技术·方法

利用多元信息寻找隐伏锑矿
——以云南木利锑矿为例

陈希泉[1,2],罗先熔[2],汤 磊[3],陈 彪[4]

(1. 江西应用技术职业学院国土资源工程系, 江西 341000; 2. 桂林理工大学广西地质工程中心重点实验室, 广西 541000;3. 招金矿业股份有限公司,山东 265400 ;4. 广西地质勘查总院,广西 530023)

[摘 要]本文通过地球电化学、次生晕、电吸附、土壤离子电导率、土壤吸附相态汞多种新方法在已知矿体上方异常特征,再结合地质分析矿体上方的异常,最终提取有用的多元信息为 电提取、土壤离子电导率和土壤吸附相态汞异常,且它们异常必须共生。在土壤离子电导率异常和土壤吸附相态汞范围内或旁侧(与电导率异常局部重叠吻合),出现明显的 As、Sb、Ag 等地电提取的峰值明显的离子异常,唯这些离子异常比电导率异常和土壤吸附相态汞异常幅度窄一些。

[关键词]多元信息 锑矿 云南木利

[中图分类号]P618.66 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2009)05-0595-05

Chen Xi-qian, Luo Xian-rong, Tang Lei, Chen Biao. Prospecting for blind Stibium Deposit by multi-information: a case of Muli stibium depositin Yunnan[J]. Geology and Exploration, 2009, 45(5):595-599.

随着矿产勘探程度的逐年提高,地表露头矿和浅部矿愈来愈少;随着矿产资源短缺持续下降、开发深部资源和寻找替代品的呼声越来越高。目前世界各国都把找矿重点逐渐转移到有覆盖层的地区寻找隐伏矿床(体)[1-5], 如何预测深部和各类隐伏区的探矿难度大,急需先进、高效的理论和技术方法[6-10]指导深部找矿已成为迫在眉睫的重大研究任务。为此,在地表能快速准确提取隐伏矿体或盲矿体的信息尤为重要。本文利用地球电化学、电吸附、土壤吸附相态汞、次生晕等多种方法对已知隐伏矿体上方进行多元信息捕捉,结果提出了不同方法综合多元信息找矿模式[12-13]。

1 地质概况

木利锑矿区处于华南褶皱系西部、滇东南弧形旋扭中马关—西畴—富宁弧形褶皱断裂带西部北侧,那外(西北向)、小普弄(西北向转东北向)逆断层挟持的复式褶皱带内[14]。由 3 个北西向倒转的紧闭背斜及向斜组成. 断裂构造以西北—西西北向最发育,均属逆冲断层。北部的那外断裂和南部小普弄断裂构成木利矿区的南北边界,是矿区主干断裂构造。三号背斜则位于上两断裂挟持地段近小普弄断裂西北向段的北侧[13,15-17]。与主干断裂平行的派生断裂极发育,它们既破坏矿区地层连续性,又破坏了褶皱构造的完整性(图 1)。

2 样品采集与分析

研究区的选择:选择已知隐伏或半隐伏锑矿体上方测制土壤地球化学剖面,测定地球电化学、次生晕、电吸附、土壤吸附相态汞在剖面上的分布曲线,分析各种方法异常与已知矿体的对应关系,提取可靠多元信息的有效性。

采样及分析方法:在每一测点位置挖一长 40cm、宽 20cm、深 30 ~ 40cm 的长方形采样坑,取 B 层土壤(原因:A 层土壤已接近地表, A 层土壤样品会造成表面土壤的污染、土壤中离子易被淋滤带走而造成贫化、有机物的影响等等。B 层没有上述影响也能保持土壤自身的颗粒)取 4kg 土壤(次生晕)样,将 4kg 分成两份,其一,将 1kg 的 B 土壤晾干不经过机械加工以避免损害自然粒度,过 100 网目筛,分析土壤吸附相态汞、土壤离子电导率和次生晕中的各元素离子含量。其二,将 4kg 大样在室内进行

