

沟系土壤地球化学测量 在内乡韭菜沟矿区勘查中的应用

王小高, 贺笑余, 陈鹏, 刘永贺

(河南省有色金属地质勘查总院, 河南 郑州 450052)

摘 要: 通过在韭菜沟矿区的沟系土壤地球化学测量工作, 发现了一批有价值的地球化学异常, 结合地层、岩性、构造等有利控矿因素, 对金、银、砷、汞、锑地球化学异常区的找矿潜力进行分析, 说明砷、汞、锑异常对金矿化有一定的指示意义。进一步明确找矿方向, 缩小找矿范围, 圈定了 3 个找矿靶区, 对各靶区实施山地工程验证, 取得了较好的找矿效果, 证明沟系土壤地球化学测量方法在地质勘查中具有明显的找矿效果, 为进一步的地质工作提供了科学依据。

关键词: 沟系土壤地球化学测量; 异常查证; 矿区勘查

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 8918(2011)06 - 0733 - 06

沟系土壤地球化学测量是一种非正规网度的土壤地球化学找矿方法, 是在沟系内以土壤为采样对象, 系统测量土壤中的元素分布, 总结元素的分散与富集规律, 研究元素与基岩中矿(化)体的联系, 通过沟系土壤中的地球化学异常及其异常解释来进行找矿的一种地球化学勘查方法^[1-2]。应用该方法在实践中取得了一系列较好的找矿成果^[2-5]。沟系土壤地球化学测量在寻找金、银、铜、铅锌等矿床时, 具有快速、经济、高效等优点, 能在短时间内有效地缩小靶区, 圈定异常形态和规模, 查明异常源, 对异常的成矿远景作出评价, 为进一步的勘查工作提供科

学有效的依据。笔者以沟系土壤地球化学测量在内乡县韭菜沟金矿勘查中的应用为例, 介绍这种地球化学勘查方法的找矿效果。

1 区域概况

1.1 区域地质概况

韭菜沟矿区位于华北板块与扬子板块的接合部位——秦岭多金属成矿带东段, 朱阳关—夏馆断裂带南侧, 附近区域岩浆活动频繁, 构造变动剧烈, 为一重要的构造岩浆活动带(图 1)。区内出露地层主要为白垩系、二郎坪岩群和秦岭岩群地层等。区域

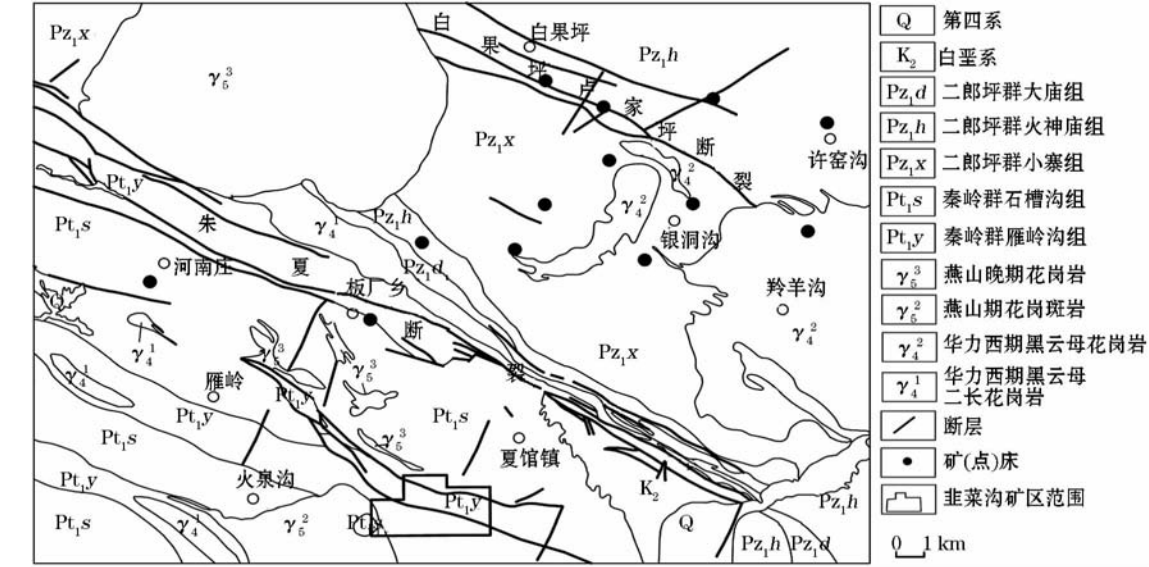


图 1 韭菜沟矿区区域地质概况

上自北向南发育一系列规模巨大的北西西向断裂带,分别是白果坪—芦家坪断裂带、朱阳关—夏馆断裂带、西官庄—镇平深大断裂等。此外,还发育有北东向、近南北向断裂构造,与北西西向构造组成网格状构造格架。这些区域性断裂带控制了区内金、银、铜、铅锌等矿床(点)及其元素异常的空间分布,如板厂大型铜银多金属矿、许窑沟金矿等。

