黄金科学技术
2010 年 2 月

甘肃白银Ⅰ号多金属矿普查区物化探找矿研究

舒立霞[1]，罗先熔[1]，李天虎[2]，吕明芬[1]
1.桂林理工大学有色及贵金属隐伏矿床勘查教育部工程研究中心，广西 桂林 541004；
2.中国冶金地质总局西北地质勘查院，陕西 西安 710061

摘 要：根据甘肃省白银市Ⅰ号铜铅锌金银矿普查区的地质条件，利用地电化学提取测量、土壤吸附相态汞测量、土壤离子电导率测量、大功率瞬变电磁法等物化探方法进行找矿预测研究。通过对物化探异常的综合分析，结合研究区的地质特征，确定在该区深部具有较好的找矿潜力，在测区内圈定了 4 个深部找矿靶区，首选 3 个深度均在 300~600 m 范围的 2-Ⅲ、10-Ⅰ和 10-Ⅱ号找矿靶位进行优先验证，据此综合研究结果，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，值得广泛推广应用。

关键词：地电化学；瞬变电磁；找矿预测；Ⅰ号多金属矿；白银；甘肃省
中图分类号：P618.51 文献标识码：A 文章编号：1005-2518(2010)01-0027-05

1 地质概况

研究区分布在“白银矿田外围成矿预测区”内，位于黑石山火山穹隆—复背斜的南侧，大地构造位置属北祁连加里东褶皱带东段。区域内出露的地层有第四系、三叠系、中奥陶统中堡群、中寒武统黑次沟组、震旦系白银厂群四岩组、震旦系白银厂群三岩组、震旦系白银厂群二岩组，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。区内褶皱发育，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 NEE 向，且呈向西收敛、向东撒开趋势。区内断裂比较发育，可分为 NWW-SEE、NEE-SWW、NE-SW 向 3 组。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[1]。

2 找矿方法简介

在本次深部找矿预测工作中，主要采用了地电化学提取测量[2-4]、土壤吸附相态汞测量[5]、土壤离子电导率测量[2-4]、大功率瞬变电磁法等物化探方法[6-8]。

多种方法配合及其异常特征的综合解释，有利于提高解释的可靠程度，为寻找隐伏矿体提供依据。

3 寻找隐伏矿的研究

在甘肃省白银市Ⅰ号铜铅锌金银矿普查区利用多种物化探方法开展了深部找矿预测评价研究，根据该区的地质条件及以往的工作情况，圈定了面积为 1.213 km^2 的研究区，在区内布置了 5 条测线(2、6、8、10、12)开展找矿预测研究工作。

3.1 异常特征

(1)地电化学异常平面展布特征。考虑到地电化学测量采用的是 200 m×20 m 测网，其中 2~6 线距离为 400 m，做平面等值线图会造成失真误导，故采用平面剖面图形式做图，按多金属组合(Cu、Pb、Zn、Ag)、岩浆岩组合(Co、Ni、Au)和吸附相态汞(Hg)与土壤电导率(Con)组合，分别叙述。

组合异常特征。多金属组合异常如图 1 所示，Cu、Pb、Zn 和 Ag 元素，背景分别取 10×10^6、10×10^6、20×10^6 和 0.1×10^6；极大值分别为 67×10^6、113×10^6、157×10^6、0.3×10^6。图中用五边形符号标注组合异常位置，大小表示强弱差别。

从图 1 中异常位置的分布可以看出，8~12 线组合异常较密集，6 线以东组合异常较稀疏。总体看，有近 EW 向展布的 2 个异常带和几处零星分布的孤立异常。其中，高值异常有 7 处，宽背景异常有 2 处，单一元素异常有 4 处。近 EW 展布的 2 个异常带，一个在北侧，一个在南侧。