[收稿日期]2009-02-01;[修订日期]2009-07-01。[责任编辑]杨 欣。
[基金项目]广西地质工程中心重点实验室开放基金项目(编号:桂科能 07109011-K021)资助。
[第一作者简介]陈希泉(1979 年—),男,2007 年毕业于桂林工学院,获硕士学位,讲师,现主要从事地球化学研究工作。

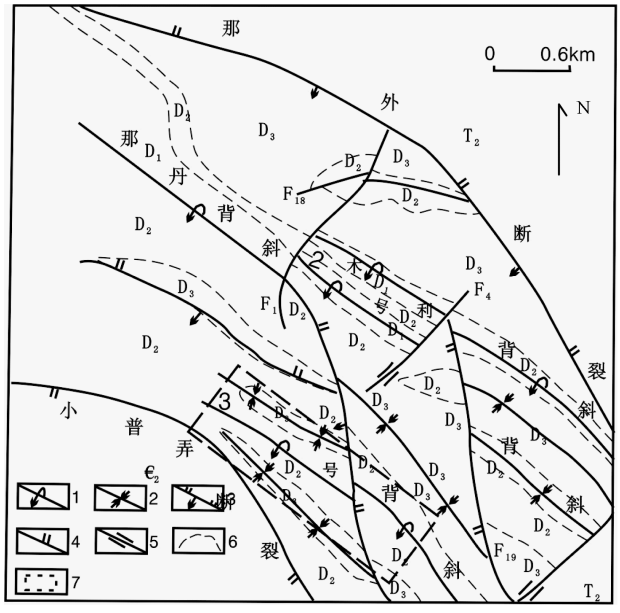

图 1　木利锑矿区地质简图

Fig. 1　Geological map of Muli stibium deposit

∈—寒武统;D_1—下泥盆系坡脚组;D_2—中泥盆统;D_3—上泥盘统五指山与榴江组;T_2—三迭统白蓬组;1—倒转背斜轴;2—向斜轴;3—压性断裂;4—压扭性断裂;5—扭性断裂;6—地质界线;7—工作区

∈—Cambrian; D_1—Down Devonian Pojiao Formation; D_2—Middle Devonian; D_3—Up Devonian Wuzhishan and Liujiang Formation; T_2— Trias Baipeng Formation; 1—reverse anticline axes; 2—syncline axes; 3—extrusion rupture; 4—press-wring rupture; 5—wring rupture; 6—geology borderline; 7—workaround

电提取实验,条件与野外基本相同(电极种类、供电电流强度、电压、提取时间、仪器、人员等)。

电提取:将双极离子接收器制好置于坑中,间隔 50cm,倒入配置好的酸性提取液($15HNO_3$%)1000mL,然后用挖出的土回填压紧,用电极导线将金属正极与 9V 干电池的正极相连,电池负极与离子接收器相连,电池置于坑外。供电 48h,取出电极,将泡塑标号送回分析 As、Sb、Ag 元素。

3　试验效果

在木利锑矿主矿体赋存地段 71 线号剖面开展了地电化学测量、土壤离子电导率测量、土壤吸附相态汞、次生晕、电吸附的找矿研究。71 号剖面长 220m,矿体产于坡脚组中段(D_1p^2)地层中矿体呈缓倾斜产出,是典型的掩埋盲矿体。在矿体上方按 20m 等距布置 12 个点取电提取样分析 Sb、As、Ag,电导率(Con),土壤吸附相态汞(Hg),次生晕 Sb、As、Ag,电吸附 Sb、As、Ag 离子异常(见图 2、3)。

电提取、次生晕、电吸附异常特征(Sb、As、Ag):

