

# 土壤地球化学测量在隐伏矿体勘探中的应用

王子正<sup>1</sup>, 唐菊兴<sup>1,2</sup>, 郎新海<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 中国地质科学院, 北京 100037)

**摘要:** 西藏冈底斯南段雅鲁藏布江缝合带优势矿床成矿系列预测是当前需要解决的重要问题, 在缝合带上雄村金矿发现之后, 其周边则莫多拉铜金矿区的勘查进程中, 在预查中运用比例尺 1:10000, 扫面网度为 100m×40m 土壤地球化学测量的成果对矿床的发现起到关键的作用。重点论述土壤测量工作方法与技术, 地球化学异常浓集区与则莫多拉铜矿矿体本身的吻合程度及找矿效果, 揭示原生晕地球化学控制因素的重要性。

**关键词:** 雅江缝合带; 冈底斯; 优势矿床; 土壤地球化学测量

**中图分类号:** P632 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004—5716(2007)03—0092—04

在已发现矿区外围寻找隐伏矿体或扩大成矿带规模是当前矿产资源勘查的重要方向之一。目前在矿区外围预查的主要方法有地气测量法(伍宗华等, 1996; 魏俊浩等, 1999), 土壤地球化学测量法、原生晕分带预测法(王奖臻等, 2000)、地球电化学勘查法(罗先熔等, 2000)、伽玛能谱法(曾庆栋等, 2000)、X 荧光法(高振敏等, 2000)等<sup>[1-6]</sup>, 而土壤地球化学测量是上述诸方法中较传统且比较成功的详查手段, 雄村金矿是雅鲁藏布江缝合带北缘的一个典型的低温热液矿床<sup>[7]</sup>, 于是在其外围寻找其后续矿床是这条带上比较严峻的任务之一, 而西藏雄村金矿外围则莫多拉铜金矿土壤及构造比较发育, 因此本文选择传统的土壤地球化学测量方法对雄村金矿外围进行勘查, 发现了新的成矿点, 扩大其矿带规模, 证明这种方法在这类工区比较适用。

## 1 区域地质及地球化学特征

雄村外围则莫多拉铜金矿区位于雅鲁藏布江缝合带北侧, 冈底斯中酸性杂岩带东段(谢通门中酸性杂岩体)南缘, 布托—萨沃拉—南木切复式向斜( $X_2$ )南翼边部, 南邻多雄藏布陆相断陷盆地, 属冈底斯构造带南亚带。同时处在昂仁—日喀则构造带(介于多雄藏布断裂带  $F_7$  与雅鲁藏布深大断裂  $F_8$  之间, 呈近东西向略向南突出的弧形带状展布)与冈底斯构造带南亚带的交接处<sup>[8]</sup>。该区处于冈底斯—念青唐古拉地块南部的燕山晚期—喜马拉雅期陆缘火山岩浆弧上, 南部为雅鲁藏布板块结合带。区域广泛出露燕山晚期—喜马拉雅期中酸性侵入岩, 并由此形成了西自谢通门西部, 东至曲水县, 长 400 余公里, EW 向延伸的岩浆岩带, 即习称的谢通门—曲水复式岩基。该期岩浆活动与区域上南部雅鲁藏布特提斯洋壳向北的大规模俯冲作用有关<sup>[9]</sup>。其间零星出露白垩

纪<sup>[10]</sup>、第三纪的火山沉积岩系。

区域出露地层以东经  $87^{\circ}30'00'' \sim 90^{\circ}00'00''$ , 北纬  $28^{\circ}40'00'' \sim 30^{\circ}00'00''$  为主要范围, 测区以谢通门—努玛韧性剪切断裂为界, 构成测区中北部和南部晚古生代—古近纪两种不同的构造地层分区。主要地层包括上侏罗统麻木下组( $J_3m$ ), 下白垩统比马组( $K_1b$ ), 晚白垩世—古近系旦师庭组( $K_2Ed$ ), 该区内构造方面发育有多条韧性剪切带。