Co、Ni、Au 组合异常特征。岩浆岩组合异常如图 2 所示，Co、Ni 和 Au 元素背景分别取 2×10^6、4×10^6 和 2×10^9 极大值分别为 9×10^6、17.84×10^6、117×10^9。图中用五边形符号表示三元素组合异常位置，圆圈表示独立 Au 异常的位置。从图中看出，这种组合异常主要分布在 8 线以西。其中，高值异常有 8 处，大多在 12 线，宽背景异常有 3 处，独立 Au 异常有 2 处，东端 2 线上只有 1 处组合异常，位于南侧 F2 断层上。岩浆岩组合异常的这种特征，表明测区西段，有与基性岩有关的成矿活动。

Hg、Con 异常特征。吸附相态汞(Hg)和土壤电导

收稿日期：2009-09-26；修订日期：2009-11-04.
基金项目：科技部国际合作重点项目“矿产资源多元信息勘查技术开发及综合示范研究”(编号：2007DFA20910)资助.
作者简介：舒立霞(1983-)，女，安徽太湖人，硕士研究生，从事地球化学研究工作.E-mail：shulixia-207@sina.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

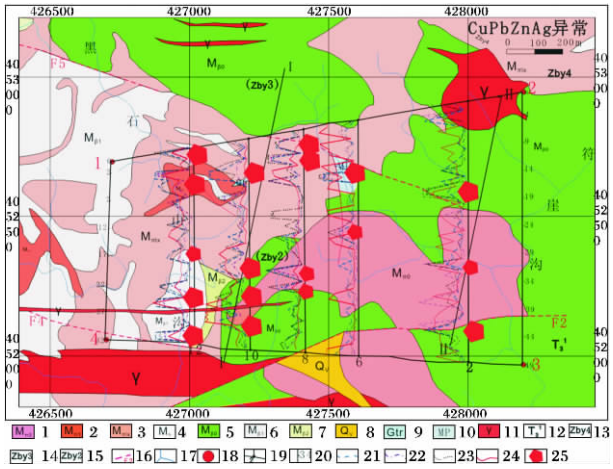

图 1　Cu–Pb–Zn–Ag 组合异常平面剖面图

1.石英纳长斑岩；2.石英角斑岩；3.含集块石英角斑岩；4.细碧玢岩；5.细碧岩（次火山岩）；6. 细碧岩；7. 细碧凝灰岩；8.石英脉；9.硅质岩；10.千枚岩；11.黑云母斜长花岗岩；12.三叠系紫红色砂岩、砂砾岩、砾岩；13.震旦系白银厂群第四岩性段；14.震旦系白银厂群第三岩性段；15.震旦系白银厂群第二岩性段；16.断层及编号；17.水系；18.测区四角基点；19.测线编号；20.测点编号；21.Cu 异常曲线；22.Pb 异常曲线；23.Zn 异常曲线；24.Ag 异常曲线；25.Cu–Pb–Zn–Ag 组合异常位置

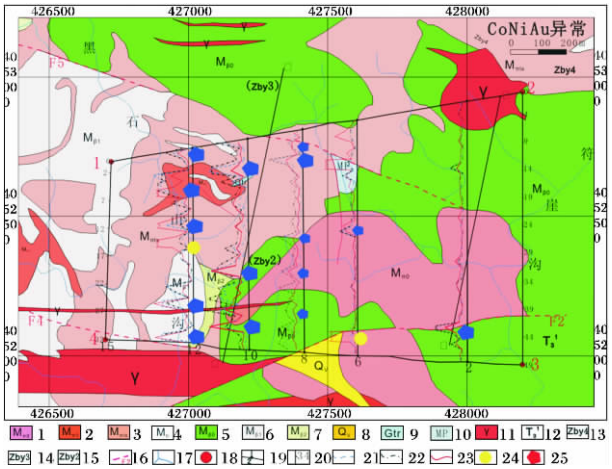

图 2　Co–Ni–Au 组合异常平面剖面图

1.石英纳长斑岩 2.石英角斑岩 3.含集块石英角斑岩 4.细碧玢岩；5.细碧岩（次火山岩） 6. 细碧岩 7. 细碧凝灰岩 8.石英脉 9.硅质岩；10.千枚岩；11.黑云母斜长花岗岩；12.三叠系紫红色砂岩、砂砾岩、砾岩；13.震旦系白银厂群第四岩性段；14.震旦系白银厂群第三岩性段；15.震旦系白银厂群第二岩性段；16.断层及编号；17.水系；18.测区四角基点；19.测线编号；20.测点编号；21.Co 异常曲线；22.Ni 异常曲线；23.Au 异常曲线；24.独立 Au 异常位置；25.Co–Ni–Au 组合异常位置