电提取 Sb 异常特征:Sb 异常位于剖面的 0 ~ 7 点和 7 ~ 10 号点之间,0 ~ 7 号点异常呈宽双峰异常,高值点分别位于 1 号点和 4 号点,峰值分别为:0.49×10^{-6}和0.74×10^{-6},异常宽大于 120m,含量范围$(0.4\sim0.74)\times10^{-6}$,是背景的$(0.2\times10^{-6})$的 2 ~ 3.7 倍。该异常垂直投影与深部锑矿体相吻合。8 ~ 10 号点异常呈单峰异常最高点位于 9 号点,峰值为0.44×10^{-6},异常宽约 40m,异常强度为$(0.36\sim0.49)\times10^{-6}$,异常是背景$(0.2\times10^{-6})$的 1.8 ~ 2.5 倍。经过踏勘和地质综合分析,该异常是由地表风化后元素被运移所引起的。

次生晕 Sb 异常特征:Sb 在剖面异常背景值为43.77×10^{-6},大于背景值有 5 个异常点(3、5、7、9、11 号异常是背景的 1.1 ~ 1.3 倍),但这 5 个异常点分散不连续,异常形态不规则,且异常上下跳动幅度大,构不成异常带。在山坡的下方向 11 号点值为92.8×10^{-6}是背景的 2.1 倍,点异常虽然高但是异常垂直投影不能指示矿体的位置,其原因是地表风化后元素被运移所引起的。

电吸附 Sb 异常特征:电吸附 Sb 异常在改剖面上出现的只有点 0、3 号点异常,0 号点异常为9.89×10^{-6}为背景(3.71×10^{-6})的 2.7 倍,异常宽度小于 20m,3 号点异常为11.83×10^{-6}为背景(3.71×10^{-6})的 3.2 倍,异常宽度小于 40m,且该异常垂直投影不能能完全覆盖深部锑矿体。

电提取 As 异常特征:As 异常位于剖面的 0 ~ 7 点和 8 ~ 10 号点之间, 0 ~ 7 号点异常呈宽双峰异常,最高点分别位于 1 号点和 4 号点,峰值分别为:2.9×10^{-6}和3.6×10^{-6},异常宽大于 120m,含量范围$(1.2\sim3.6)\times10^{-6}$,是背景的$(1.6\times10^{-6})$的 0.75 ~ 2.3 倍。该异常距深部锑矿体相吻合。8 ~ 10 号点异常呈单峰异常最高点位于 9 号点,峰值为1.98×10^{-6},异常宽约 40m,异常是背景(1.6×10^{-6})的 1.2 倍。经过踏勘和地质综合分析,该异常是由地表风化后元素被运移所引起的。

次生晕 As 异常特征:As 异常位于剖面的 0 ~ 2 点和 6 ~ 9 号点之间,0 ~ 7 号点异常呈三点个点异常,最高点位于 0 号点,峰值为:54.7×10^{-6},异常宽小于 40m,含量范围$(28.4\sim54.7)\times10^{-6}$,是背景的$(18.6\times10^{-6})$的 1.5 ~ 2.9 倍。该异常不能指示深部锑矿体。6 ~ 9 号点异常呈单峰异常最高点位于 6 号点,峰值为35.2×10^{-6},异常宽约 60m,异常是背景(18.6×10^{-6})的 2.0 倍。经过踏勘和地质综合分析,该异常是有矿体表面风化后异常的异常。

电吸附 As 异常特征:As 异常位于剖面的 0 ~ 4 号点,异常呈波浪状,最高点位于 0 号点,峰值为:

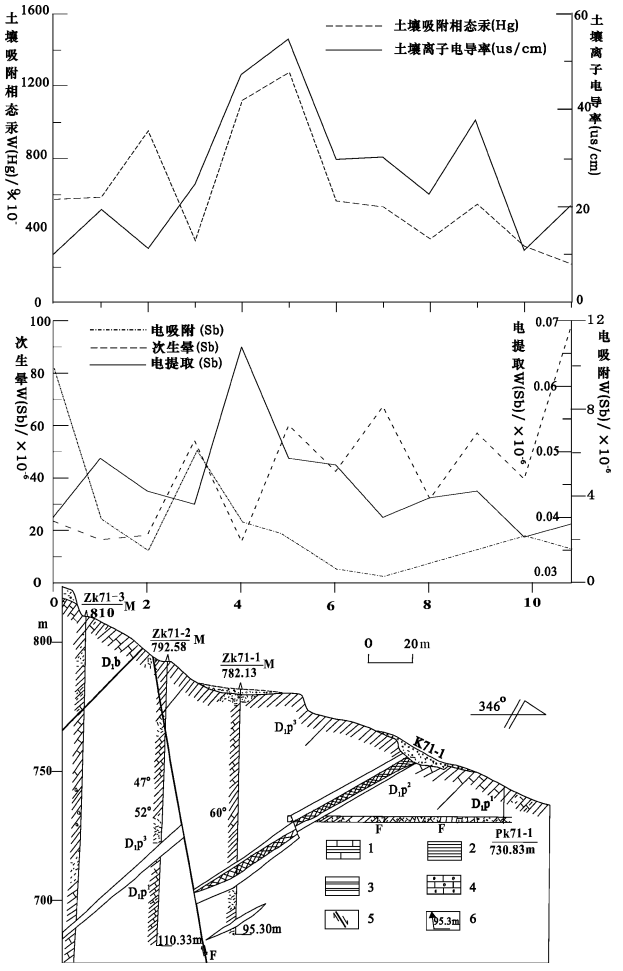

图 2　71 号剖面电提取、次生晕、电吸附锑、电导率、土壤吸附相态汞异常特征

Fig. 2　Abnormity characteristics of geoelectrochemical extraction, Secondary halo, electro adsorption stibium, soil ion conductivity and soil adsorption phase state Hg in 71th section

D_1b—泥盆系下统芭蕉箐组；D_1p^3—泥盆系下统坡脚组上段；D_1p^2—泥盆系下统坡脚组中段；D_1p^1—泥盆系下统坡脚组下段；1—灰岩夹页岩；2—页岩；3—燧石岩；4—生物灰岩；5—断层；6—钻孔

D_1b—Lower Devonian Bajiaoqing Formation; D_1p^3—Lower Devonian upper section of Pojiao Formation; D_1p^2—Lower Devonian middle of Pojiao Formation; D_1p^1—Lower Devonian under of Pojiao Formation; 1—limestone and shale; 2—shale; 3—silexite; 4—bio – limestone; 5—fault; 6—drill

