

黑龙江大兴安岭地区航磁异常特征及找矿效果

史建民¹ 胡鑫² 丁继双¹ 吕石佳¹

(1.黑龙江省地质调查研究总院,黑龙江哈尔滨 150036; 2.黑龙江省地质科学研究所,黑龙江哈尔滨 150036)

摘要:利用大兴安岭地区1:5万高精度航磁资料,结合区域地质背景分析了该区航磁异常特征,依据地物化资料、已知矿(床)点的分布及成矿规律筛选出了一批航磁异常。在最新的高精度航磁图上,已知铁矿异常特征明显,经对比研究及综合查证发现了1处磁铁矿点及多处有色金属、贵金属矿点,在此基础上总结了查证经验,指明了今后采用航磁数据在区内的找矿方向。

关键词:大兴安岭;航磁异常;高精度;找矿方向

中图分类号:P631;P612 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)02-0611-10

黑龙江大兴安岭地区位于大兴安岭成矿带的北段,是省内重要的多金属矿产聚集区,具有良好的找矿潜力,但一直以来该地区地质研究程度较低^[1-6]。如何结合高精度航磁资料尽快完成磁性矿产及与铁磁性矿物有关的金属、贵金属矿产的找矿突破,提高该地区矿产资源勘查水平是该地区当前的主要问题^[7]。

航空磁测作为一种快速有效的地球物理手段,在矿产勘查中的应用具有较长的历史^[8-9],随着经济发展对资源需求的不断增加,矿产勘查工作逐渐由地表矿向浅覆盖矿、深部隐伏矿转变,找矿难度逐渐加大,航磁在大兴安岭浅覆盖森林区寻找深部隐伏磁性矿产和控矿构造研究方面的作用越来越大^[10-16]。

2008—2010年黑龙江省政府与中国地质调查局双方共同出资,合作开展了《黑龙江省大兴安岭地区1:5万航空物探测量》项目,工区位于黑龙江省49°N以北的大兴安岭地区11.65万km²的范围内。2010—2012年度在区内开展了航磁异常查证工作,笔者在结合成矿地质背景、构造特征的基础上,详细分析了本区航磁异常特征,结合区域地质、物探、化探、遥感及已知矿床(点)的分布及成矿规律,筛

选了一批重点找矿异常,建立了以航磁异常信息为主的综合找矿标志,优选了320处航磁异常(剖面性查证218处,面积性查证102处)开展了综合查证,对套合较好的异常开展了激电测深、槽探工程及钻探工程验证工作,发现了约30处磁铁矿、贵金属、有色金属矿(化)点,提供了一批可供开展进一步查证工作的靶区^[17-18]。

1 区域地质背景

区内前中生代地层时代为古元古代—早三叠世,属天山—兴安地层大区,大兴安岭地层区包括额尔古纳—呼玛—兴隆、扎兰屯—多宝山3个地层分区^[19-23]。

中—新生代地层分区的地层时代为中三叠世—全新世,属滨太平洋地层区,大兴安岭—燕山分区,漠河、大兴安岭、小兴安岭地层小区。

区内地层自古元古代至新生代各时期都有发育,沉积类型齐全,以活动型和过渡型为主。元古宇不均匀地散布,岩性主要为变质岩,局部已混合岩化。下古生界以中东部出露较好。奥陶系分布较普遍,为深海的泥砂质岩、碳酸盐岩组合,伴有基

收稿日期:2013-06-19; 改回日期:2014-01-14

基金项目:中国地质调查局与黑龙江省政府联合实施的部省合作项目(1212011085224)和黑龙江省资源补偿费项目(SDK2009-01)联合资助。

作者简介:史建民,男,1968年生,硕士,高级工程师,主要从事矿产普查与勘探、航磁、航放异常查证等工作;E-mail:sjm3337@126.com。

性—酸性火山岩及其碎屑岩。志留系主要为浅海—半深海的砂泥质复理石及碳酸盐岩组合。上古生界分布广泛,泥盆系属半深海泥质岩、碎屑岩、碳酸盐岩组合,伴有火山岩;石炭系为海相和陆相沉积,下统由厚度巨大的浅海及海陆交替相组成,上统为陆相碎屑岩夹火山岩。三叠系为海相及海陆交替相,属碎屑岩及火山岩组合,含混杂堆积和蛇绿岩套,分布局限。侏罗系十分发育,为火山岩与碎屑岩组合,多分布于北部地区。白垩系以发育火山岩为特征^[24]。古近系、新近系主要分布于南大小沉积盆地中。第四系为冲—洪积;更新世有玄武岩,并有少量安山岩、粗面岩等。

2 岩(矿)石物性特征

前人在大兴安岭地区对岩(矿)石的磁性研究做了大量的工作,对不同岩性及矿化标本测定了磁性参数。本次查证工作中对区内不同查证区的不同时代的不同岩性采取了11183块物性标本进行了磁性测量,使用的仪器为KT-6磁化率仪和GM-19T地面磁力仪,对采集到的数据进行了统计(表1),总体归纳如下:

2.1 侵入岩

超基性—基性岩磁性最强,磁化率 k 最大为 $40900 \times 10^{-5} \text{SI}$,最小为 $35.4 \times 10^{-5} \text{SI}$,平均约为 $3000 \times 10^{-5} \text{SI}$,其中,角闪辉长岩磁性最强、依次为辉长岩、橄榄岩等,磁化率在 $(2000 \sim 23000) \times 10^{-5} \text{SI}$ 之间;中性岩磁性中等,平均磁化率约为 $2400 \times 10^{-5} \text{SI}$,最大磁化率为 $12878 \times 10^{-5} \text{SI}$,出现在塔河北部区域,最小

为 $0.66 \times 10^{-5} \text{SI}$,变化范围比较大。其中,花岗闪长岩、闪长岩类磁性较强;酸性岩磁性普遍较弱,平均磁化率约为 $900 \times 10^{-5} \text{SI}$,但是岩石个体差异较大,如侏罗世的个别花岗岩磁化率可达 $24500 \times 10^{-5} \text{SI}$,有的花岗岩类基本无磁性,总体酸性岩磁性规律性不强。

2.2 喷出岩

基性火山岩磁性最强,磁化率平均约为 $3600 \times 10^{-5} \text{SI}$,其中,玄武岩类磁性普遍很强,磁化率最高可达 $17200 \times 10^{-5} \text{SI}$ 以上,但其变化范围也较大;中性火山岩磁性中等,磁化率平均约为 $1000 \times 10^{-5} \text{SI}$,以安山岩类磁性最强;酸性火山岩磁性较弱,磁化率平均约为 $360 \times 10^{-5} \text{SI}$,变化范围为 $(0 \sim 2000) \times 10^{-5} \text{SI}$,其中蚀变类岩石磁性明显高于其他,其次英安岩磁性普遍较强。