1.2 区域地球化学特征

区域 1: 5 万水系沉积物地球化学测量共圈出以银、金和铜铅锌为主的综合异常 226 处,其中,韭菜沟乙类异常分布于矿区内(图 2),元素组合以金为主,伴生银、铜等,金异常最高值 7.3×10^{-9} ,平均

值 5.53×10^{-9} 。异常具有如下规律。

(1) 已知矿田、矿床上均有较明显的与已知矿床成矿元素组合类似的组合异常,异常强度与矿床规模成正比。

(2) 异常与岩浆岩,尤其是燕山期岩浆岩关系密切,如围绕松垛岩体,水系沉积物异常呈环带分布。

(3) 成矿元素异常受断裂构造控制较明显,具有北西向成带,北东向成串,两者交汇处形成异常集中区的分布特点。

经初步查证证实,这些水系沉积物异常大多数为矿致异常。

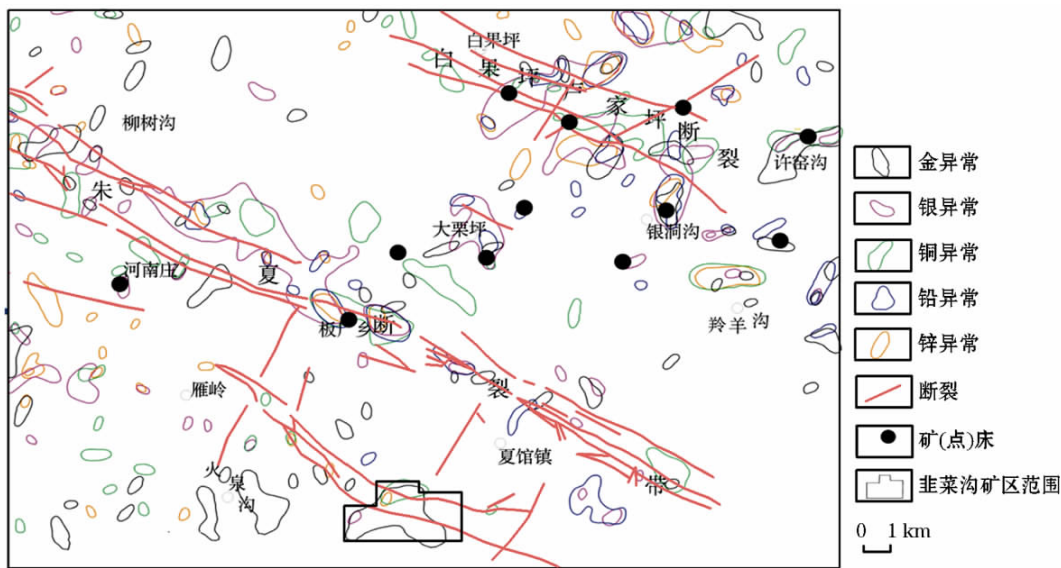


图 2 韭菜沟矿区区域化探异常分布

2 矿区地质及景观地球化学特征

韭菜沟矿区地层简单,主要为秦岭群雁岭组大面积出露的大理岩、石墨大理岩、白云石大理岩、碎裂大理岩等,石槽沟组的黑云斜长片麻岩在矿区西南及东北角有少量出露。区内岩浆岩单一,主要为出露于矿区西南边缘的玄山岩体,为燕山早期的花岗斑岩。矿区总体构造线方向为 NW 向,中部的断裂带之间可见断裂面呈舒缓波状,两侧岩层挤压破碎强烈,次级小断裂及角砾岩化发育,局部具糜棱岩化、硅化及铁锰矿化现象。这些断裂属区域上 NW 和近 SN 向断裂所组成的菱形网格状断裂的次一级断裂,为成矿热液的运移和成矿元素的富集提供了通道和空间。

