

白银矿田外围物化探找矿模型及找矿预测*

Modeling of the Gist with Geophysical and Geochemical Information in the Periphery of Baiyin Ore Field and Promoted Application

舒立霞, 罗先熔

SHU Li-xia, LUO Xian-rong

(桂林理工大学隐伏矿床预测研究所, 广西桂林 541004)

(Institute of Ore Deposit Forecasting, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:为了解决白银矿田外围的深部找矿问题和探寻在该类地区寻找隐伏金属矿床的有效方法组合,在甘肃省白银市东南区 I 号铜铅锌金银矿普查区采用地电化学测量法、大功率瞬变电磁法、高精度磁测法来寻找隐伏矿体。结果探取该区存在 18 处元素地球化学异常, 15 个 TEM 异常, 可能有火山机构存在; 总结出适合白银矿田外围地区的物化探找矿模型 2 个, 并最终圈定了 4 个深部找矿靶区, 同时指出进一步的找矿预测研究应该在 2-Ⅲ、10-I 和 10-II 号靶位开展。

关键词:物化探矿 找矿模型 找矿预测 白银矿田

中图分类号:P618.520.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2010)02-0151-05

Abstract: To solve the problem of how to search deeply hidden deposits in the periphery of Baiyin ore field and explore the combination of effective methods which are useful to search for concealed metallic deposits, the geo-electrochemical extraction method, high resolution magnetic method, transient electromagnetic method were used to search for deeply hidden deposits in No. I Cu, Pb, Zn, Ag deposit survey area in Baiyin, Gansu province. The geophysical and geochemical research results show that there are eighteen element geochemical anomalies and fifteen transient electromagnetic anomalies in this area. Also, there may be volcanic apparatus here. Finally, four deep ore-prospecting target have been found, while it is noted that the further study should be carried out in 2-Ⅲ、10-I and 10-II target sites. Moreover, according to the results of previous studies and the information obtained through the geophysical and geochemical method, the geophysical and geochemical prospecting model is applicable to the periphery of Baiyin Ore field.

Key words: geophysical and geochemical exploration, prospecting model, prospecting for ore deposits, baiyin ore field

随着白银厂铜矿开发与研究的深入和找矿难度的加大,单一的找矿方法对于攻深找盲已难以奏效,必须科学地结合各种有效的找矿方法,去寻找深部隐伏矿体^[1]。甘肃省白银矿田是我国著名的铜多金属基地,国内外不少学者从不同方面,利用不同手段对矿田作了许多深入细致的研究工作,并取得过令人瞩目的成果。但是矿山目前仍面临资源严重不足的问题,

需要进行外围深部找矿。我们综合运用地质、地球电化学、地球物理方法在甘肃省白银市东南区 I 号铜铅锌金银矿普查区进行找矿预测研究,总结出一套适用于在白银矿田外围寻找隐伏金属矿床的物化探有效组合方法及找矿模型,并对研究区的深部找矿进行了预测,提出下一步工作建议。

1 研究区地质概况和研究方法

1.1 研究区地质概况

研究区(甘肃省白银市东南区 I 号铜铅锌金银矿普查区)分布在白银矿田外围成矿预测区内,位于黑

收稿日期:2009-07-09

修回日期:2009-09-03

作者简介:舒立霞(1983-),女,硕士研究生,主要从事地球化学研究。

* 科技部国际合作重点项目(编号2007DFA20910)资助。

广西科学 2010年5月 第17卷第2期

石山火山穹隆-复背斜的南侧,大地构造位置属北祁连加里东褶皱带东段。区域内出露的地层主要有:第四系(Q)、三叠系(T31)、中奥陶统中堡群(O2-3y)、中寒武统黑次沟组(ϵ_{22h})、震旦系白银厂群四岩组(Zby4)、震旦系白银厂群三岩组(Zby3)、震旦系白银厂群二岩组(Zby2),其中震旦系白银厂群二岩组是区内出露最广的地层,白银已知矿产在该岩组下部的酸性火山凝灰岩中,是区内的主要含矿层。黑石山褶皱构造发育,自北向南有横湾沟-符崖沟倒转背斜、横湾沟-歪沟倒转向斜及横湾沟-歪沟倒转背斜,其中横湾沟-符崖沟倒转背斜规模最大,褶皱轴向均呈北东东向,且呈向西收敛,向东撒开趋势,区内断裂比较发育,可分为北西西-南东东向、北东东-南西西向、北东-南西向三组;工作区东部及北部次火山岩发育,这可能是火山机构的下部熔岩,显示该地段可能有火山口存在。本区岩浆活动强烈,侵入岩种类繁多,次火山岩到岩浆岩均有,后期脉岩发育^[2~5]。