区内火山岩矿化元素丰度值高, 变化系数大, 而且 Au、Ag、Cu、Zn、Hg、As、Sb 等元素局部含量亦高, 并发现多个 Au、Cu、Pb、Zn、Sb 等多金属化探异常, 现已发现具火山热液(蚀变)型特征的 Au、Cu 多金属矿(洞嘎矿区、雄村矿区等), 亦发现火山热液型 Cu、Pb、Zn 多金属矿点(则学), 还发现有岩浆热液型 Cu、Au 多金属矿(安张矿化点)。由此看来该陆缘火山—岩浆弧区具有形成火山热液矿床和岩浆热液矿床的最有利的构造—岩浆条件, 是在冈底斯陆缘火山—岩浆弧内寻找 Cu、Au 多金属矿床最佳的战略预查区。

## 2 土壤地球化学测量数据分析

### 2.1 分析元素相关特征

抽取 1335 件土壤样品分析数据进行 R 型聚类分析见图 1。

当取 0.45 相似水平时, 可分为 Au、Ag、Cu 及 Pb、Zn、Mo 等单元素。Cu 与 Ag 的相关系数为 0.850(见表 1)。

其相应的各元素的 R 型聚类分析谱系图见图 1, 显示了铜银矿化在成因上密切共生的地球化学特征。Au、Ag 贵金属与 Cu 硫化物元素的相似水平达  $0.087 > 0.05$  (0.3494) 临界值, 显示了贵金属与 Cu、Zn 硫化物属同一期成矿作用的产物。进而说明, 当某个块段出

现 Cu 强化异常时,相应的 Au、Ag 等异常也很强烈。

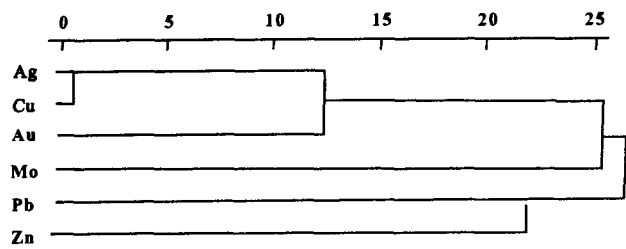


图 1 R 型聚类分析图

2.2 各相关元素的异常等值线成图及其解释

单元素异常图按照非线性参数估计法、分形法及数坐标法确定的测区内 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 等主要成矿元素的背景值和异常下限作为异常和非异常的界线,然后采用 Sufer 软件自动成图,清晰地勾勒异常浓集中

心。在单元素异常图的基础上,根据各单元素套合情况,描绘了综合异常图,来确定异常浓集中心。

表 1 则莫多拉土壤元素中元素相关系数矩阵表

元素	分析元素					
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo
Au	0					
Ag	0.558	0				
Cu	0.425	0.850	0			
Pb	0.129	0.132	0.062	0		
Zn	0.039	0.082	0.087	0.200	0	
Mo	0.117	0.205	0.071	0.052	0.015	0

土壤地球化学异常特征值的确定时先将原始数据进行必要的处理,将通过克立格法数据变换后的数据,在统计软件(statistics)或 GRAFER 软件中自动生成统计表和其它统计图件(下同)。各元素的特征值见表 2。

表 2 则莫多拉土壤地球化学测量元素地球化学特征参数表

元素	平均数	样数	众数	最小值	最大值	25%分位数	75%分位数	标准差	变化系数	偏度	峰度	背景值	异常下限
Au	19.81	1230	1.900	0.9	4834	1.9	3.7	203.9	41586	21.2	488.2	2	4
Ag	0.21	1230	0.15	0.07	6.37	0.13	0.23	0.257	0.066	15.27	306.1	0.15	0.25
Cu	64.37	1230	22.1	8.34	13221	23.6	36.2	410.15	168226	27.68	867.67	24	40
Pb	19.03	1230	16.5	5.02	101.0	15.7	20.5	7.077	50.09	4.52	34.6	16	21
Zn	82.78	1230	60.0	38.4	2670.0	59.8	77.50	100.08	10016.6	17.34	398.24	60	80
Mo	2.58	1230	2.1	0.7	34.0	1.7	3.1	1.64	2.7	7.671	120.89	2	3