矿区位于伏牛山山脉中段南麓,属低山区,海拔标高最高 859.5 m,最低 280 m,区内山脉连绵,沟谷纵横交错,切割强烈,沟系和微沟系发育,在地形图

上清晰易于辨认。该区属于亚热带向温带过渡气候,降雨充沛,四季分明。矿区植被发育,覆盖面积大,主要以物理风化为主,风化剥蚀作用强烈,形成了薄—中层残坡积、残积土壤,且 A、B 层发育,局部 C 层发育程度较差。元素在沟系的残坡积物中,主要以机械晕形式进行搬运,只有在冰雪融化的季节和雨季,一些可溶于水呈盐类化合物的元素,才会以盐晕形式进行搬运,但迁移距离不远。根据矿区地形、地貌特征以及沟系广泛发育的特点,认为利用沟系作为采样定点标志,以土壤作为采样介质是可行的,该区适宜于开展沟系土壤地球化学测量工作。

3 沟系次生晕测量技术方法

3.1 布样

依据地质工作需要,本次沟系土壤地球化学测量采用 1: 1 万比例尺。将长度在 100 m 以上的水系和微沟系(包括干沟、季节性溪流)在地形图上详

细勾出来,以 1 km² 网格为单位将采样点布在 I、II 级沟系和微沟系、凹地中,点位布设在沟系边坡,当遇到水系不发育、平缓的山区或山坡宽度大于 300 m 时,则沿地形等高线布设次生晕样点,以达到均匀、有效地控制汇水盆地或山地面积,设计区内平均采样密度为 60 点/km²,实际为 63 点/km²。采样点布设完毕后,以方里网格为基本单位从左到右、从上到下统一顺序编号(图 3)。

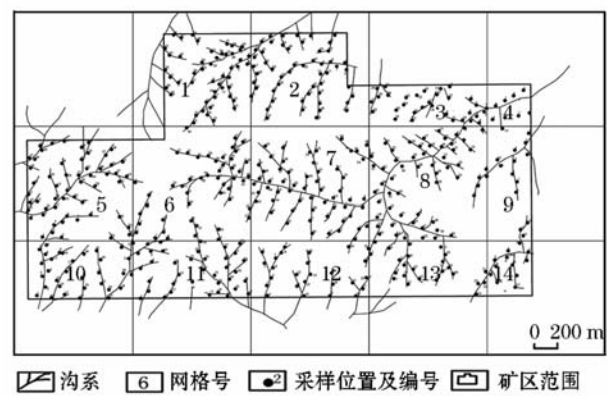


图 3 韭菜沟矿区采样点位分布

3.2 定点及采样

野外以地形图和手持 GPS 相结合进行定位,点位误差不超过 10 m。在确定点位无误并可采样的情况下,在采样点附近用红布条标记,以便后期的采样质量检查及对圈定异常进行查证。

野外采样层位为土壤淀积层(B 层),深度 20 ~ 30 cm。采样时,在沟系两旁边坡的 3 ~ 10 m 范围内采集 3 ~ 5 处 B 层细粒级物质组合成样,保证样品均采自同一介质、同一层位。组合样质量大于 1 000 g,确保粗加工后送样样品质量大于 100 g。记录员现场填写野外记录卡片(记录内容为点号、层位、土壤颜色、地质特征、矿化特征、留标等)。在采样过程

中,如遇到矿化、蚀变等地段,随时采集原生晕样品,并作详细记录。若遇有废石堆崩积物、河床堆积等不能取样时,可适当移点,移点后仍无法采样可弃点,并注明原因。

3.3 样品加工

对野外采回的样品及时晒干后,用橡胶锤敲碎,过 -40 目不锈钢筛,过筛后的样品采用对角线折叠法混匀,取 100 g 装入纸袋。每 50 件样品均匀安插 4 件重复分析样,2 件 II 级标样,2 件重采样。野外样品加工确保无沾污、无错号、无重号,加工程序和方法正确,送有色金属桂林矿产地质测试中心加工至 -200 目进行分析。

本次共采样品 504 件,采样率达 98% 以上,符合沟系土壤地球化学测量采样达标率要求。分析指示元素 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mn、W、Mo、Sn、As、Sb、Hg、Bi 等。

3.4 背景值及异常确定

背景值和背景下限的确定是沟系土壤地球化学测量资料综合整理的先行步骤。目前确定背景值及背景下限的方法有多种,常用的有长剖面法、图解法(包括直方图解法、概率格纸图解法)和计算法等,图解法与计算法均属于整理统计方法^[6]。