2.3 火山碎屑岩

火山碎屑岩磁化率平均约为 $500 \times 10^{-5} \text{SI}$,磁化率变化范围一般为 $(0 \sim 5000) \times 10^{-5} \text{SI}$,大致规律呈中性基性岩类凝灰岩磁性较强,酸性岩类则较弱,但也存在个体差异。

2.4 沉积岩

沉积岩类的磁性较弱,平均磁化率约 $100 \times 10^{-5} \text{SI}$,为全区最低。绝大多数砂砾岩、砾岩、砂岩—粉砂岩等均为低磁性或者无磁性。

2.5 变质岩

变质岩类的磁性较沉积岩类稍强,平均磁化率约 $200 \times 10^{-5} \text{SI}$,岩性为绢云母千枚岩、二云母片岩、片麻岩、泥板岩、石英岩、大理岩等均为低磁性。但

表1 大兴安岭地区岩(矿)石磁性参数统计

Table 1 Statistics of magnetic parameters of rocks (ores) from Da Hinggan Mountains region

岩石类型	岩石名称	件数/块	$k/10^{-5} \text{SI}$		
			极大值	极小值	平均值
基性侵入岩	辉长岩	198	1670~40900	35.4~365	339~3680.94
中性侵入岩	闪长岩、闪长玢岩	622	26.7~12878	0.66~364.1	8.04~6398.4
酸性侵入岩	花岗岩、花岗斑岩、花岗闪长岩、二长花岗岩等	5537	2.4~24500	0.1~588	1.32~3263
基性喷出岩	玄武岩	220	262.3~17200	8.9~509	88.1~8070
中性喷出岩	安山岩、玄武安山岩等	860	16.5~12973.8	3~153	16.5~1352.1
酸性喷出岩	流纹岩、英安岩、流纹斑岩	1037	2.2~3913.2	0.1~313	0.85~927.7
火山碎屑岩	凝灰岩、凝灰熔岩、片麻岩、凝灰砂岩等	1366	4.3~24317.1	0.1~1320	1.95~6670.9
沉积岩	石英砂岩、粗砂岩、粉砂岩、长石斑岩	356	5.2~399.4	0.1~154	3.2~247.5
变质岩	片岩、板岩、千枚岩、变粒岩、石英岩	976	1~2060	0.03~798	1~1110.8
矿石	磁铁矿石英岩	11	86200	71300	78554.5

磁铁石英岩、硅化蚀变岩、褐铁矿化蚀变岩和黄铁矿化蚀变岩等蚀变岩的磁性很强,其中磁铁石英岩约 $78600 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。沉积变质岩类的磁性大体随地层由老到新,磁性也由弱到强的变化趋势。

2.6 矿石

矿石的磁性特征以磁铁矿最强,磁化率变化范围为 $(30000 \sim 300000) \times 10^{-5} \text{SI}$,平均约为 $250000 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。此外磁铁石英岩、硅化蚀变岩、褐铁矿化蚀变岩和黄铁矿化蚀变岩等蚀变岩的磁性也很强,其中磁铁石英岩磁化率约为 $78600 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。

3 航磁数据处理

航磁 ΔT 原等值线平面图是各种磁性体引起磁异常的综合反映,各种磁异常在纵向和横向上相互叠加、干扰,无疑会对磁异常的分析、解释带来较大的困难^[25]。为了满足地质解释的需要,对大兴安岭1:5万航磁数据用Geosoft软件做了网格化数据,网格化间距200 m,网格化处理后,用Golden software Surfer8、北京航空遥感中心的AgMGis、中国地质调查局的RGIS软件做了变纬度化极处理,并用化极后的网格文件做了1 km、3 km、5 km上延处理,用上延2 km的网格数据做了 0° 、 45° 、 90° 和 135° 四个方向的水平一阶导数处理,从航磁上延5 km等值线平面图上看,大兴安岭地区异常趋于简单,多数小异常已被过滤掉,这说明多数小异常埋深较浅,是由地表或近地表的浅部地质体影响,异常杂乱。

通过4个水平方向一阶导数可以看出大兴安岭地区构造以NE、WE方向为较多,近SN向和NW向构造相对较少,构造线非常清晰。

4 区域磁场特征

磁场是地下各种磁性体的综合反映,其特征与地质构造、岩体、矿产分布有着必然的联系^[26]。从1:5万航磁 ΔT 剖面平面图(图1)上看出,区内航磁场总体以平缓负场为背景,表明无磁性地层及老花岗岩基底特征,中部和南部以负背景场叠加正磁场或杂乱磁场为特征,反映岩浆经过多次活动,形成多种类型磁场。

在大兴安岭北部—上黑龙江拗陷,磁场以大面积负异常为主,在负异常中有小面积面状或带状正异常,构造以NE向为主,WE向构造较少。该区无

磁性或弱磁性地层以老花岗岩为主,在带状或小面状正异常为后期的中酸性侵入体或中酸性火山岩,平缓负场为无磁性或弱磁性地层。

在二十四站林场—三连山—长缨镇—面包山—满归镇为一条NNE向中生代火山岩带,宽约30 km,磁场较强且杂乱,梯度变化大,为中基性火山岩带。

在二十四站林场—三连山—长缨镇—面包山—满归镇以南到呼玛县旁开门—旗西山—大子杨山—大杨树以北,磁场较杂乱,磁场以环状、线性、带状异常较多,大多异常反映中生代从酸性—基性火山岩的特点,磁场较杂乱,梯度变化较大。少数异常反映侵入岩体或岩脉的特点,磁场较平缓,该区已近WE向构造为主,夹杂NE向和NW向构造。该区中基性火山岩体磁性较强,有些中性火山岩磁性与基性火山岩磁性相当,有些超过基性火山岩,说明中性火山岩剩磁较强。平缓负场为无磁性或弱磁性地层。

在呼玛县旁开门—旗西山—大子杨山—大杨树一带一条NE向中生代火山岩带,宽度约50 km,磁场较强且杂乱,梯度变化大,为中基性火山岩带。

在呼玛县旁开门—旗西山—大子杨山—大杨树一带以南,构造以EW向、NE向为主,SN向次之,异常呈团块状、带状、线状为主,主要为侵入岩,在嫩江县以北、以东地区有大面积中基性火山岩状杂乱磁场,为中生代火山岩。在多宝山镇附近有2个环状异常,为闪长岩体,磁性较强,有很多矿体与该闪长岩体有关,如嫩江县三矿沟铜矿、嫩江县多宝山铜钼矿床、嫩江县铜山铜矿等,为后期沿多宝山组环状断裂多期侵入的闪长岩。