注:各元素单位:ω(Au)/10<sup>-9</sup>,ω(Ag)/10<sup>-6</sup>,ω(Cu)/10<sup>-6</sup>,ω(Zn)/10<sup>-6</sup>,ω(Mo)/10<sup>-6</sup>。

从表 2 中可以看出,主要成矿元素 Au、Cu、Zn 的标准差、变化系数均较大,说明土壤中的 Au、Cu、Zn 的富集强度和富集能力比较高,根据各元素的变化系数确定了土壤中元素的富集能力从大到小排列的顺序依次为: Cu>Au>Zn>Pb>Mo>Ag。

由上述数据而通过 Surfer 8.0 做出的各元素土壤地球化学测量元素综合异常图如图 2 所示。

圈定的异常整体分布反映了元素套叠状况、异常强度均反映了测区的实际状况,化探异常与目前发现的矿体、矿化体吻合,异常闭合好,异常应该属于致矿异常。其中 Ht—甲 1、Ht—甲 2 异常与Ⅱ号矿体吻合,Ht—乙 1 异常与Ⅰ号矿体吻合。发现甲级异常 2 个,乙级异常 1 个。

Ht—甲(1)2 异常位于 12~18 测线之间,异常与Ⅱ

号矿体的西延部分及其残坡积物相吻合。异常面积约 0.2km<sup>2</sup>,异常呈北西南东向的哑铃形,异常浓集中心的异常强度分别为: Au 417×10<sup>-9</sup>、496×10<sup>-9</sup>; Cu 335×10<sup>-6</sup>、483×10<sup>-6</sup>; Pb86.3×10<sup>-6</sup>、52×10<sup>-6</sup>; Zn87.6×10<sup>-6</sup>、127×10<sup>-6</sup>;而且三级浓度梯度明显。异常元素组合为 Au—Cu—Pb—Zn—Ag 等。虽然 Ag 异常表现不明显,但地表的地质工作中发现,异常浓集区岩性为蚀变矿化凝灰岩,处于 ψ 角闪辉长岩与 K<sub>2</sub>Ed 蚀变矿化凝灰岩的交界位置,属于构造或者蚀变比较活跃的部位,具薄膜状孔雀石化,强黄铁矿化,蚀变见强硅化、粘土化、绢云母化、绿泥石化、绿脱石化及碳酸盐化,且矿化蚀变走向为北东向,与土壤异常走向相对应。说明这两处异常吻合较好。该点属于致矿异常。