率（Con）背景分别取 200 ng/g 和 100 μS/cm；异常极大值分别为 5 827 ng/g、293 μS/cm。图 3 上用 Hg 和 Con 标注各自的异常位置，从图中可以看出近 EW 向展布的 2 个异常带和 2 线异常较强的特征，高值异常有 5 处，都在 2 线，宽背景异常有 5 处，6 线和 8 线北段各一处，8 线、10 线和 12 线南段各一处。Hg 异常多与断裂有关，其与 Con 异常没有明显的对应关系。

地电化学组合异常平面特征。根据上面 3 种异常平面剖面图的组合异常特征分析，将组合方式按 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，归纳成图 4 上的 5 种组合异常位置分布特征，从图中不难看出，与 Co、Ni 有关的组合异常主要分布在 6 线以西和测区的南侧，与 Co、Ni 无明显关系的组合异常主要分布在测区的东北角。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。这种地电化学异常现象，应是白银矿区成矿环境复杂性在测区的表现。

⑵ TEM 异常平面展布特征。TEM 法探测到的异常曲线与常规物探方法的异常曲线比较，主要区别是 TEM 响应电位异常曲线为多时道曲线，不同时道反映不同视深度上的低阻体特征，例如：早时道的异常反映浅部低阻体，晚时道的异常反映深部低阻体。对于以深部探测为主的成果，常采用中晚时道（5 个时道）剖面异常曲线，绘制平面剖面图。

图 5 是测区实测 TEM 晚时道响应电位异常曲线平面剖面图，编号异常共 15 个。TEM–1~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。其他异常，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。

⑶ 测区地质—TEM—地电化学综合异常。对测区地质概况及本次工作中投入的 2 类方法，分别进行了分析和叙述，将地电化学组合异常平面展布特征图、TEM 异常平剖面图及地质底图叠加得到图 6。

综合以上对各种方法的异常特征及平面展布规律的讨论，可以得出：综合异常信息丰富，综合异常分布规律基本一致；多数异常展布在测区南北两侧；多数地电化学异常位置与 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 2 处无明显地电化学异常；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，但不完整，尚需补充工作量，把地电化学异常和 TEM 异常测完方能定论。