1.2 研究方法

在研究区利用地电化学提取测量^[6~8]、土壤吸附相态汞测量^[9]、土壤离子电导率测量^[6~8]、大功率瞬变电磁(简称 TEM 法)^[10,11]、高精度磁测法^[12]物化探方法开展深部找矿预测评价研究。根据研究区的地质条件及以往的工作情况,圈定面积为1.213km²的测量区域,在该区域内先按100m×20m 测网布置16条测线(编号0~15)开展高精度磁测工作,磁测完成后,根据原始磁测资料,确定地球电化学方法和 TEM 法的施工剖面,即2线、6线、8线、10线和12线,其中地球电化学法测量的点距为20m,TEM 测量的点距为40m。

2 结果与分析

2.1 元素地球电化学异常特征

地球电化学共分析了9种元素,为了更有效的提取综合异常信息,按 Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Hg、Con 七指标组合、Cu、Pb、Zn、Co、Ni 五指标组合、Cu、Pb、Zn、Hg、Con 五指标组合、Cu、Co、Ni、Hg、Con 五指标组合和 Cu、Co、Ni 三指标组合,归纳成5种组合异常位置分布特征(图1)。从图1不难看出,与 Co、Ni 有关的组合异常主要分布在6线以西和测量区的南侧,与 Co、Ni 无明显关系的组合异常主要分布在测量区的东北角;10线和12线南段,局部出现与 Co、Ni 无关的组合异常;东北角上2个与 Co、Ni 无关的组合异常之间,又出现局部低值 Cu、Co、Ni、Hg、Con 组合异常。这种地球电化学异常现象,应该是白银矿区成矿环境复杂性在测量区的表现。

2.2 物探异常特征

2.2.1 TEM 异常平面展布特征

图2显示,测量区实测 TEM 晚时道响应电位异常共15个。TEM-1至 TEM-9呈横卧“V”字形展布,东宽西窄,与横湾沟-符崖沟倒转背斜向西收敛,向东撒开趋势一致。其它异常,可能是沿次级构造分布,北侧边界未测完。TEM 异常的分布,反映的是深部低阻体的分布规律,深部低阻体的分布应受某种构造控制。

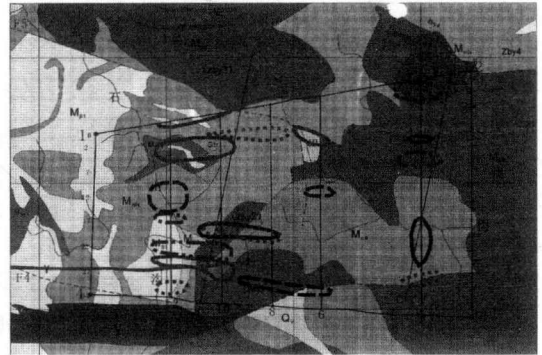


图1 元素地球电化学组合异常平面展布特征

Fig. 1 The planar distribution map of the combinational anomalies of the Geo-electrochemical method

■:石英钠长斑岩;■:石英角斑岩;■:含集块石英角斑岩;■:细碧玢岩;■:细碧岩(次火山岩);■:细碧岩;■:细碧凝灰岩;■:石英脉;■:硅质岩;■:千枚岩;■:黑云母斜长花岗岩;■:三叠系紫红色砂岩砂砾岩砾岩;■:震旦系白银厂群第四岩性段;■:震旦系白银厂群第三岩性段;■:震旦系白银厂群第二岩性段;■:断层及编号;■:水系;●:测区四角基点;■:测线编号;■:测点编号;○:CuPbZnCoNiHgCon 异常区;■:CuPbZnCoNi 异常区;■:CuPbZnHgCon 异常区;○:CuCoNiHgCon 异常区;■:CuCoNi 异常区。