5 高精度航磁测量找矿效果

经对最新的1:5万高精度航磁测量及全区的地质、物探、化探、遥感、矿床、矿点、矿化点等资料的综合研究,采用“综合筛选”方法,全区共筛选出了具有一定找矿意义的航磁异常1124处。按照引起航磁异常的原因大体将其划分了9种成因类型,分别为:超基性岩体磁异常、基性火山岩体磁异常、中性火山岩磁异常、酸性火山岩磁异常、中基性脉岩磁异常、酸性侵入岩体磁异常、火山碎屑岩磁异常、变质岩磁异常及磁性矿体异常。

通过地面高磁测量(线距200 m,点距20 m)与

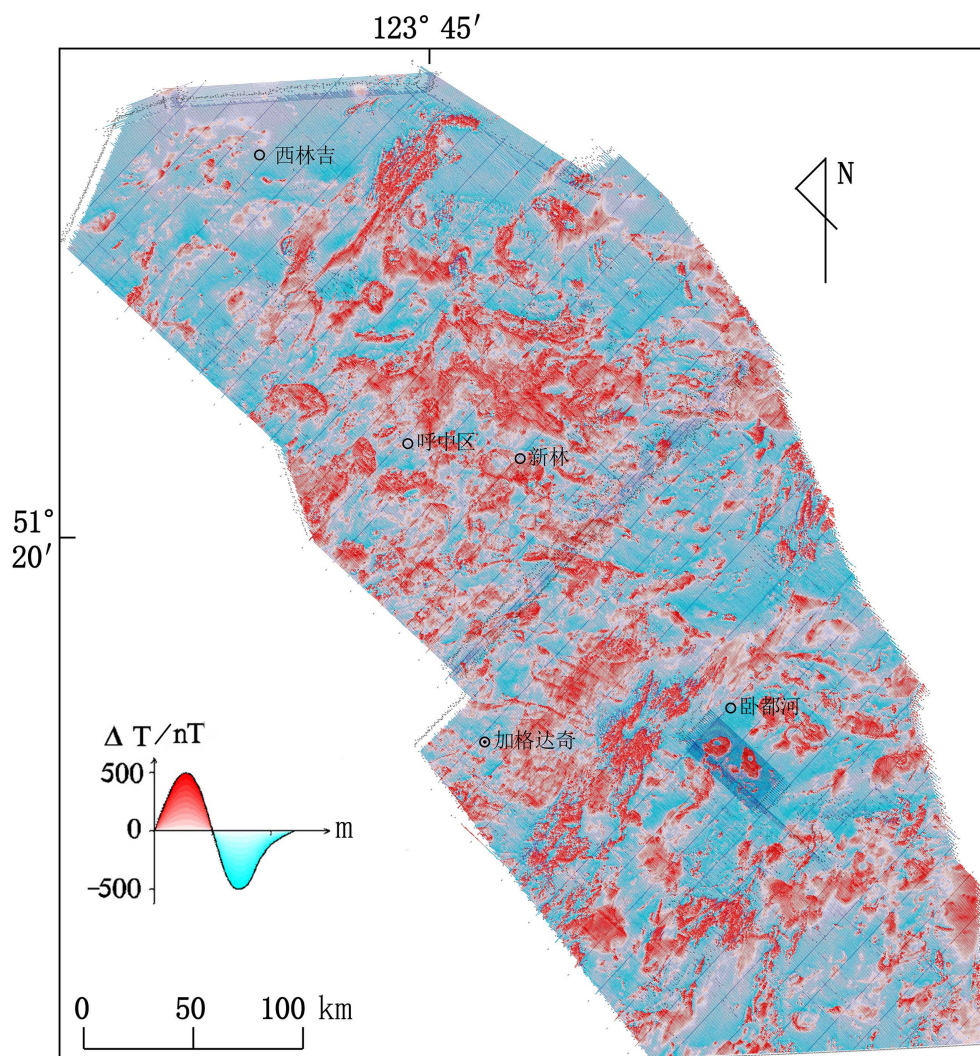


图1 大兴安岭地区1:5万航磁 ΔT 剖面平面图

Fig.1 1:50000 aeromagnetic ΔT profile map of Da Hinggan Mountains region

航磁测量(线距为500 m,飞行高度为100~120 m)的对比研究,认为航磁与地磁的对应性较好,地磁比航磁数值大几百 nT 至几千 nT。一般超基性岩体、基性岩体引起的磁异常差值较大,酸性火山岩、酸性脉岩引起的磁异常差值较小。

对已筛选的航磁异常又进行了系统的综合研究,择优选取重点航磁异常开展了综合(剖面性、面积性查证及工程验证)查证。

5.1 铁矿航磁异常

5.1.1 已知铁矿航磁异常

大兴安岭地区成型的铁矿床较少,代表性的为兴安桥铁矿床,属沉积变质型,矿床规模属小型。

其航磁异常处于起伏变化较大的负异常背景中,变化陡峭,附近很多测线上均有类似正异常出现,整体走向为NE向,此处异常表现为突然拔高后缓慢降低,最大幅值约1930 nT(图2)。

5.1.2 新发现铁矿航磁异常

经综合对比研究优选了黑C-2010-10001-3号异常查证区作为寻找铁矿床的首选靶区,也是我们查证后所见磁铁矿体的唯一查证区。

区内出露古元古代兴华渡口群(Pt,xh)的大理岩、变粒岩、磁铁石英岩等,晚二叠世二长花岗岩及古元古代花岗岩、闪长岩(图3)。

航磁异常位于较平静的负磁场中,异常曲线光

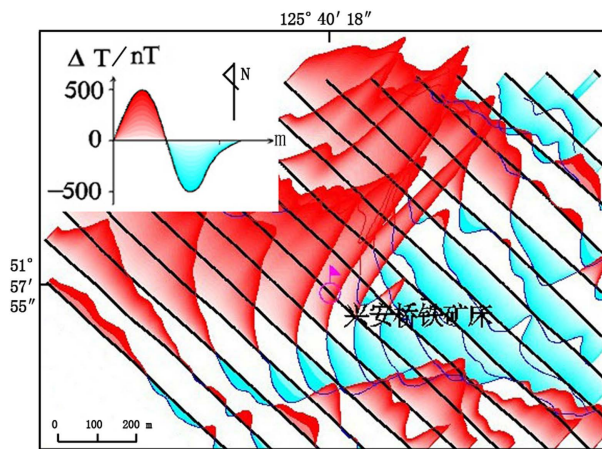


图2 兴安桥铁矿床航磁 ΔT 剖面平面图
Fig.2 Aeromagnetic ΔT profile map of the Xinganqiao iron deposit