3.2　测区内深部找矿预测

通过对该研究区地电化学异常及 TEM 异常平面展布特征综合分析，按照 2 种方法异常的规模、大

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

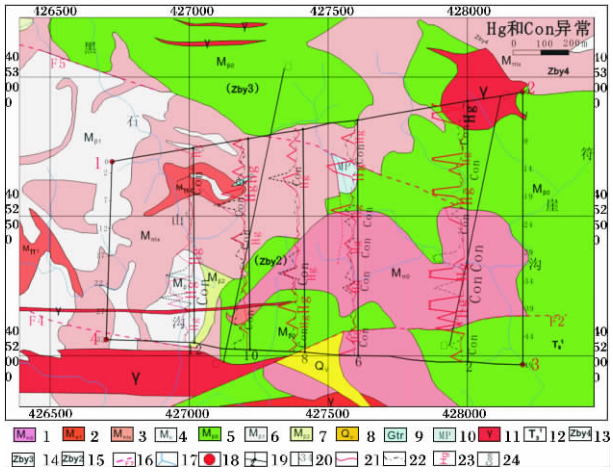

图 3　吸附相态汞和土壤离子电导率异常平面剖面图

1.石英钠长斑岩；2.石英角斑岩；3.含集块石英角斑岩；4.细碧玢岩；5.细碧岩(次火山岩)；6. 细碧岩；7. 细碧凝灰岩；8.石英脉；9.硅质岩；10.千枚岩；11.黑云母斜长花岗岩；12.三叠系紫红色砂岩、砂砾岩、砾岩；13.震旦系白银厂群第四岩性段；14.震旦系白银厂群第三岩性段；15.震旦系白银厂群第二岩性段；16.断层及编号；17.水系；18.测区四角基点；19.测线编号；20.测点编号；21.Hg 异常曲线；22.Con 异常曲线；23.Hg 异常位置；24.Con 异常位置

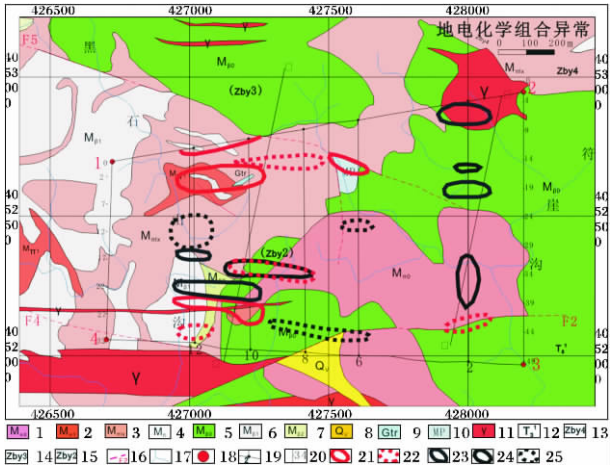

图 4　地电化学组合异常平面展布特征图

1.石英钠长斑岩；2.石英角斑岩；3.含集块石英角斑岩；4.细碧玢岩；5.细碧岩(次火山岩)；6. 细碧岩；7. 细碧凝灰岩；8.石英脉；9.硅质岩；10.千枚岩；11.黑云母斜长花岗岩；12.三叠系紫红色砂岩、砂砾岩、砾岩；13.震旦系白银厂群第四岩性段；14.震旦系白银厂群第三岩性段；15.震旦系白银厂群第二岩性段；16.断层及编号；17.水系；18.测区四角基点；19. 测线编号；20. 测点编号；21.Cu–Pb–Zn–Co–Ni–Hg–Con 异常区；22.Cu–Pb–Zn–Co–Ni 异常区；23.Cu–Pb–Zn–Hg–Con 异常区；24.Cu–Co–Ni–Hg–Con 异常区；25.Cu–Co–Ni 异常区

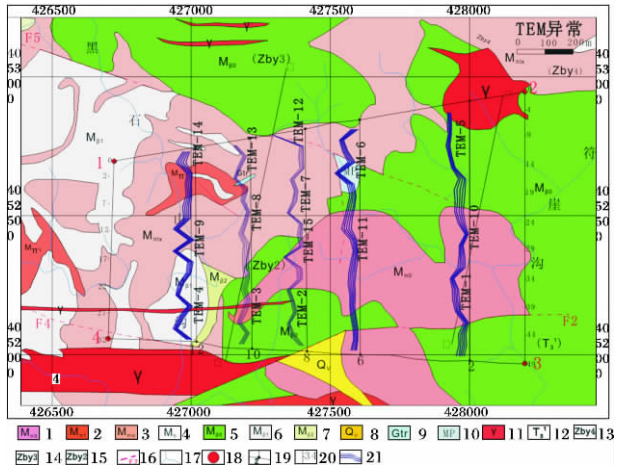

图 5　TEM 异常平面剖面图

1.石英钠长斑岩；2.石英角斑岩；3.含集块石英角斑岩；4.细碧玢岩；5.细碧岩(次火山岩)；6. 细碧岩；7. 细碧凝灰岩；8.石英脉；9.硅质岩；10.千枚岩；11.黑云母斜长花岗岩；12.三叠系紫红色砂岩、砂砾岩、砾岩；13. 震旦系白银厂群第四岩性段；14. 震旦系白银厂群第三岩性段；15.震旦系白银厂群第二岩性段；16.断层及编号；17.水系；18.测区四角基点；19.测线编号；20.测点编号；21.TEM 晚时道异常曲线