■: Quartz porphyry longer satisfied, ■: Quartz keratophyre, ■: Containing agglomerate quartz keratophyre, ■: Spilitite porphyry, ■: Spilitite (sub-volcanic rocks), ■: Spilitite, ■: Spilitite tuff, ■: quartz vein, ■: siliceous rock, ■: phyllite, ■: plagioclase biotite granite, ■: Triassic sandstone purple sandy conglomerate conglomerate, ■: Sinian Silver Factory Group Fourth lithologic, ■: Sinian Baiyinchang third lithologic groups, ■: Sinian Baiyinchang second lithologic groups, ■: tomography and serial number, ■: River, ●: square base measuring area, ■: test line number, ■: measuring point number, ○: CuPbZnCoNiHgCon anomalies, ■: CuPbZnCoNi anomalies, ■: Cu-Pb-Zn-HgCon anomalies, ○: Cu-Co-Ni-Hg-Con anomalies, ■: Cu-Co-Ni anomalies.

2.2.2 高精度磁测异常成果

图3是深源化极磁异常的分离处理结果。该异常是在 1.213km²滤波窗口条件下,得到的深源磁性体

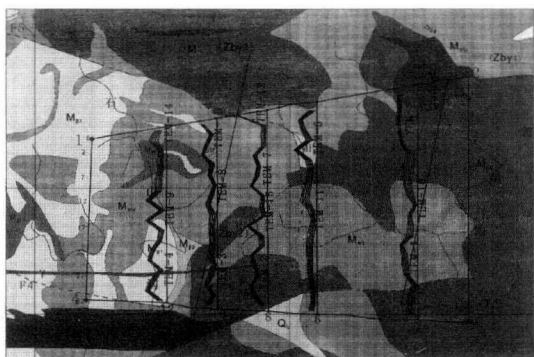


图2 TEM异常平面剖面

Fig. 2 The plane-sectional map of the anomalies of TEM

■: 石英钠长斑岩; ■: 石英角斑岩; ■: 含集块石英角斑岩; ■: 细碧玢岩; ■: 细碧岩(次火山岩); ■: 细碧岩; ■: 细碧凝灰岩; ■: 石英脉; ■: 硅质岩; ■: 千枚岩; ■: 黑云母斜长花岗岩; ■: 三叠系紫红色砂岩砾岩砾岩; ■: 震旦系白银厂群第四岩性段; ■: 震旦系白银厂群第三岩性段; ■: 震旦系白银厂群第二岩性段; ■: 断层及编号; ■: 水系; ■: 测区四角基点; ■: 测线编号; ■: 测点编号; ■: TEM 晚时道异常曲线。

■: Quartz porphyry longer satisfied, ■: Quartz keratophyre, ■: Containing agglomerate quartz keratophyre, ■: Spilitite porphyry, ■: Spilitite (sub-volcanic rocks), ■: Spilitite, ■: Spilitite tuff, ■: quartz vein, ■: siliceous rock, ■: phyllite, ■: plagioclase biotite granite, ■: Triassic sandstone purple sandy conglomerate conglomerate, ■: Sinian Silver Factory Group Fourth lithologic, ■: Sinian Baiyinchang third lithologic groups, ■: Sinian Baiyinchang second lithologic groups, ■: tomography and serial number, ■: River, ■: square base measuring area, ■: test line number, ■: measuring point number, ■: TEM night when the tract anomalies curve.