滑,不对称,曲线顶端宽缓,底部梯度较大,走向NEE,极大值1050 nT。

地面高磁测量表明背景为平稳正磁场,走向近

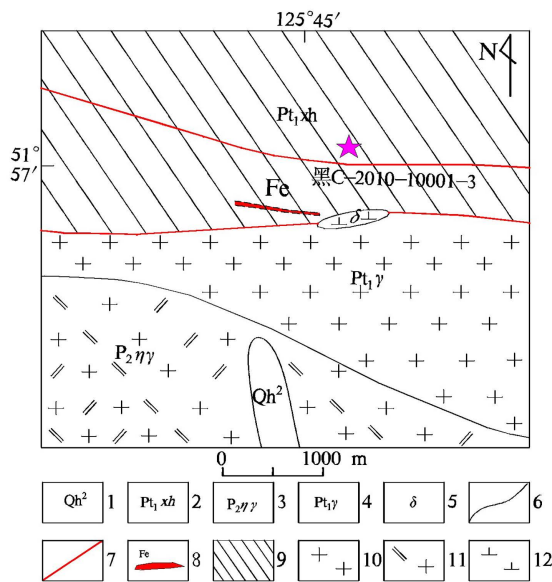


图3 黑C-2010-10001-3异常查证区地质简图
1—第四系;2—兴华渡口群;3—晚二叠世二长花岗岩;
4—古元古代花岗岩;5—闪长岩;6—地质界线;7—实测断层;
8—铁矿体;9—大理岩、变粒岩、磁铁石英岩;10—花岗岩;
11—二长花岗岩;12—闪长岩

Fig.3 Geological sketch map of Hei C-2010-10001-3 anomaly area

1-Quaternary; 2-Xinghuadukou Group; 3-Late Permian monzonitic granite; 4-Paleoproterozoic granite; 5-Diorite; 6-Geological boundary; 7-Measured fault; 8-Iron ore body; 9-Marble, rock, quartzite; 10-Granite; 11-Monzonitic granite; 12-Diorite

WE,具孤峰,北侧伴有负场, ΔT 曲线北侧梯度变化大于南侧,相邻测线一致性较好,异常西部未封闭,区内控制长度大于800 m,宽度200 m,磁场强度最高为2821 nT(图4)。

经地表槽探工程揭露,初步圈定了磁铁矿体,宽度6 m,TFe50.00%~56.56%,加权平均品位53.57%,mFe44.60%~52.78%。采用钻探工程对磁铁矿体的延伸情况进行了追索控制,在4条测线的4个钻孔中均见有磁铁矿体,赋存深度在39.30~183.50 m,厚度变化在1.70~5.40 m,TFe 28.40%~34.35%,mFe 22.85%~27.44%。

5.2 铜钼矿航磁异常

优选黑C-2009-10557号航磁异常作为寻找铜钼矿床的靶区。

查证区内侵入岩较为发育,主要为晚二叠世二长花岗岩,大面积以岩基形态出露于工区中南部,其磁化率平均约为 $610 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。在花岗岩中有后期花岗斑岩($\gamma\pi$)和石英脉(q)侵入,两种脉岩对成矿非常有利。侵入体和脉岩均与成矿关系较为密切,目前发现的铜矿化体就产在其中(图5)。

区域上构造较为复杂,主要以断裂为主,断裂呈NE向、NW向展布。

围岩蚀变:查证区内热液蚀变比较发育,主要为硅化、绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、高岭土化、褐铁矿化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、孔雀石化、黄铜矿化等。其中硅化与矿化的关系较密切,矿化体中都不同程度发育有硅化。

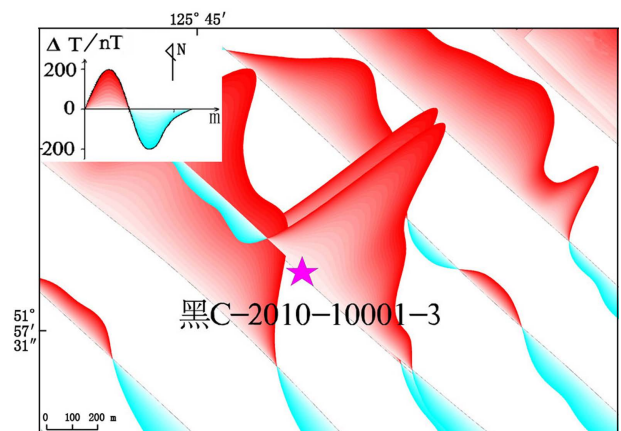


图4 黑C-2010-10001-3异常查证区航磁 ΔT 剖面平面图
Fig.4 Aeromagnetic ΔT profile map of Hei C-2010-10001-3 anomaly area

航磁异常处于相对平静的负磁场中,单点孤峰,幅值可达393 nT(图6)。

地面高磁测量单测线为孤峰状,梯度大,呈尖峰状,异常较集中,异常点最高为1216 nT(图7)。

土壤地球化学测量共圈定单元素异常62处,组合异常5处。土壤组合异常呈NW向串珠状展布,各异常间的排列也非常紧密。而赋存其中的单元素异常基本均呈NE或近WE向展布。说明组合异常的分布严格受NE向构造控制,而单元素异常除了受NE向构造控制外,还受NW向构造控制。

元素的地球化学参数中主成矿元素极值分别为Au 300.0×10^{-9} 、Ag 5.000×10^{-6} 、Mo 174.21×10^{-6} 、Pb 500.0×10^{-6} 、Zn 384.6×10^{-6} 、Bi 115.65×10^{-6} 、Cu 1148.10×10^{-6} 。其中Cu具有内带,强度极高,高值点多,异常有一定面积,与Mo、Zn元素套合较好,说明铜成矿性极大。

经槽探工程验证,区内初步圈定出5条宽度为8.00~42.00 m的铜矿化体,内夹多条低品位铜矿体;圈定5条钼矿化体,宽度在2.00~4.30 m。

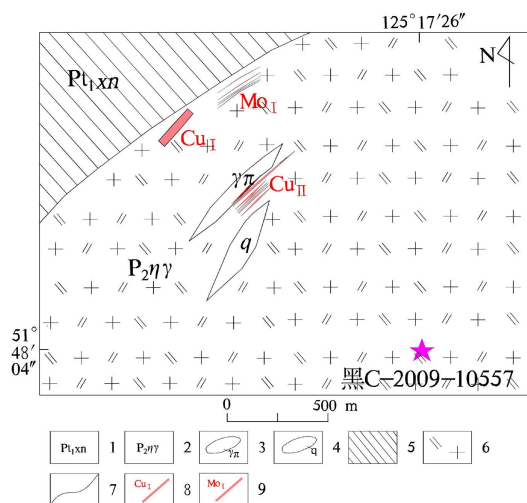


图5 黑C-2009-10557异常查证区地质简图

1—兴安桥组;2—晚二叠世二长花岗岩;3—花岗岩斑岩脉;
4—石英脉;5—片麻岩、变粒岩、云母片岩;6—二长花岗岩;
7—地质界线;8—铜矿化体及矿化带;9—钼矿化体及矿化带