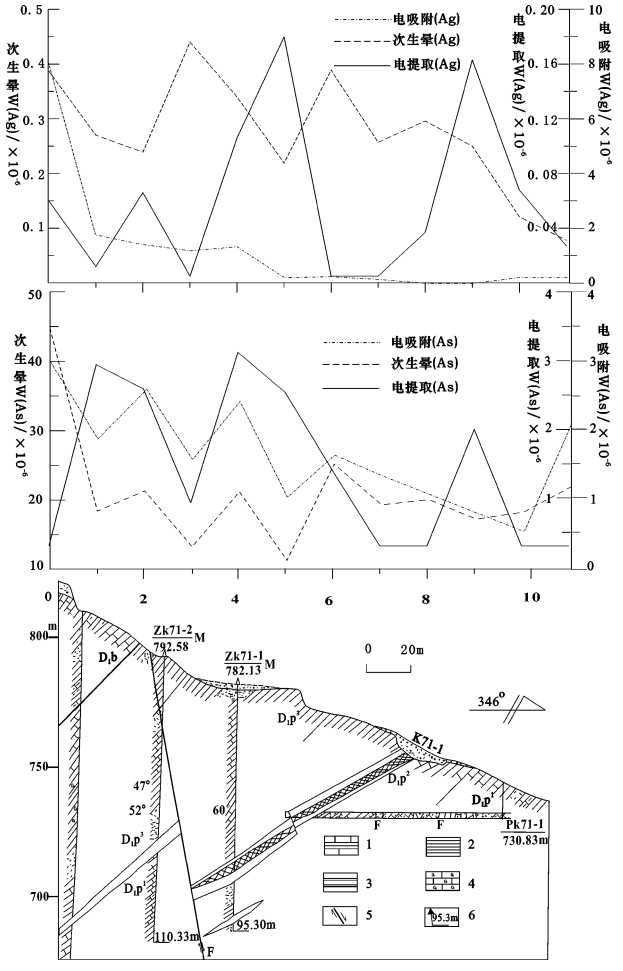

图 3　71 号剖面电提取、次生晕、电吸附(As、Ag)异常特征

Fig. 3　Abnormity character of geoelectrochemical extraction, Secondary halo, electro adsorption (As, Ag) in 71th section

D_1b—泥盆系下统芭蕉箐组；D_1p^3—泥盆系下统坡脚组上段；D_1p^2—泥盆系下统坡脚组中段；D_1p^1—泥盆系下统坡脚组下段；1—灰岩夹页岩；2—页岩；3—燧石岩；4—生物灰岩；5—断层；6—钻孔

D_1b—Lower Devonian Bajiaoqing Formation; D_1p^3—Lower Devonian upside of Pojiao Formation; D_1p^2—Lower Devonian middle of Pojiao Formation; D_1p^1—Lower Devonian under of Pojiao Formation; 1—limestone and shale; 2—shale; 3—silexite; 4—bios limestone; 5—fault; 6—drill

2.99×10^{-6}，异常宽大于 80m，含量范围（1.59 ~ 2.99）$\times10^{-6}$，是背景的（1.51×10^{-6}）的 1.1 ~ 2.0 倍。该异常垂直投影不能指示深部锑矿体。

电提取 Ag 异常特征：Ag 异常位于剖面的 1 ~ 6 点和 8 ~ 11 号点之间，1 ~ 6 号异常呈主单峰异常，最高点位于 5 号点，峰值 0.18×10^{-6}，异常宽 100m，含量范围（0.066 ~ 0.18）$\times10^{-6}$，是背景的（0.007×10^{-6}）的 9.4 ~ 25 倍。该异常距深部锑矿体相吻合。8 ~ 11 号点异常呈单峰异常，最高点位于 9 号点，峰值分别为 0.163×10^{-6}，异常宽 60m，异常强度为（0.68 ~ 0.163）$\times10^{-6}$，是背景强度（0.007×10^{-6}）的 9.7 ~ 23 倍。该异常是由地表风化后元素被运移所引起的。

次生晕 Ag 异常特征：Ag 异常位于剖面的 2 ~ 9 号点之间，2 ~ 9 号点异常呈兔耳状，最高点位于 3 号

点,峰值为:0.44×10^{-6},异常宽大于 140m,含量范围 $(0.22\sim0.44)\times10^{-6}$,是背景的$(0.21\times10^{-6})$ 的 1.0 ~ 2.1 倍。异常垂直投影与深部锑矿体相吻合。

电吸附 Ag 异常特征:Ag 异常位于剖面的 0 ~ 3 号点之间, 0 ~ 3 号呈单耳状异常,最高点位于 0 号点,峰值为:8.08×10^{-6},异常宽大于 600m,含量范围 $(1.5\sim8.08)\times10^{-6}$,是背景的$(1.22\times10^{-6})$ 的 1.2 ~ 6.6 倍。异常垂直投影与深部锑矿体相差太远,不能指示深部的隐伏矿体。

土壤离子电导率 (Con)特征:电导率异常在剖面上显示整条线异常,其中异常主要现在 2 ~ 10 号点之间,呈"宽兔耳"状异常,最高点位于 5 号点和 9 号电,峰值分别为:54us/cm 和 38us/cm,异常宽度为 200m,异常强度范围为 24us/cm ~ 54us/cm,是背景(4.5 us/cm)的 5.3 ~ 12 倍。该异常垂直投影能很好指示深部盲矿体地表位置。

