疆有色金属,2008(2):1-4.
- [18] 杨玉勤,胡国民,常树帅,等.新疆博乐—新源地区航空物探(磁、放)调查成果报告[R].核工业航测遥感中心,2016.
- [19] 胡明考,徐华,刘定福.新疆伊宁航测地区航空磁力测量报告[R].核工业航测遥感中心,1992.

The extraction of weak magnetic anomalies in and around the Lamasucopper deposit by using automatic gain control method

YANG Yu-Qin, LI Bing-Hai, ZHANG Xiang

(Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002, China)

Abstract: In order to make use of high precision aeromagnetic data for metallogenic prognosis, it is necessary to extract the weak aeromagnetic anomaly information. Using aeromagnetic enhancement methods (automatic gain control referred to as "AGC") to process high precision aeromagnetic data in and around the Lamasucopper deposit, the authors highlighted the aeromagnetic information caused by weak copper polymetallic anomalies. It is shown that there are many weak anomalies on both sides of the SayramLake, similar to things of the Lamasucopper deposit. It is considered that aeromagnetic augmented processing can extract information of favorable aeromagnetic anomalies, such as copper and gold metallogenic deposits, and can also classify the favorable buried fault structures, so as to provide scientific basis for metallogenic prognosis.

Key words: high-precision aeromagnetic survey; weak magnetic anomaly; automatic gain control; Lamasu copper deposit; metallogenic prediction

(本文编辑:王萌)