Ht—甲(1)1 异常位于 20~26 线之间,异常与Ⅱ号

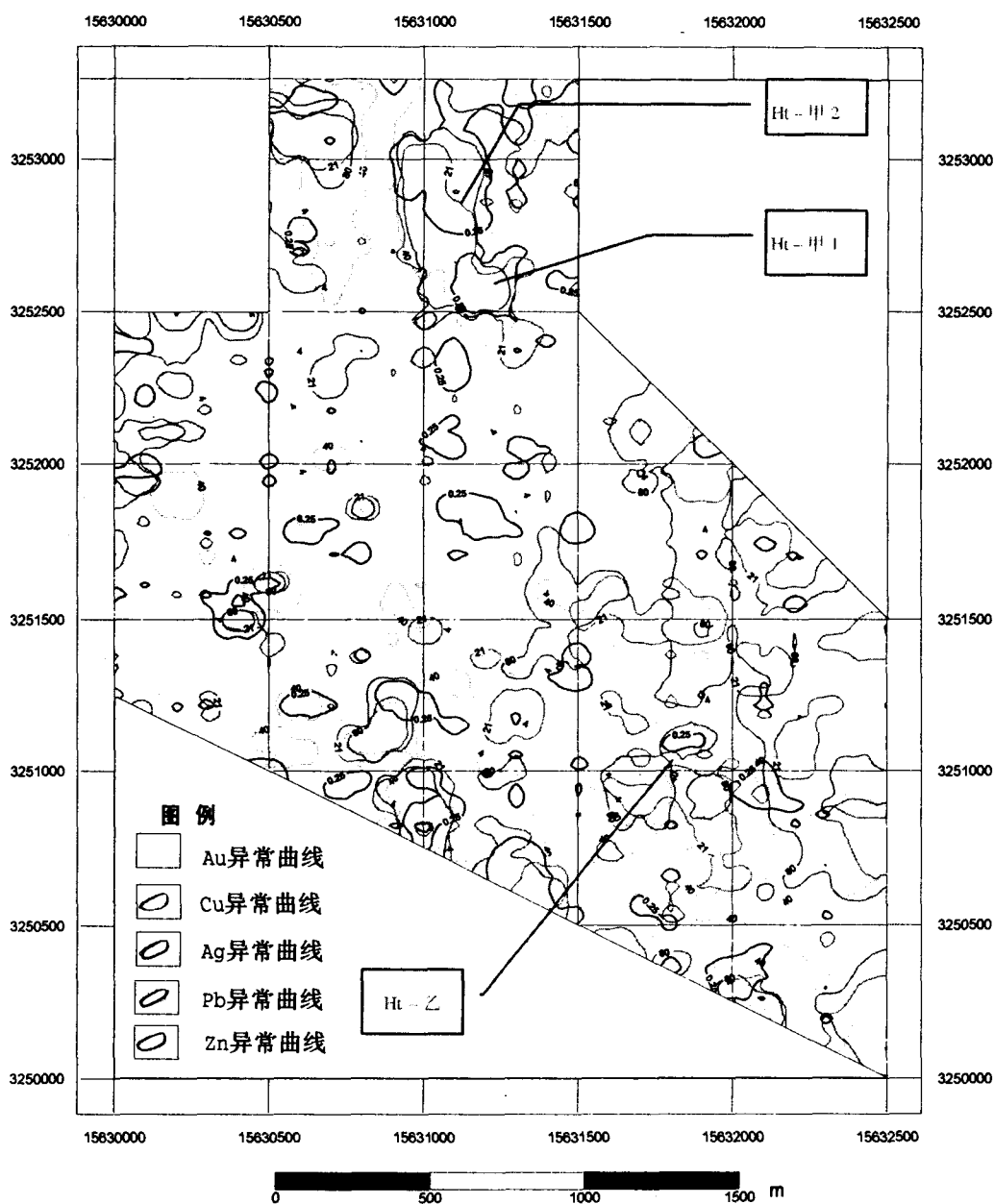


图2 则莫多拉铜矿土壤地球化学测量元素综合异常图

(各元素的异常下限:  $\text{Au } 4 \times 10^{-9}$ ;  $\text{Ag } 0.25 \times 10^{-6}$ ;  $\text{Cu } 40.0 \times 10^{-6}$ ;  $\text{Pb } 21.0 \times 10^{-6}$ ;  $\text{Zn } 80.0 \times 10^{-6}$ )