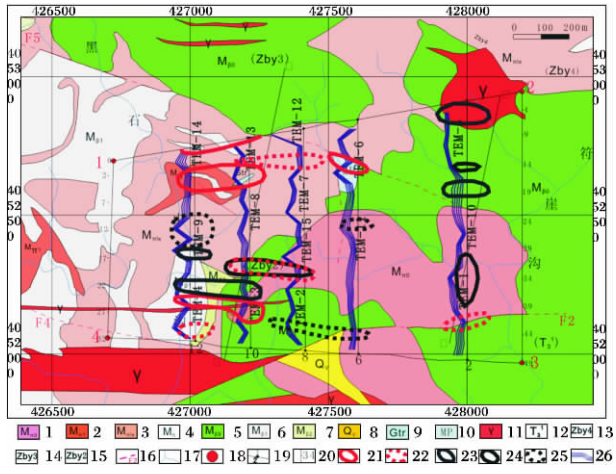

图 6　测区地质—TEM 异常—地电化学异常位置综合图

1.石英钠长斑岩；2.石英角斑岩；3.含集块石英角斑岩；4.细碧玢岩；5.细碧岩(次火山岩)；6. 细碧岩；7. 细碧凝灰岩；8.石英脉；9.硅质岩；10.千枚岩；11.黑云母斜长花岗岩；12.三叠系紫红色砂岩、砂砾岩、砾岩；13.震旦系白银厂群第四岩性段；14.震旦系白银厂群第三岩性段；15.震旦系白银厂群第二岩性段；16.断层及编号；17.水系；18.测区四角基点；19.测线编号；20.测点编号；21.Cu–Pb–Zn–Co–Ni–Hg–Con 异常区；22.Cu–Pb–Zn–Co–Ni 异常区；23.Cu–Pb–Zn–Hg–Con 异常区；24.Cu–Co–Ni–Hg–Con 异常区；25.Cu–Co–Ni 异常区号；26.TEM 晚时道异常曲线

小、强弱、变化、吻合程度、异常出现的地质部位及其他一些地质因素，在测区内圈定 4 个深部找矿靶区(图 7)，编号为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ。其中，Ⅱ、Ⅲ号靶区，因北侧有未测完的综合异常，均包括测区北侧补充工作量的面积。

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

(1) 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 8)。

该靶位 TEM 异常 48 ms 晚时道异常值 0.45 μV/A，推测低阻体为缓产状，反演视电阻率小于 100 Ω·m，

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

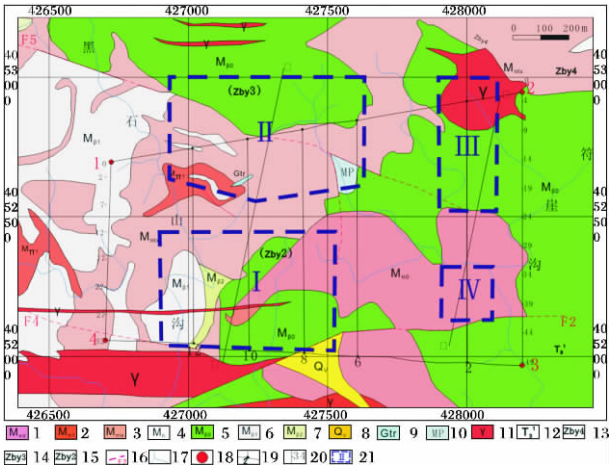

图 7　测区深部找矿预测图

1.石英钠长斑岩；2.石英角斑岩；3.含集块石英角斑岩；4.细碧玢岩；5.细碧岩(次火山岩)；6. 细碧岩；7. 细碧凝灰岩；8.石英脉；9.硅质岩；10.千枚岩；11.黑云母斜长花岗岩；12.三叠系紫红色砂岩、砂砾岩、砾岩；13.震旦系白银厂群第四岩性段；14.震旦系白银厂群第三岩性段；15.震旦系白银厂群第二岩性段；16.断层及编号；17.水系；18.测区四角基点；19.测线编号；20.测点编号；21.预测区及编号