Fig.5 Geological sketch map of Hei C-2009-10557 anomaly area

1—Xinganqiao Formation; 2—Late Permian monzonitic granite;
3—Granite porphyry vein; 4—Quartz vein; 5—Gneiss, granulite,
mica schist; 6—Monzonitic granite; 7—Geological boundary;
8—Copper mineralization body and mineralized belt;
9—Molybdenum mineralization body and mineralized belt

5.3 金矿航磁异常

优选黑C-2009-10102号航磁异常作为寻找金矿床的靶区。

查证区出露塔木兰沟组玄武岩(J_3t)、光华组(K_1gn)流纹岩、流纹质火山碎屑岩等。脉岩仅见少量潜火山相英安岩、闪长岩和玄武岩脉。

查证区内地质构造发育,主要见有燕山晚期脆性断裂构造形迹,构造线方向为NE、NW和近EW向。高磁测量表明,NE向构造为基底构造,对中生代火山活动起控制作用;NW和近EW向构造在查

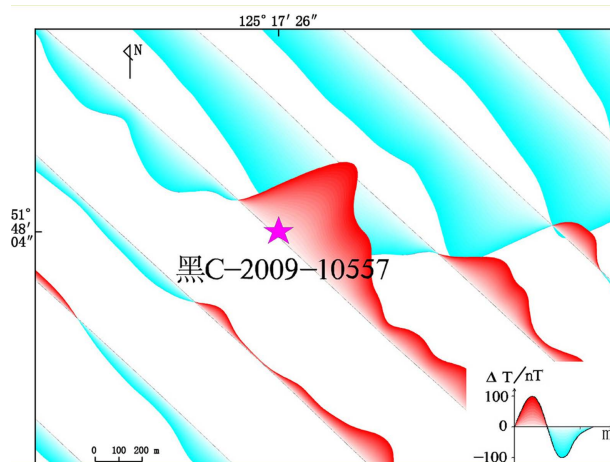


图6 黑C-2009-10557异常查证区航磁 ΔT 剖面平面图
Fig.6 Aeromagnetic ΔT profile map of Hei C-2009-10557 anomaly area

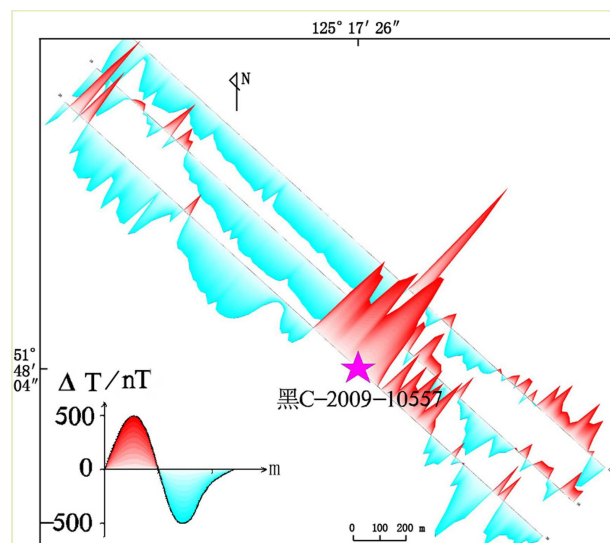


图7 黑C-2009-10557异常查证区高磁 ΔT 剖面平面图
Fig.7 High magnetic ΔT profile map of Hei C-2009-10557 anomaly area

证区内主要表现为沟谷断裂,对早期形成的地层起破坏作用。

区内主要矿化蚀变有:硅化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、褐铁矿化及粘土化(高岭土化)等(图8)。

航磁异常处于正负交替磁场中,单点孤峰,梯度变化较大,最高幅值可达1106 nT(图9)。

地面高磁测量结果表明,区内可划分出2类异常。

锯齿状强磁异常:位于查证区的北西部,走向NNE,区内控制长约1800 m。异常呈现紊乱磁异常带,一般强度为800 nT~1500 nT,最高强度在2000 nT~3000 nT。曲线呈锯齿状,齿峰齿谷波动较大,异常边缘梯度较大,形状不规则。

相对平稳的磁场:工区分布较多,一般磁场强度变化在-200 nT~300 nT,时而出现300 nT~1000

nT的正异常,有的多点单峰,有的多点多峰,负异常较少,以正异常为主。该类磁场与地质图上的下白垩统光华组(K_{1gn})英安岩、流纹英安质火山碎屑岩的分布基本吻合(图10)。

土壤地球化学测量共圈定单元素异常141处,组合异常15处。区内异常显示出以Au、Ag、As为主的元素套合,异常面积较大,元素套合非常好。其中Ht-4号组合异常排序第一,该组合异常分布区为低缓平稳磁场,激电中梯测量显示为低阻高极化特征。

经地表槽探工程验证,区内圈定出1条金银矿体,2条金矿化体。金银矿体宽度为1.00 m,金品位

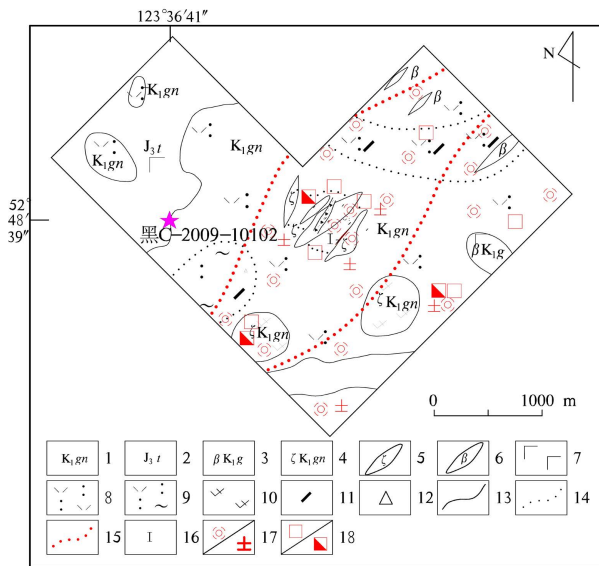


图8 黑C-2009-10102异常查证区地质简图
 1—下白垩统光华组;2—上侏罗统塔木兰沟组;3—甘河期潜火山岩;4—光华期潜火山岩;5—英安岩脉;6—玄武岩脉;7—玄武岩;
 8—流纹质凝灰岩;9—流纹质熔结凝灰岩;10—英安岩;
 11—晶屑;12—角砾;13—地质界线;14—岩相界线;15—蚀变带界线;16—金矿体编号;17—硅化/粘土化;18—黄铁矿化/褐铁矿化