矿体吻合,异常面积约  $0.5 \text{ km}^2$ ,异常呈哑铃形,异常浓集中心的异常强度分别为:  $\text{Au } 4834 \times 10^{-9}$ 、 $880 \times 10^{-9}$ ;  $\text{Cu } 13221 \times 10^{-6}$ 、 $1635 \times 10^{-6}$ ;  $\text{Ag } 3.16 \times 10^{-6}$ 、 $2.45 \times 10^{-6}$ ;  $\text{Pb } 50.8 \times 10^{-6}$ 、 $51.78 \times 10^{-6}$ ;  $\text{Zn } 254 \times 10^{-6}$ 、 $176 \times 10^{-6}$ ;异常元素套叠好,圈闭良好,长轴沿沟顺坡向分布呈近南北向,短轴与Ⅱ矿体分布近似,近东西—北西西向。异常元素组合为  $\text{Au}-\text{Cu}-\text{Ag}-\text{Pb}-\text{Zn}-\text{Mo}$ ,其中  $\text{Mo}$  的三级浓度梯度表现不明显,其它元素的三级浓度梯度表现良好。属于致矿异常。在地表的浅山地工程中,为 TC7—TC8 控制,其中采集的 33 个化学样品

中,有 11 个样品  $\text{Au}$  大于  $1000 \times 10^{-9}$ 、 $\text{Ag}$  大于  $3.00 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Cu}$  大于  $10000 \times 10^{-6}$ 。

Ⅱ号主矿化带在空间上分布于韧性剪切带内。矿化明显受控于脆—韧性变形作用所形成的大规模的劈理化、糜棱岩化、褐铁矿化、硅化蚀变带,矿化沿劈理、节理、裂隙分布。矿化带地貌上表现为正地形,矿化带中发育孔雀石化、硅化、黄铁绢英岩化、褐铁矿化等,局部见原生矿物黄铜矿、黄铁矿等。沿韧性剪切带发育两组岩脉,其一是位于北侧上盘的花岗细晶岩脉,其二是南侧下盘的花岗斑岩脉,矿化为两组岩脉所限制。

### 3 岩石地球化学剖面加密测量验证

为验证土壤地球化学元素分析所表现出来的异常,我们在异常浓集中心 Ht—甲(1)2、Ht—甲(1)1 的Ⅱ号矿化体范围内,进行了 ZPVI、ZPVⅡ两条相交成  $54^\circ$  左右的岩石地球化学剖面验证测量。样品取自基岩,样品之间的间距是 50m,在地表矿化蚀变强烈的地方间距缩小到 10m 或 20m,其中 ZVI 剖面取样 66 件,ZVⅡ剖面取样 56 件,均在四川省冶金测试研究所进行分析,共分析 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 五种元素,其分析方法及检出限如表 3 所示。

表 3 样品分析方法及分析检出限

测定元素	分析方法	要求检出限
Au	ICP	$(0.3 \sim 1.0) \times 10^{-9}$
Cu	AAS	$2 \times 10^{-6}$
Pb		$(5.0 \sim 10) \times 10^{-6}$
Zn		$(0.5 \sim 1.0) \times 10^{-6}$
Ag	FAAS	$(0.01 \sim 0.05) \times 10^{-6}$
Mo	POL	$0.5 \times 10^{-6}$

ZPVI 分布于土壤地球化学测量侧线 14~16 线之间,长 1300m。经测定,整条剖面 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 绝大多数样品出现异常,但高强异常主要分布在 400~540m 的宽 140m 的范围内。Au、Ag、Cu 的异常特别强,Ag 在 1300m 范围内,66 个样品均出现异常,其中  $Ag \geq 1.0 \times 10^{-6}$  的样品有 13 个样品,  $Au > 0.1 \times 10^{-6}$  的 8 个样品; Au、Ag、Cu、Pb、Zn 的异常极值依次为  $4.45 \times 10^{-6}$ ,  $8 \times 10^{-6}$ ,  $16.0 \times 10^{-3}$ ,  $6 \times 10^{-6}$ ,  $0.6 \times 10^{-3}$ , 其中 Ag 异常范围较宽,变化较大,Cu 异常范围较窄、强度也不大;地表出露石英闪长岩以及黑云母闪长岩,见褐铁矿矿化及韧性剪切带和挤压变形的石英脉,矿化地表拣块样 Cu 和 Ag 大部分达到工业品位,推测该异常为矿致异常。