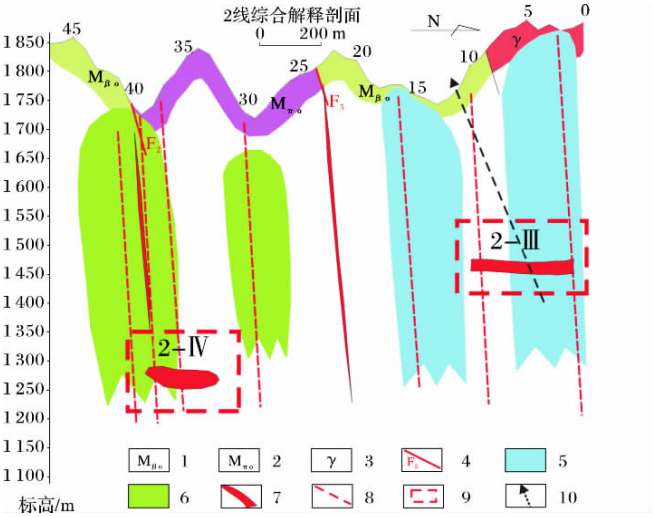

图 8　2-III靶位综合解释断面图

1.细碧岩(次火山岩)；2.石英钠长斑岩；3.黑云母斜长花岗岩；4.断层及编号；5.Cu-Pb-Zn-Ag 组合离子晕；6.Cu-Pb-Zn-Co-Ni-Au-Ag 组合离子晕；7.推测低阻体；8.据 Hg 异常推测的断裂；9.预测找矿靶位；10.设计钻孔

标高约 1 450 m；电导率背景稍高，宽度稍大；汞异常推测断裂 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，如在南侧沟底打斜钻，深度不超过 400 m。

(2) 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 TEM 异常(图 9)，用单曲线形式给出了主要组合异常的关系。