土壤吸附相态汞异常位于剖面的 1 ~ 8 点之间, 1 ~ 8 号异常呈双峰异常,其最高点位于 2 号点和 5 号点,峰值分别为:953×10^{-9}和 1278×10^{-9},异常宽大于 140m,含量范围 $(346\sim1278)\times10^{-9}$,是背景的 (130×10^{-9}) 的 2.7 ~ 9.8 倍。土壤吸附相态汞异常垂直投影能指示深部盲矿体。

在已知剖面上进行地球电化学、次生晕、电吸附、土壤离子电导率、土壤吸附相态汞几种方法测量,在矿体上方均出现不用程度的异常。为了更好节省探矿投入和外围准确找矿预测研究,就必须提取有用的多元信息或者有用的组合信息。从已知矿体上方的异常可知有用的多元信息为电提取、土壤离子电导率和土壤吸附相态汞,且它们异常必须共生。

4　结论

从已知矿体上方的异常可知有用的多元信息为电提取、土壤离子电导率和土壤吸附相态汞,且它们异常必须共生。而电吸附、次生晕异常中只有个别离子异常较好,所以只能作为找矿辅助信息。

1) 通过已知锑矿体上方各种方法的异常可知有次生晕、电吸附异常,则一定有电提取异常,反之有电提取异常,则不一定有次生晕、电吸附异常,说明电提取可以捕捉到其他方法不能捕捉到的弱异常;

2) 电提取异常在已知 71 号剖面上方均各种离子的异常,且异常的垂直投影能代表着深部矿体在地表的位置。土壤离子电导率异常和土壤吸附相态汞异常在矿体上方出现的更清晰同时也与示深部矿体相吻合;

3) 电导率异常是锑矿存在与否及锑矿水平分布范围的指示标志;

4) 土壤吸附相态汞异常指示锑矿存在及空间赋存范围可靠指标;

5) 已知锑矿剖面上,在土壤离子电导率异常和土壤吸附相态汞范围内或旁侧(与电导率异常局部重叠吻合),出现明显的 As、Sb、Ag 等地电提取的峰值明显的离子异常,唯这些离子异常比电导率异常和土壤吸附相态汞异常幅度窄一些,作为木利矿区锑矿多元信息找矿异常模式(见图 4)。

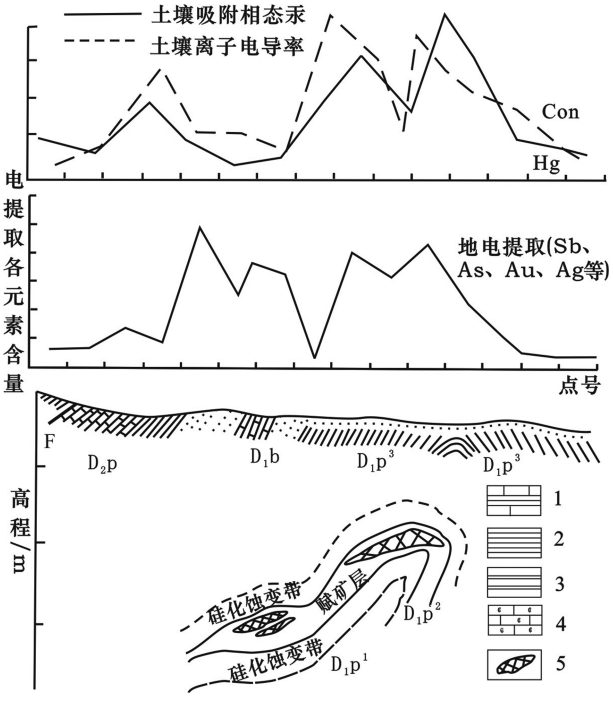

图 4　木利锑矿床多元信息找矿异常模式

Fig. 4　Abnormity model of multi-information prospection in Muli antimony deposit

D_2p—泥盆系中统;D_1b—泥盆系下统芭蕉箐组;D_1p^3—泥盆系下统坡脚组上段;D_1p^2—泥盆系下统坡脚组中段;D_1p^1—泥盆系下统坡脚组下段;1—灰岩夹页岩;2—页岩;3—燧石岩;4—生物灰岩;5—锑矿体