Fig.8 Geological sketch map of Hei C-2009-10102 anomaly area

- 1-Lower Cretaceous Guanghua Formation; 2-Upper Jurassic Tamulangou Formation; 3-Ganhe stage subvolcanic rocks;
- 4-Guanghua stage subvolcanic rocks; 5-Dacite dike; 6-Basaltic dike; 7-Basaltic; 8-Rhyolitic tuff; 9-Rhyolitic ignimbrite;
- 10-Dacite; 11-Crystal chip; 12-Breccia; 13-Geological boundary; 14-Lithofacies boundary; 15-Alteration zone boundary; 16-Serial number of gold orebody; 17-Silicification/argillization;
- 18-Pyritization/limonitization

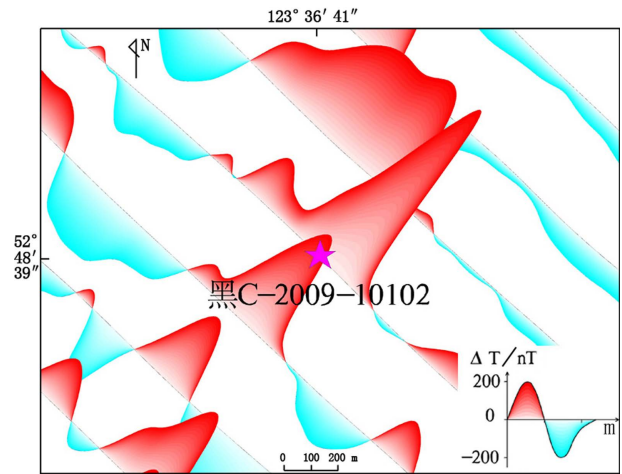


图9 黑C-2009-10102异常查证区航磁ΔT剖面平面图
 Fig.9 Aeromagnetic ΔT profile map of Hei C-2009-10102 anomaly area

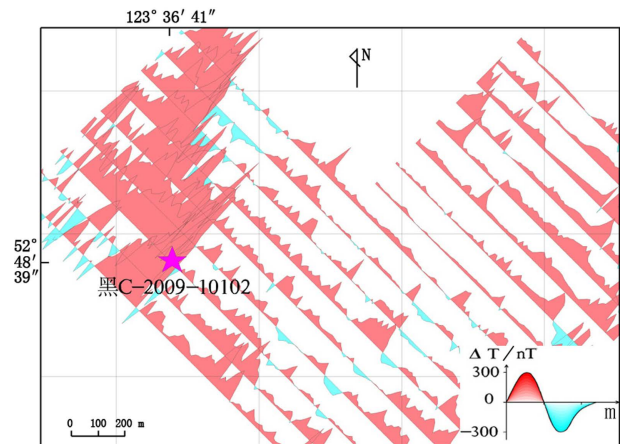


图10 黑C-2009-10102异常查证区高磁ΔT剖面平面图
 Fig.10 High magnetic ΔT profile map of Hei C-2009-10102 Anomaly area

为 8.33×10^{-6} , 银品位为 145.89×10^{-6} , 其边部宽度为 1.00 m 的金矿化体, 金品位为 0.72×10^{-6} 。第 1 条金矿化体宽度为 2.00 m, 金品位为 0.21×10^{-6} ; 第 2 条金矿化体宽度为 2.00 m, 金品位为 0.15×10^{-6} 。赋矿岩性为弱硅化黄铁矿化凝灰岩。

6 结 论

黑龙江大兴安岭地区 1:5 万高精度航磁测量清晰地反映了区内的磁场面貌特征, 利用最新航磁资料发现了数量众多的异常, 为区内进行综合地质研究及找矿提供了重要依据^[27-30]。经 3 年的实际查证工作, 笔者认为利用高精度航磁测量寻找磁性矿产, 特别是寻找磁铁矿具有时间短、见效快的明显优势; 利用高精度航磁测量寻找有色金属及贵金属矿产时, 需综合考虑地物化遥相关资料, 特别应注重成矿地质背景及化探资料。因此, 在大兴安岭地区的航磁异常筛选及查证靶区的确定应注重以下几点:

(1) 选择典型矿床、矿点、矿化点, 分析对比航磁在矿床、矿点形成的异常形态, 掌握矿床类型及成矿的地质背景, 选择与矿床、矿点引起的航磁异常形态相类似的航磁异常, 作为开展查证工作的主要靶区。

(2) 对于寻找磁铁矿及与铁磁性有关的矿产时, 结合成矿地质背景条件的同时要注重高磁场部位, 一般幅值为 1000 nT 至 3000 nT 的航磁异常是我们筛选的主要目标。

(3) 对于寻找贵金属、有色金属矿产, 在异常筛选及确定靶区时, 应注重地质背景并结合化探资料, 一般选择在弱磁性或无磁性的地质背景, 与成矿有关的地层或侵入岩有航磁异常反映的异常。如中生代花岗岩、花岗斑岩出露地层的异常和酸性侵入岩中的异常。一般选择在正负异常接触部位或负磁场背景中的孤峰低正磁异常, 一般幅值为几十 nT 至 500 nT。

(4) 选择与构造有关的构造(线、环性)交叉部位和构造叠加部位的异常。

(5) 侵入岩地区岩体的边部、接触带、断裂构造部位的异常, 沉积岩、变质岩地区磁场一般较平稳, 在平稳磁场中的突出异常区, 有一定规模及展布方向的突出异常。

因此, 在黑龙江大兴安岭及省内浅覆盖森林地区, 进行高精度航磁测量覆盖, 并快速分析圈定出可能的矿致异常, 组织进行地面查证工作, 是寻找铁磁性矿产行之有效的办法。

参考文献(References):