宏观异常。图3中的深源磁异常特征明确,主要表现在:(1)“┌”形宏观构造形态的表现。13线附近有隐伏南北向构造构成一竖,12线以东,测区中部磁场近东西走向的相对低值平静区构成一横,两组隐伏构造在12线中段交汇;(2)深源磁异常环绕“┌”构造呈横卧葫芦形展布特征。13线以西为正值区,极大值在测区西端外侧,与纵向构造基本平行;12线以东,横向构造两侧,是正值抬升区,并分别在测区东北角和测区东南角出现极大值,横向构造则位于深源磁异常的低值平静区。深源磁异常的这种展布特征,是深源磁性体分布规律的表象,即深源磁异常极大值一带的深部,是深源磁性体的存在空间。横向构造处的平静磁场是测量区南北两侧深源磁场的迭加位置,根据磁异常特征,推测出测区内的“┌”形构造格局。据 TEM 异常与地电化学异常围绕“┌”形构造的展布特征,间接地反映出测量区内隐伏地质构造特征及火山机构的可能

位置。如果加大对火山机构探索研究的力度,能够找到火山机构,将在找矿理念的认识上取得新的突破,这对寻找块状硫化物矿床具有重大意义。

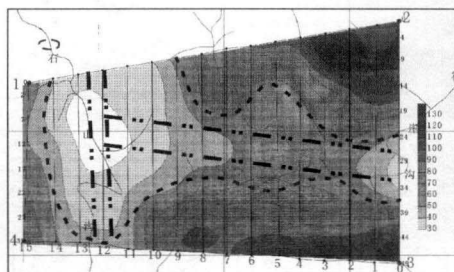


图3 化极区域场磁异常色阶

Fig. 3 The histogram of the pole of regional magnetic anomaly The pole of regional magnetic anomaly field histogram

■: 据磁异常推测的构造疑是火山机构位置。

■: It is speculated that the structure and magnetic anomalies suspected location of volcanic.

2.3 物化探找矿模型

综合物化探测得到的信息,并结合前人的研究成果^[3,13]可得出寻找隐伏铜多金属矿体物化模型:(1)地球化学找矿信息。成矿元素组合为 Cu、Pb、Zn、Co、Au、Ag、Sb、Hg、As 等,在主矿体上形成由强一弱的内、中、外带异常,在矿体的上盘围岩更富集 Pb、Zn、Ag、Hg 等,下部围岩富集 Cu、As^[3]。地电提取多元素高浓度带是找矿的重要线索,且常伴有热释 Hg 和土壤离子电导率的异常。(2)地球物理找矿信息。以酸性火山岩为主要围岩的白银矿区及小外围矿床,其矿体与围岩存在明显的密度、电性差异^[13],能引起相应的地球物理异常。该模型可以有效的用于白银厂这样的老矿区及周围的二轮找矿工作。

2.4 综合异常特征

综合以上地球电化学和地球物理方法得到的异常特征及平面展布规律可以得出:(1)综合异常信息丰富,综合异常分布规律基本一致;(2)多数异常展布在测量区南北两侧;(3)多数地球电化学异常位置与 TEM 异常位置一致,主要有7处,即 TEM-1、TEM-2、TEM-3、TEM-4、TEM-5、TEM-6 和 TEM-9。8线的 TEM-7 和10线的 TEM-8 两处无明显地球电化学异常。(4)6线的 TEM-11 有 Cu、Co、Ni 低值异常显示。而10线和12线的 TEM-14,处在测线的北端,虽然有 Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Hg、Con 高值异常显示,但是不完整,尚需补充工作量,把地球电化学异常和 TEM 异常测量完成方能定论。

为进一步缩小找矿靶区的范围,依据测量区域的地质条件和物化探取得的组合异常成果,在测量区内圈定4个深部找矿的靶区(图4),编号为 I、II、III、IV。其中,II、III 号靶区,因北侧有未测量完成的综合异