D_1b—Lower Devonian Bajiaoqing section; D_1p^3—Lower Devonian upside of Pojiao section; D_1p^2—Lower Devonian middle of Pojiao section; D_1p^1—Lower Devonian under of Pojiao section; 1—limestone and shale; 2—shale; 3—silexitet; 4—bio-limestone; 5—antimony ore body

[参考文献]

[1] 翟裕生,邓　军,崔　彬,丁式江, 彭润民,王建平,杨立强. 成矿系统及综合地质异常[J]. 现代地质, 1999,13(1): 99-104.
Zhai Yu-sheng, Deng Jun, Cui Bin, Ding Shi-jiang Peng Run-min, Wang Jian-ping, Yang Li-qiang. Ore forming system and comprehensive geoanomaly[J]. Geoscience-Journal of Graduate School, China University of Geosciences, 1999, 13(1): 99-104.

[2] 沈远超,曾庆栋,刘铁兵,李光明,杨金中. 隐伏金矿定位预测[J]. 地质与勘探, 2001,37(1): 1-6.

Shen Yuan-chao, Zeng Qing-dong, Liu Tie-bing, Li Guang-ming, Yang Jin-zhong. Location prognosis of the concealed gold ore [J]. Geology and Exploration, 2001, 37(1): 1-6.

[3] 吴其斌,王君恒, 崔霖沛. 勘查隐伏金属矿的新方法[J]. 地质与勘探, 1999, 35(6): 44-47.
Wu Qi-bin, Wang Jun-heng, Cui Lin-pei. New method on prospecting of concealed orebodles [J]. Geology and Exploration. 1999, 35(6): 44-47.

[4] 张正伟. 浅谈寻找隐伏矿床的理论和方法[J]. 河南地质. 1998, 16(3): 161-169.
Zhang Zheng-wei. The simple introduction to the theory and method about prospecting the hidden deposits [J]. Henan Geology, 1998, 16(3): 161-169.

[5] Levitski A. "Dipole" CHIM: concept and application[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1996, (57): 101-114.

[6] 王学求. 寻找和识别隐伏大型特大型矿床的勘查地球化学理论方法与应用[J]. 物探与化探. 1998, 22(2): 81-89.
Wang Xue-qiu. Geochemical methods and application for giant ore deposits in concealed terrains [J]. Geophysical and geochemical exploration. 1998, 22(2): 81-89.

[7] 丁汝福. 国内外寻找隐伏矿化探新方法研究进展[J]. 地质与勘探, 1999, 35(27): 30-34.
Ding Ru-fu. Advance on new geochemical exploring technologys for prospeching buried deposit [J]. Geology and Exploration, 1999, 35(27): 30-34.

[8] 康 明, 罗先熔. 地电化学方法的改进及应用效果[J]. 地质与勘探, 2003, 39(5): 63-66.
Kang Ming, Luo Xian-rong. Improvement and applied results of geoelectrical chemistry methods [J]. Geology and Exploration, 2003, 39(5): 63-66.

[9] 罗先熔. 锑矿地球电化学异常特征、成晕机制及找矿预测[J]. 地质与勘探, 2002, 38(2): 59-62.
LUO Xian-rong. The geoelectrochemical anomaly feature mechanisn and finded ore extrapolate for stibium deposit [J]. Geology and Exploration, 2002, 38(2): 59-62.

[10] 刘占元, 周国华. 地电化学方法技术改进的思路与进展[J]. 地质与勘探, 2002, 38(增刊): 173-177.
Liu Zhan-yuan, Zhou Guo-hua. Some new advances in method and techniques of CHIM[J]. Geology and Exploration, 2002, 38 (supp): 173-177.