- [1] 涂广红, 江为为, 朱东英, 等. 中国东北地区剩余重磁异常特征与地质构造及成矿带的关系[J]. 地球物理学进展, 2006, 21(3): 746-755. Tu Guanghong, Jiang Weiwei, Zhu Dongying, et al. The relationships between the characteristics of Northeast China residual gravity and magnetic anomalies and geological tectonic & metallogenic belt[J]. Progress in Geophysics, 2006, 21(3): 746-755 (in Chinese with English abstract).
- [2] 戴慧敏, 杨忠芳, 马振东, 等. 大兴安岭查巴奇地区中生代侵入岩岩石地球化学特征及构造背景[J]. 中国地质, 2013, 40(1): 232-247. Dai Huimin, Yang Zhongfang, Ma Zhendong, et al. The petrogeochemical characteristics and tectonic setting of Mesozoic intrusive rocks in Chabaqi area of the Da Hinggan Mountains[J]. Geology in China, 2013, 40(1): 232-247(in Chinese with English abstract).
- [3] 孙忠实, 刘四川, 郑常青, 等. 大兴安岭柴一磨地区控矿构造特征及赋矿规律[J]. 中国地质, 2013, 40(2): 529-537. Sun Zhongshi, Liu Sichuan, Zheng Changqing, et al. The ore-control structural features and ore-host regularity of Chaihe-Moguqi area in the Da Hinggan Mountains[J]. Geology in China, 2013, 40(2): 529-537(in Chinese with English abstract).
- [4] 孟昭君, 阚学胜, 李宪臣, 等. 大兴安岭北东段森林覆盖区岔路口巨型斑岩钼多金属矿床的发现过程及意义[J]. 中国地质, 2011, 38(6): 1504-1517. Meng Zhaojun, Kan Xuesheng, Li Xianchen, et al. The discovery and exploration process of the Chalukou giant porphyry molybdenum polymetallic deposit in forest-covered area of northeastern Da Hinggan Mountains and its geological significance[J]. Geology in China, 2011, 38(6): 1504-1517(in Chinese with English abstract).
- [5] 张万益, 聂凤君, 刘树文, 等. 大兴安岭南段西坡金属矿床特征及成矿规律[J]. 中国地质, 2013, 40(5): 1583-1599. Zhang Wanyi, Nie Fengjun, Liu Shuwen, et al. Characteristics and metallogenic regularities of ore deposits on the western slope of the southern section of the Da Hinggan Mountains metallogenic belt[J]. Geology in China, 2013, 40(5): 1583-1599(in Chinese with English abstract).
- [6] 武新丽, 毛景文, 周振华, 等. 大兴安岭中南段布敦化铜矿床 H-O-S-Pb 同位素特征及成矿指示[J]. 中国地质, 2012, 39(6): 1812-1829. Wu Xinli, Mao Jingwen, Zhou Zhenhua, et al. H-O-S-Pb isotopic components of the Budunhua Cu deposit in the middle-south part of the Da Hinggan Mountains and their implications for the ore-

- forming process[J]. *Geology in China*, 2012, 39(6): 1812–1829(in Chinese with English abstract).
- [7] 聂凤军, 孙振江, 刘翼飞, 等. 大兴安岭岔路口矿区中生代多期岩浆活动与钼成矿作用[J]. *中国地质*, 2013, 40(1): 273–286.
Nie Fengjun, Sun Zhengjiang, Liu Yifei, et al. Mesozoic multiple magmatic activities and molybdenum mineralization in the Chalukou ore district, Da Hinggan Mountains[J]. *Geology in China*, 2013, 40(1): 273–286(in Chinese with English abstract).
- [8] 张洪瑞, 范正国, 焦恩富, 等. 国际航空物探工作应用现状研究报告[R]. 中国国土资源航空物探遥感中心, 2008.
Zhang Hongrui, Fan Zhengguo, Jiao Enfu, et al. Application of International Aviation Geophysical Research Report[R]. China Aero Geophysical Survey Remote Sensing Center for Land and Resources, 2008(in Chinese with English abstract).
- [9] 张洪瑞, 熊盛青, 范正国, 等. 青海祁漫塔格地区航磁异常特征及找矿前景[J]. *物探与化探*, 2012, 36(2): 163–169.
Zhang Hongrui, Xiong Shengqing, Fan Zhengguo, et al. Aeromagnetic anomaly characteristics and ore-search prospects of Qimantage area in Qinghai Province[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2012, 36(2): 163–169(in Chinese with English abstract).
- [10] 李世超, 路来君, 刘光胜, 等. 基于航磁解译构造法的哀牢山地区金多金属远景预测[J]. *中国地质*, 2009, 36(3): 728–735.
Li Shichao, Lu Laijun, Liu Guangsheng, et al. Perspective prognosis of gold-polymetallic ore deposits in Ailao Mountain area based on aeromagnetic structural interpretation[J]. *Geology in China*, 2009, 36(3): 728–735(in Chinese with English abstract).
- [11] 何碧竹, 焦存礼, 蔡志慧, 等. 塔里木盆地中部航磁异常带新解译[J]. *中国地质*, 2011, 38(4): 961–969.
He Bizhu, Jiao Cunli, Cai Zhihui, et al. A new interpretation of the high aeromagnetic anomaly zone in central Tarim Basin [J]. *Geology in China*, 2011, 38(4): 961–969(in Chinese with English abstract).
- [12] 王有学, 姜枚, 熊盛青, 等. 西昆仑岩石圈的拆沉作用及其深部构造含义——地震层析成像及航磁异常证据[J]. *中国地质*, 2006, 33(2): 299–308.
Wang Youxue, Jiang Mei, Xiong Shengqing, et al. Delamination of the lithosphere below the West Kunlun and its tectonic implications—Evidence from seismic tomographic images and aeromagnetic anomalies[J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 299–308(in Chinese with English abstract).
- [13] 周军, 王绪本, 杨代彬, 等. 综合物探在会东航磁异常查证中的应用[J]. *中国地质*, 2013, 40(4): 1290–1297.
Zhou Jun, Wang Xuben, Yang Daibing, et al. The application of integrated geophysical methods to aeromagnetic anomaly inspection of Huidong area[J]. *Geology in China*, 2013, 40(4): 1290–1297(in Chinese with English abstract).
- [14] 张玄杰, 范子梁, 郑广如, 等. 新疆天山地区岩矿石磁化率特征及应用[J]. *物探与化探*, 2013, 37(1): 67–72.
Zhang Xuanjie, Fan Ziliang, Zheng Guangru, et al. Magnetic susceptibility features of rock and ore in west Tianshan area of Xinjiang and their applications [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2013, 37(1): 67–72(in Chinese with English abstract).
- [15] 李华, 王永华, 艾斯卡尔, 等. 西南山区矿调中的地球物理综合找矿技术[J]. *物探与化探*, 2012, 36(4): 523–528.
Li Hua, Wang Yonghua, Arska, et al. The integrated geophysical technique for ore prospecting in mountain areas of southwest China[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2012, 36(4): 523–528(in Chinese with English abstract).
- [16] 张亚东, 宋金素, 龚红雷, 等. 河北省铁矿分布与重磁场特征的关系[J]. *物探与化探*, 2012, 36(4): 517–522.
Zhang Yadong, Song Jinsu, Gong Honglei, et al. The relationship between distribution of iron deposits and characteristics of gravity and magnetic fields in Hebei Province[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2012, 36(4): 517–522(in Chinese with English abstract).
- [17] 史建民, 林泽付, 丁继双, 等. 黑龙江漠河—塔河地区航空物探异常查证报告[R]. 2013.
Shi Jianmin, Lin Zefu, Ding Jishuang, et al. Airborne Geophysical Anomaly Verification Report in Mohe–Tahe Area of Heilongjiang[R]. 2013(in Chinese with English abstract).
- [18] 韩长青, 徐国苍, 刘建军, 等. 黑龙江省大兴安岭地区1:5万航空物探测量成果报告[R]. 2012.
Han Changqing, Xu Guocang, Liu Jianjun, et al. 1:50000 Airborne Geophysical Survey Report in Daxinganling Area of Heilongjiang Province[R]. 2012(in Chinese with English abstract).
- [19] 刘俊杰, 刘荣芝, 伦志强, 等. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
Liu Junjie, Liu Rongzhi, Lun Zhiqiang, et al. Regional Geology of Heilongjiang Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993(in Chinese with English abstract).
- [20] 曲关生, 浦全生, 韩松山, 等. 黑龙江省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
Qu Guansheng, Pu Quansheng, Han Songshan, et al. Stratigraphy of Heilongjiang Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences press, 1997(in Chinese with English abstract).
- [21] 常立海, 王晓勇, 王献忠, 等. 大兴安岭北部漠河逆冲推覆构造的特征及演化[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2007, 37: 11–15.
Chang Lihai, Wang Xiaoyong, Wang Xianzhong, et al. Characteristics and evolution of thrust Nappe structure in the Mohe area, Daxing'anling[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2007, 37: 11–15(in Chinese with English abstract).
- [22] 余宏全, 李进文, 向安平, 等. 大兴安岭中北段原岩锆石U–Pb测年及其与区域构造演化关系[J]. *岩石学报*, 2012, 28(2): 571–594.
She Hongquan, Li Jinwen, Xiang Anping, et al. U–Pb ages of the zircons from primary rocks in middle–northern Daxinganling and