本次异常的确定依据全部分析数据,计算各元素含量的平均值(\bar{X})及离差(S),剔除含量大于 $\bar{X} + 3S$ 的样品,再次计算其平均值和离差,直到含量大于 $\bar{X} + 3S$ 的样品全部剔除完为止,以此时元素的平均值加 2 倍离差作为异常下限,并以异常下限的 1、2、4、8 倍值勾绘异常。但剔除特高值并不是排除其所指示的矿化信息,在绘制等值线后,结合数据图、地形图和地质图进行综合分析,确定特高值及点异常的指示意义,最终编制元素异常图,以供异常的综合解释和评价^[7-8]。

表 1 韭菜沟矿区各元素地球化学特征参数

元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn	W	Mo	Bi	As	Sn	Sb	Hg
极大值	995.86	5.54	295.3	440.8	293	4300	204.8	5.5	19.08	300.08	31.5	65.47	1.315
极小值	0.55	0.038	3.5	9.7	48	116	1.6	0.11	0.098	1.58	1.4	0.31	0.014
均值	3.92	0.129	32.4	49.8	129	1342	3.7	1.17	0.593	22.62	6.4	3	0.084
标准偏差	2.04	0.041	13.9	18.5	33	580	1.99	0.42	0.19	15.64	2.3	2.2	0.047
异常下限	8	0.2	60.3	86.8	195	2500	7.66	2.02	0.99	53.89	11.1	7.34	0.225

注:Au 的含量单位为 10⁻⁹,其他元素的含量单位为 10⁻⁶。

4 异常分析

4.1 金异常特征

金的原始数据差别较大,最大值为 995.86 × 10⁻⁹,最小值为 0.55 × 10⁻⁹,算术平均值为 10.99 ×

10⁻⁹,异常下限为 8 × 10⁻⁹。

金异常主要分为两大区,一处位于矿区东部,出露地层为雁岭沟组大理岩和石槽沟组黑云斜长片麻岩;一处位于测区中部,出露地层主要为雁岭沟组大理岩、碎裂大理岩(图 4)。异常区中心地带 $w(\text{Au})$

$>32 \times 10^{-9}$ 。异常区 1 出露地层主要为雁岭沟组含石墨大理岩,在附近发现有小规模民采。异常区 2 出露面积比异常区 1 大,近东西向,长 600 m,宽 150 m,浓集中心明显,异常中心最高点 $w(\text{Au})$ 为 74.92×10^{-9} ,异常检查时发现此区有一石英脉出露,该区位于大理岩与花岗斑岩接触带附近,推测该异常可能与花岗斑岩有关。异常区 3 主要出露碎裂大理岩,局部具铁染,呈铁红色。异常区 4 为矿区主要异常,异常规模大、强度高、浓集中心明显,异常长约 1 500 m,最宽处达 1 000 m,异常面积较大,约 0.7 km^2 ,最高点 $w(\text{Au})$ 为 995.86×10^{-9} 。异常检查时发现该异常主要分布在朱阳关—夏馆断裂的次级断裂带间,岩石破碎,铁染明显,部分矿石中角砾含量约为 70%,为交代白云石碎裂大理岩,赤铁矿及细粒石英在角砾间充填交代。雁岭沟组总岩系及赋矿的铁染碎裂白云石大理岩中, Au 丰度低于地壳克拉克值,比变质碳酸盐平均 Au 含量(1.5×10^{-9})高。由于特殊的构造位置,区内雁岭沟组被早期朱阳关—夏馆断裂挤压、逆冲,超覆在二郎坪群上,热液在断裂中不断运移、分异,使金不断富集,在后期多次构造活动中,随着地壳的抬升发生剥蚀和氧化作用,风化的土壤中金含量不断富集,从而引起了该异常。异常区 5 近南北向,最高点 $w(\text{Au})$ 为 109.17×10^{-9} ,位于大理岩与黑云斜长片麻岩接触部位,经异常查证,主要由硅化蚀变—石英脉引起。