ZPVⅡ剖面按垂直于土壤测量异常走向展开,主要验证异常区的宽度。剖面垂直于 10~28 导线,长 1100m。剖面在 450~550m 之间的 100m 左右的宽度之间,出现 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 多元素出现异常情况,但高强异常主要分布在宽 470~530m 之间的 60m 的范围内。Ag、Cu、Au 的异常特别强,Au 在 100m 范围内,7 个样品出现强异常,其中  $Au \geq 1 \times 10^{-6}$  的 7 个样品,  $Ag > 1000 \times 10^{-6}$  的 3 个样品; Au、Ag、Cu、Pb、Zn 的异常极值依次为  $2.81 \times 10^{-6}$ ,  $12.4 \times 10^{-6}$ ,  $21.8 \times 10^{-3}$ ,  $8 \times 10^{-6}$ ,  $0.4 \times 10^{-3}$ , 地表 Cu 矿化异常范围较宽,但强度不大;地表出露石英花岗岩,见褐铁矿化发育,以及蚀变

石英脉数条,地表拣块样 Cu 和 Ag 达到工业品位。故本异常应为矿致异常。

上述两条剖面也从交叉的角度来验证了Ⅱ号矿化体的存在。

### 4 结束语

选择正确的土壤地球化学测量方法,找矿效果非常明显,依据大比例尺土壤地球化学测量扫面异常特征,可以圈定矿化蚀变带,并结合其它相关地质、物探资料可以为以后的钻孔设计提供依据。

土壤地球化学测量在西藏浅覆盖区或者构造相对发达的地区寻找金及多金属矿是一种较为有效的勘查手段,通过对异常浓集区进行详细的地质查证,异常浓集中心与已知Ⅱ号铜金矿化带吻合较好,表明土壤测量在该类地区找矿效果显著,对其邻区寻找同类金矿具有一定的指导意义。该区土壤地球化学勘查中有效找矿指示元素组合为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn, Ag 是近矿指示元素,Cu、Pb、Zn、Mo 是远程指示元素,另外在异常查证中,岩石或土壤化学剖面的验证方法也是一种很有效的方式。

### 参考文献:

- [1] 吴宗华,金仰芬,古平,等.地气测量的原理及其在地质勘察中的应用[J].物探与化探,1996,20(4):259-260.
- [2] 魏俊浩,侯光久,吴淦国.测汞在金矿深部含矿性评价中的应用[J].地质科技情报,1999,18(2):87-90.
- [3] 王奖臻,李泽琴,李朝阳.小秦岭石英脉型金矿床原生分带及其形成机制[J].矿物岩石地球化学通报,2000,19(4):239-240.
- [4] 罗先熔,胡云沪,杜建波.地球电化学勘查法寻找不同埋深隐伏金矿的研究[J].矿物岩石地球化学通报,2000,19(4):370-372.
- [5] 曾庆栋,沈远超,刘铁兵,等.碱质类金矿床的地面伽玛能谱特征及找矿意义[J].矿物岩石地球化学通报,2000,19(4):395-396.
- [6] 高振敏,陶琰,罗泰义等.X 荧光测量在云南潞西金矿找矿中的应用[J].矿物岩石地球化学通报,2000,19(4):378-380.
- [7] 丁枫.西藏日喀则雄村金矿找矿规律与成矿预测[D].成都理工大学硕士毕业论文,2003.
- [8] 唐菊兴,李志军,董树义,等.西藏日喀则谢通门则莫多拉铜矿预查报告[R].成都理工大学,2004.
- [9] 葛良胜,邹依林,张学军,等.西藏冈底斯—念青唐古拉褶皱带中段以金为主的综合矿产资源调查评价[R].武警黄金地质研究所,2002.
- [10] 西藏地质局区调大队.西藏谢通门—曲水县幅 1:20 万区域地质调查报告[R].西藏拉萨:西藏地质局区调大队,1990.