- its implications to geotectonic evolution[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(2): 571–594(in Chinese with English abstract).
- [23] 唐臣, 张东才, 于跃江, 等. 黑龙江省矿产资源潜力评价[R]. 2012. Tang Chen, Zhang Dongcai, Yu Yaojiang, et al. Evaluation of Mineral Resource Potential in Heilongjiang Province[R]. 2012(in Chinese with English abstract).
- [24] 张昱, 赵焕力, 李仰春, 等. 大兴安岭北段根河地区早白垩世火山杂岩特征及成因探讨[J]. *中国地质*, 2005, 32(3): 405–410. Zhang Yu, Zhao Huanli, Li Yangchun, et al. Characteristics of Early Cretaceous volcanic complexes in the Genhe area in the northern segment of the Da Hinggan Mountains: With a discussion of their genesis[J]. *Geology in China*, 2005, 32(3): 405–410(in Chinese with English abstract).
- [25] 张玄杰, 郑广如, 范子梁, 等. 新疆西天山东段航磁异常特征及找矿效果[J]. *地球物理学进展*, 2012, 27, 1: 335–342. Zhang Xuanjie, Zheng Guangru, Fan Ziliang, et al. Aeromagnetic anomaly characteristics of eastern segment of the West Tianshan Mountains, Xinjiang and the ore–prospecting effect[J]. *Progress in Geophysics*, 2012, 27, 1: 335–342(in Chinese with English abstract).
- [26] 崔志强, 孟庆敏, 胥值礼, 等. 浅析大兴安岭中南段多金属成矿航磁异常特征[J]. *物探化探计算技术*, 2011, 33(1): 56–62. Cui Zhiqiang, Meng Qingmin, Xu Zhili, et al. Analysis of metallogenic characteristics of aeromagnetic anomaly in Central and southern of Daxinganling area[J]. *Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration*, 2011, 33(1): 56–62(in Chinese with English abstract).
- [27] 邵军, 王世称, 马晓龙, 等. 大兴安岭北段金、多金属矿床区域成矿特征[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2003, 33(1): 32–36. Shao Jun, Wang Shicheng, Ma Xiaolong, et al. Regional metallogenic characteristics of gold and multimetal deposits in northern Daxinganling mountain[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2003, 33(1): 32–36(in Chinese with English abstract).
- [28] 郑广如, 乔春贵, 刘英会, 等. 高精度航磁资料圈定隐伏岩体的效果[J]. *物探与化探*, 2003, 27(1): 18–22. Zheng Guangru, Qiao Chungui, Liu Yinghui, et al. The effects of applying high–precision aeromagnetic data to the delineation of concealed intrusive bodies[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2003, 27(1): 18–22(in Chinese with English abstract).
- [29] 王培建, 李晓禄, 龚育龄, 等. 利用航空物探资料圈定隐伏岩(磁性)体[J]. *化工矿产地质*, 2012, 34(4): 249–254. Wang Peijian, Li Xiaolu, Gong Yuling, et al. The application of airborne geophysical data to the delineation of concealed rock (magnetic) body[J]. *Geology of Chemical Minerals*, 2012, 34(4): 249–254(in Chinese with English abstract).
- [30] 孙晓猛, 刘财, 朱德丰, 等. 大兴安岭西坡德尔布干断裂地球物理特征与构造属性[J]. *地球物理学报*, 2011, 54(2): 433–440. Sun Xiaomeng, Liu Cai, Zhu Defeng, et al. Geophysical features and tectonic attribute of the Derbugan fault in the western slope of Da Hinggan Ling mountains[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2011, 54(2): 433–440(in Chinese with English abstract).

Aeromagnetic anomaly characteristics and prospecting effect in the Da Hinggan Mountains of Heilongjiang Province

SHI Jian–min¹, HU Xin², DING Ji–shuang¹, LV Shi–jia¹

(1. *Geological Survey Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150036, Heilongjiang, China;*

2. *Heilongjiang Institute of Geological Sciences, Harbin 150036, Heilongjiang, China)*

Abstract: Using 1:50 000 high precision aeromagnetic data in combination with the regional geological background, the authors analyzed aeromagnetic anomaly features in Da Hinggan Mountains. On the basis of geological, geophysical and geochemical data and the distribution of ore deposits (ore spots) as well as metallogenic regularity, quite a few aeromagnetic anomalies were delineated through sieving. According to the latest high precision aeromagnetic map and the anomaly characteristics of the known ore deposits in combination with comparative study and comprehensive verification, a magnetite deposit and lots of nonferrous metal deposits were discovered. verification was made on the basis of summarizing the experience, and the future prospecting targeting based on aeromagnetic data was pointed out.

Key words: Da Hinggan Mountains; aeromagnetic anomalies; high precision; prospecting targeting

About the first author: SHI Jian–min, male, born in 1968, master, senior engineer, mainly engages in mineral resources survey and exploration, aeromagnetic exploration, airborne radioactive anomaly verification; E–mail: sjm3337@126.com.