常,均包括测区北侧补充工作量的面积。

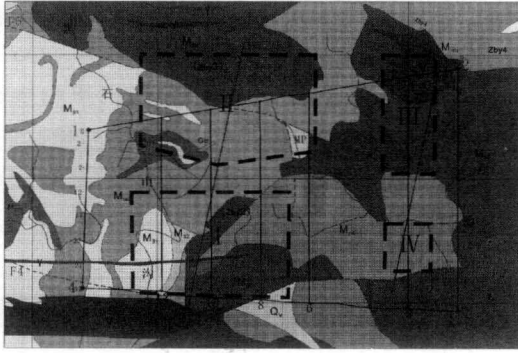


图4 测量区深部找矿预测

Fig. 4 The depth prospecting prediction map of the survey area

■: 石英纳长斑岩; ■: 石英角斑岩; ■: 含集块石英角斑岩; ■: 细碧玢岩; ■: 细碧岩(次火山岩); ■: 细碧岩; ■: 细碧凝灰岩; ■: 石英脉; ■: 硅质岩; ■: 千枚岩; ■: 黑云母斜长花岗岩; ■: 三叠系紫红色砂岩砾岩砾岩; ■: 震旦系白银厂群第四岩性段; ■: 震旦系白银厂群第三岩性段; ■: 震旦系白银厂群第二岩性段; ■: 断层及编号; ■: 水系; ■: 测区四角基点; ■: 测线编号; ■: 测点编号; ■: 预测区及编号。

■: Quartz porphyry longer satisfied, ■: Quartz keratophyre, ■: Containing agglomerate quartz keratophyre, ■: Spilitite porphyry, ■: Spilitite (sub-volcanic rocks), ■: Spilitite, ■: Spilitite tuff, ■: quartz vein, ■: siliceous rock, ■: phyllite, ■: plagioclase biotite granite, ■: Triassic sandstone purple sandy conglomerate conglomerate, ■: Sinian Silver Factory Group Fourth lithologic, ■: Sinian Baiyinchang third lithologic groups, ■: Sinian Baiyinchang second lithologic groups, ■: tomography and serial number, ■: River, ■: square base measuring area, ■: test line number, ■: measuring point number, ■: forecast area and number.

4个靶区中可以做优先验证的有3处,即2-Ⅲ号靶位、10-Ⅰ号靶位和10-Ⅱ号靶位。

2-Ⅲ号靶位位于2线北端附近的Ⅲ号靶区内。验证Cu、Pb、Zn、Ag型组合离子晕与箱形TEM异常(图5)得出,该靶位TEM异常48ms晚时道异常值0.45μV/A,推测低阻体为缓产状,反演视电阻率小于100Ωm,标高在1450m左右;电导率背景稍高,宽度稍大;汞异常推测断裂构造3条;3号点的电提取Cu异常值为 28.55×10^{-6} 、Ag为 0.17×10^{-6} ,2号点Pb为 34.77×10^{-6} 、Zn为 42.28×10^{-6} 、Au为 1.04×10^{-9} ,异常强度均较大,北端点北侧异常升值趋势明显,组合特征明确。中深部有弱磁性体,位置基本一致。如在南侧沟底打斜钻,深度不超过400m。

10-Ⅰ号靶位位于10线南段的Ⅰ号靶区内。验证Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Au、Ag型多金属组合离子晕与

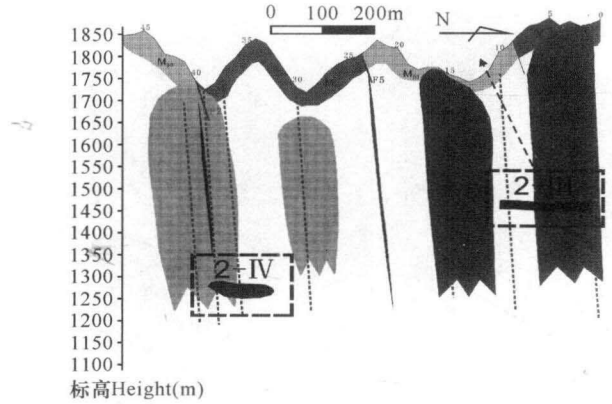


图5 2-Ⅲ靶位综合解释断面

Fig. 5 The comprehensive interpretation cross-section of the target area of 2-Ⅲ

■: 细碧岩(次火山岩); ■: 石英纳长斑岩; ■: 黑云母斜长花岗岩; ■: 断层及编号; ■: CuPbZnAg组合离子晕; ■: CuPbZnCoNiAuAg组合离子晕; ■: 推测低阻体; ■: 据Hg异常推测的断裂构造; ■: 预测找矿靶位; ■: 设计钻孔。

■: Spilitite (sub-volcanic rocks), ■: Quartz porphyry longer satisfied, ■: Plagioclase biotite granite, ■: Tomography and its number, ■: Cu-Pb-Zn-Ag combination of ion halo, ■: CuPbZnCoNiAuAg combination of ion halo, ■: Speculated ore body with low resistance, ■: According to Hg anomaly presumed faults, ■: prospected exploration target site, ■: Designed location of drilling.