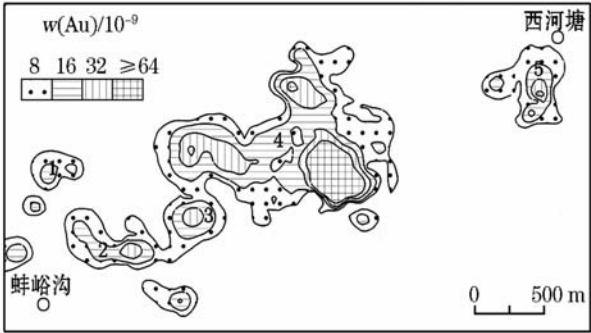


图 4 韭菜沟矿区沟系土壤地球化学测量 Au 异常

4.2 银异常特征

银最大值为 3.55×10^{-6} ,最小值 0.038×10^{-6} ,算术平均值 0.16×10^{-6} ,异常下限 0.2×10^{-6} 。银总体分为 3 个异常(图 5),异常区 1 面积较大,近北西向,异常形状不规则,中心地带 $w(\text{Ag}) > 1.6 \times 10^{-6}$,最高值为 3.55×10^{-6} ,与金异常区 1 相互重合。该异常位于大理岩与花岗岩的接触带附近,推测异常可能与燕山期花岗斑岩有关,燕山期岩浆中含矿热液在断裂中通过不断地运移和分异,使

银不断富集沉淀,在后期多次构造活动中随着地壳抬升和剥蚀、氧化作用,使 Ag 在土壤中发生次生富集。异常区 2 在工作区中部,异常呈椭圆状展布,异常面积不大,边界值和异常中心值也不高,但由于矿区中部人迹罕至,植被发育,构造断裂交汇,成矿条件优越,应当对此异常有一定的重视。异常区 3 位于矿区东部,异常呈椭圆状展布,异常边界值不高,可能由于附近含矿石英脉引起。

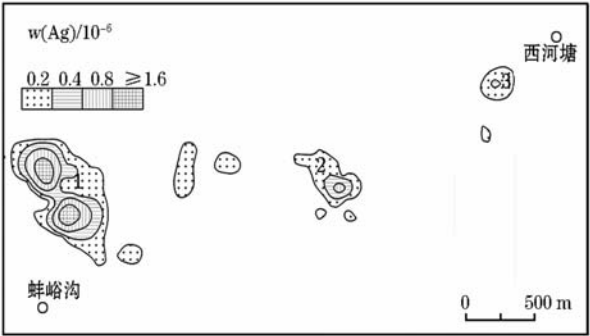


图 5 韭菜沟矿区沟系土壤地球化学测量 Ag 异常

4.3 砷异常特征

As 最大值为 300.08×10^{-6} ,最小值 1.58×10^{-6} ,算术平均值 22.62×10^{-6} ,异常下限 53.89×10^{-6} 。As 可分为 3 个较大的异常区(图 6)。异常 1 与异常 2 的内、外浓度带与 Au 的主体异常基本对应,只是异常范围及浓集中心的规模较 Au 稍小,说明 As 可作为该类金矿化的有效指示元素。

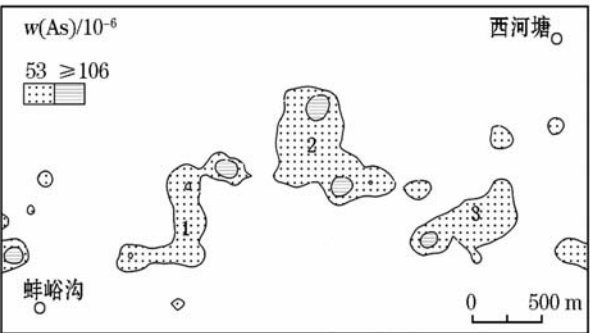


图 6 韭菜沟矿区沟系土壤地球化学测量 As 异常

4.4 汞异常特征

Hg 最大值为 1.315×10^{-6} ,最小值 0.014×10^{-6} ,算术平均值 0.084×10^{-6} ,异常下限 0.225×10^{-6} 。Hg 可分为两个较大的异常区(图 7),分别位于矿区的中部和东部,空间位置与 As 异常基本对应,尤其是矿区中部异常 1 的规模最大。与 As 异常一样,Hg 异常亦呈不规则状沿断裂破碎蚀变带分布,具有内、外浓度分带,其异常规模比 As 异常大。异常 1 是 Hg 的主体异常,与 Au 的主体异常基本重叠,说明 Hg 亦是该类金矿化的有效指示元素。