[11] 罗先熔, 周涛发. 大兴安岭森林覆盖区金矿土壤离子电导率异常特征离子成分的研究及找矿预测[J]. 地质与勘探, 2005, 41(2): 46-51.
Luo Xian-rong, Zhou Tao-fa. Ionic conductibity anomaly characteristics and Ionic components of so in gold deposits in the daxin an lin forest overburden region[J]. Geology and Exploration, 2005, 41(2): 46-51.

[12] 陈希泉, 罗先熔, 王信虎. 寒冷森林覆盖区深穿透地球化学勘查试验及其应用[J]. 桂林工学院学报, 2007, 27(4): 480-483.
Chen Xi-quan, Luo Xian-rong, Wang Xin-hu. Deep penetration geochemistry survey for the gold mine prospecting in Hula lin, inner Mongolia[J]. Journal of Guilin University of Technology, 2007, 27(4): 480-483.

[13] 陈希泉, 罗先熔. 木利锑矿区三号背斜地电提取金离子异常分布及找矿研究[J]. 桂林工学院学报 2008, 28(4): 458-461.
Chen Xi-quan, Luo Xian-rong. Prospecting and exceptional distribution of gold ion by geoelectro-extraction method at 3# antidine of muli antimony ore[J]. 2008, 28(4): 458-461.

[14] 张国林, 姚金炎, 谷相平. 中国锑矿床类型及时空分布规律[J]. 矿山与地质, 1998, 12(5): 306-312.
Zhang Guo-lin, Yao Jin-yan, Gu Xiang-ping. Time and spatial distribution regularities and deposit types of antimony in china [J]. Mineral resources and geology, 1998, 12(5): 306-312.

[15] 黄敦义, 雷文礼. 广南木利锑矿床地质特征及成矿机理[J]. 云南地质, 1997, 16(4): 377-385.
Huang Dun-yi, Lei Wen-li. The geological features and metal genetic mechanism of muli sb deposit, guangnan[J]. Yunnan Geology, 1997, 16(4): 377-385.

[16] 王林江, 满昆良. 广南木利锑矿控矿地质条件分析[J]. 云南地质, 1994, 13(6): 133-138.
Wang Lin-jiang, Man Kun-liang. Analysis of ore-control geological conditions of muli antimony deposit, guangnan[J]. Yunnan Geology, 1994, 13(6): 133-138.

[17] 王林江. 云南木利锑矿床的成因[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1994, 14(4): 350-354.
Wang Lin-jiang. The genesis of muli antimony deposit, yunnan [J]. Journal of guilin college of geology, 1994, 14(4): 350-354.

Prospecting for blind Stibium Deposit by multi-information: a case of Muli stibium depositin Yunnan

CHEN Xi-qian[1,2], LUO Xian-rong[2], TANG Lei[3], CHEN Biao[4]

(1. *Jiangxi college of applied technology department of land and resources engineering, Jiangxi* 341000;
2. *Guilin university of technology Guangxi geological engineering central key laboratory, Guilin, Guangxi* 541000;
3. *Zhaojin mining industry Co., Itd, Shandong* 265400; 4. *Guangxi geological exploration chief institute, Guangxi* 530023)

Abstract: This text study the abnormity above the known ore body through geochemistry prospecting methods such as geo-electrochemistry, Secondary halo, electro adsorption, soil ion conductivity and soil adsorption phase state Hg. Combining with geology, available muti-information that is geoelectrochemical extraction, soil ion conductivity and soil adsorption phase state Hg(the abnormity of muti-new methods are accrete) are identified finally. Within the detection limit or the peripheral zone of soil ion conductivity abnormity and soil adsorption phase state Hg abnormity, the abnormity peak value of geoelectrochemical extraction of As, Sb and Ag etc. is present, and these ranges are more narrow than conductivity and soil adsorption phase state Hg abnormity.

Key words: muti-information, stibium, Muli Yunnan