TEM异常(图6)得出,该靶位TEM-3异常为不对称双峰特征,48ms晚时道异常值0.14μV/A,推测为向南陡倾的板状低阻体,反演视电阻率141Ωm,顶深373m,标高在1450m左右;电导率背景在100μS/cm左右,宽度达160m,极大值达150μS/cm;汞异常为低值宽背景;Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Au、Ag组合异常背景呈拱形,宽度达350m,各元素均以多峰值出现-Cu有8个峰值,Zn有7个峰值,Pb、Co、Ni均有6个峰值,Au、Ag均有3个峰值且二者同步,并迭加在拱形背景上;地电化学异常极大值,Cu为 22×10^{-6} 、Pb为 11×10^{-6} 、Zn为 53×10^{-6} 、Co为 6×10^{-6} 、Ni为 12×10^{-6} 、Au为 5×10^{-9} 、Ag为 0.47×10^{-6} 。与TEM-3(10-Ⅰ靶位)对应的是左侧Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Au、Ag组合离子晕异常,特征为拱形,低缓背景明确。

10-Ⅱ号靶位位于10线北端5号点附近。验证Cu、Co、Ni型组合离子晕异常(图6)得出,该靶位TEM-13异常为双峰特征,左峰完整,右峰只测出一半,48ms晚时道异常值0.3μV/A,点位在3号,推测为稍向南陡倾的板状低阻体,反演视电阻率115Ωm,顶深462m标高在1450m左右;电导率与汞异常均为平静背景;地电化学异常值:Cu为 66×10^{-6} 左右、Pb为 10×10^{-6} 左右、Zn为 46×10^{-6} 、Co为 7.36×10^{-6} 、Ni为

17. 84×10^{-6} 、Au 和 Ag 均为低值, Cu、Zn、Co、Ni 离子晕特征表现突出。

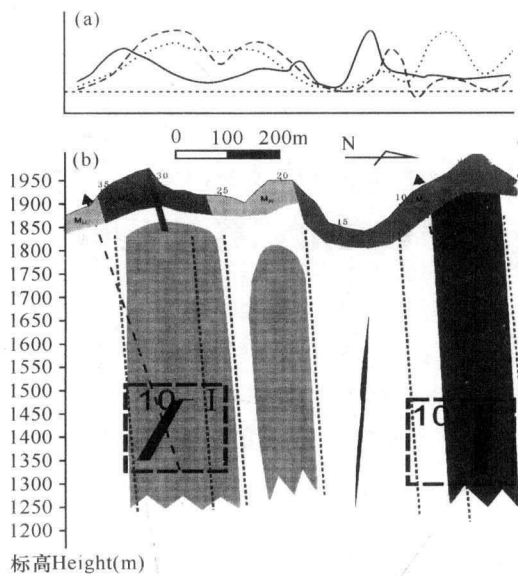


图6 10-I 和10-II 号靶位综合解释断面

Fig. 6 The comprehensive interpretation cross-section of the target area of 10-I and 10-II

(a) 离子晕异常综合处理中值曲线。——: 土壤离子电导率, ----: CuPbZnAuAg 组合; ·····: CuZnCoNi 组合。

(b) 10线综合解释剖面。 M_{10} : 细碧岩(次火山岩); M_{11} : 石英纳长斑岩; M_{12} : 含集块石英角斑岩; M_{13} : 黑云母斜长花岗岩; M_{14} : CuPbZnAg 组合离子晕; M_{15} : CuPbZnCoNiAuAg 组合离子晕; M_{16} : 推测低阻体; M_{17} : 据 Hg 异常推测的断裂构造; M_{18} : 预测找矿靶位; M_{19} : 设计钻孔。

(a) Comprehensive treatment of ion halo value. ——: Ionic conductivity of soil, ----: CuPbZnAuAg combination; ·····: CuZnCoNi combination.