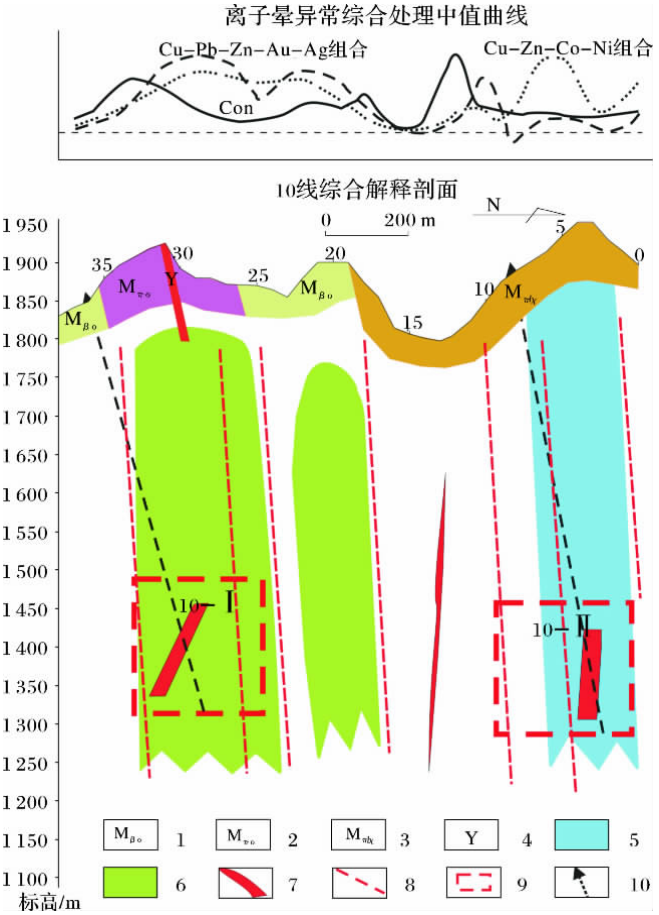

图 9　10-Ⅰ和 10-Ⅱ号靶位综合解释断面图

1.细碧岩(次火山岩)；2.石英钠长斑岩；3.含集块石英角斑岩；4.黑云母斜长花岗岩；5.Cu-Pb-Zn-Ag 组合离子晕；6.Cu-Pb-Zn-Co-Ni-Au-Ag 组合离子晕；7.推测低阻体；8.据 Hg 异常推测的断裂构造；9.预测找矿靶位；10.设计钻孔

该靶位 TEM-3 异常为不对称双峰特征，48 ms 晚时道异常值为 0.14 μV/A，推测为向南陡倾的板状低阻体，反演视电阻率 141 Ω·m，顶深 373 m，标高约 1 450 m；电导率背景在 100 μs/cm 左右，宽度达 160 m，极大值达 150 μs/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 350 m，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，并叠加在拱形背景上；地电化学异常极大值为，Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Au、Ag 分别为 22×10^9、11×10^6、53×10^6、6×10^6、12×10^6、5×10^9、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。

(3) 10-Ⅱ号靶位。位于 10 线北端 5 号点附近，主要是验证 Cu、Co、Ni 型组合离子晕异常(图 9)。该靶位 TEM-13 异常为双峰特征，左峰完整，右峰只测

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

出一半，48 ms 晚时道异常值为 0.3 μV/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 115 Ω·m，顶深 462 m，标高约 1 450 m；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。

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。

4 结论及建议

(1) 投入的物化探方法组合，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 300~600 m 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十分可观。

(2) 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，依据充分。

(3) 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，值得广泛推广应用，为今后寻找类似的矿床提供了一种可选的方法组合。

(4) 测区北侧的一些异常没有测完，建议扩展测区北侧面积，以 0 线向北延长 200 m 为准，向西拉直。

参考文献

[1] 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.
[2] 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.
[3] 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.
[4] 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.
[5] 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.
[6] 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.
[7] 李志杰，杨瑞亭.地球物理勘探方法及其在多金属 找矿中的应用[J].黄金科学技术，2009，17(2)：38-41.
[8] 冼诗盛.瞬变电磁法和激电法在西藏墨竹工卡哈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.

Ore Prospecting of Geophysics and Geochemistry in the No.Ⅰ Polymetallic Deposit Survey Area of Baiyin, Gansu Province

SHU Lixia[1], LUO Xianrong[1], LI Tianhu[2], LV Mingfen[1]
1.*The Engineering and Research Center of Exploration for Hidden Non-ferrous and Precious Mental Ore Deposits at Guilin University of Technology, Ministry of Education, Guilin* 541004,*Guangxi*,*China*;
2.*Northwest Geological Exploration Institute of China Mmetallurgical Geology Bureau*,*Xi'an* 710061 *Shaanxi*,*China*

Abstract: Based on geological conditions of No.Ⅰ Cu-Pb-Zn-Ag deposit survey area in Baiyin, Gansu Province, we used the geo-electrochemical extraction method, the soil absorption Hg measurement,the ion conductivity of soil measurement , the transient electromagnetic method and other methods to search deep hidden deposits. According to comprehensive analysis of the geophysical and geochemical anomalies, combined with the geological characteristics of the study area,the paper shows that the potential of mineral deposits is assured in this area, we found four deep ore-prospecting target, recommend three prospecting target site(i.e.,2-Ⅲ、10-Ⅰ and 10-Ⅱ) which range from 300~600 m should be verified firstly, according to the findings, we know that the application of such geophysical and geochemical methods to search for concealed ore bodies in this area are available, and they should be used widely.

Key words: Geo-electrochemical method;Ransient electromagnetic method;Prospecting prognosis;No.Ⅰ polymetallic deposit;Baiyin;Gansu Province

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net