(b) Comprehensive interpretation of section 10 lines. M_{10} : Spilitite (sub-volcanic rocks), M_{11} : Quartz porphyry longer satisfied, M_{12} : Containing agglomerate quartz keratophyre, M_{13} : Plagioclase biotite granite, M_{14} : Tomography and its number, M_{15} : Cu-Pb-Zn-Ag combination of ion halo, M_{16} : CuPbZnCoNiAuAg combination of ion halo, M_{17} : Speculated ore body with low resistance, M_{18} : According to Hg anomaly presumed faults, M_{19} : prospected exploration target site, M_{20} : Designed location of drilling.

选择这3个靶位,可以在现有综合异常的最佳位置,分别验证 Cu、Pb、Zn、Ag 型、Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Au、Ag 型和 Cu、Co、Ni 型的成矿环境和矿化程度,有望打到矿体。

3 结论

(1)投入的物化探新方法组合,获得了丰富的深部找矿异常信息。大功率 TEM 异常15个,地电提取

的离子晕异常18处。圈定深部找矿靶区4个,首选深部找矿靶位3个,靶位深度均在300m至600m范围。在面积不大的测区内,短期内发现了众多深部找矿的异常信息,表明测区的深部找矿前景是十分可观的,

(2)根据磁异常特征,推测出测区内的“|”形构造格局,及测区内隐伏地质构造特征及火山机构的可能位置。

(3)首选的3个验证靶位,2线北端1个,10线南北两段各1个。均在原设计的 I 号和 II 号勘探线附近,依据是充分的。

(4)根据深部找矿预测评价研究结果,可知利用此类物化探方法组合,在该区寻找隐伏矿床是可行的,能发挥出独特的效果,值得广泛应用,为今后寻找类似的矿床提供了一种可选的方法组合。

参考文献:

- [1] 陈伟军,刘红涛,刘建明,等. 隐伏矿床定位预测常用的综合物化探方法[J]. 有色矿冶, 2008, 24(2): 2-7.
- [2] 李向民,彭礼贵,任有祥. 白银厂式块状硫化物矿床找矿突破的反思[J]. 西北地质, 2003, 36(2): 77-82.
- [3] 徐强,潘桂荣,王立全,等. 主要类型铜矿床(体)快速定位预测[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 122-169.
- [4] 张洪培,刘继顺,方维萱,等. 甘肃白银厂矿区及外围区域地质背景、成矿系列及找矿潜力[J]. 地质与勘探, 2004, 40(5): 21-26.
- [5] 贾长顺,曾庆栋,徐九华,等. 综合物化探技术在黄土覆盖区隐伏金矿体预测中的应用[J]. 黄金地质, 2005, 26(7): 8-11.
- [6] 罗先熔,康明,欧阳菲,等. 地电化学成晕机制、方法技术及找矿研究[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 46-138.
- [7] 罗先熔. 地球电化学勘查及深部找矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996: 134-217.
- [8] 胡云沪,罗先熔,王桂琴,等. 厚层覆盖区综合物化探方法找金试验研究——以广西兴安金石金矿为例[J]. 矿产与地质, 2002, 16(5): 302-305.
- [9] 卫敬生. 地球化学测汞方法应用讨论[J]. 物探与化探, 1998, 22(6): 21-27.
- [10] 胡云沪,罗先熔,张小路. 浦北铅锌矿深部找矿研究[J]. 矿产与地质, 2000, 14(4): 265-267.
- [11] 洗诗盛. 瞬变电磁法和激电法在西藏墨竹工卡海岗铜多金属矿区找矿中的应用[J]. 矿产与地质, 2008, 22(5): 466-469.
- [12] 张立军,高飞. 发挥高精度磁测作用的几个实例[J]. 地质与资源, 2001, 10(3): 184-189.
- [13] 张洪培,刘继顺,方维萱,等. 甘肃白银折腰山型和石青铜型块状硫化物矿床综合信息找矿模型研究[J]. 矿床地质, 2003, 22(4): 408-414.

(责任编辑: 邓大玉)