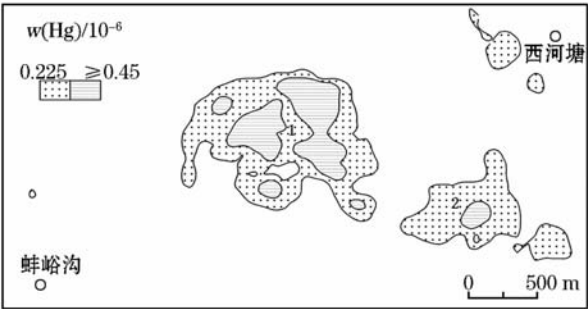


图 7 韭菜沟矿区沟系土壤地球化学测量 Hg 异常

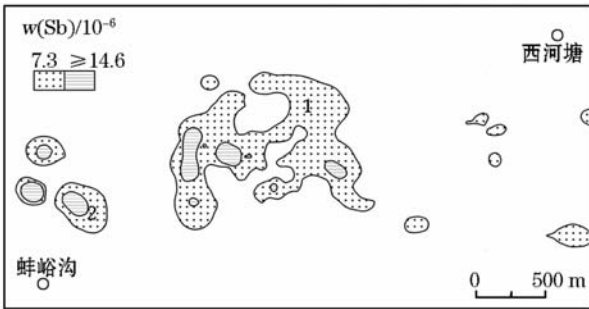


图 8 韭菜沟矿区沟系土壤地球化学测量 Sb 异常

4.5 锑异常特征分析

Sb 最大值为 65.47×10^{-6} , 最小值 0.31×10^{-6} , 算术平均值 3.00×10^{-6} , 异常下限 7.34×10^{-6} 。Sb 可分为两个较大的异常区(图 8), 分别位于矿区的中部和西部, 尤以矿区中部异常 1 规模为最大。Sb 异常呈不规则状沿断裂破碎带展布, 其分布范围较 Au 小, 异常具有内、外浓度分带, 异常 1 由中、高浓度带构成的, 与 Au 的主体异常基本重置, 说明, Sb 亦可作为该类金矿化的近矿指示标志。

综上, 沟系土壤地球化学测量结果显示, Au、As、Hg、Sb 的主要异常区叠置于受断裂构造控制的矿化蚀变带内, 即异常严格受断裂破碎蚀变带控制。

5 靶区选择及工程验证

依据异常解释与评价, 主成矿元素异常、次生元素组合异常及指示元素异常评判, 异常所在位置, 异常特征, 异常位移与地质体间的关系, 结合地质条件, 确定了 3 个找矿靶区(图 9)。

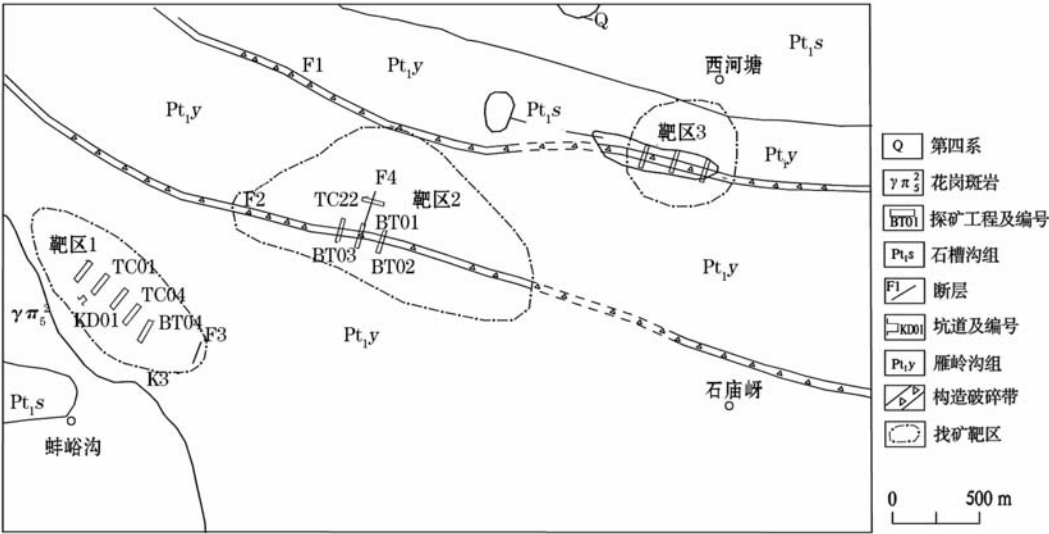


图 9 韭菜沟矿区沟系土壤地球化学测量找矿靶区

靶区 1 主要为 Ag、Au 异常, 位于大理岩与花岗岩接触部位附近, 经后期现场踏勘, 认为本靶区具有一定找矿前景。依据异常中心的形态, 在有利地段布置一定数量的探槽、短坑进行揭露, 结果显示, 本区内控矿构造发育, 岩性接触带附近常出现矿体, TC01、BT04、TC04 中出现星点状黄铁矿, 少量放射状凌锰矿, 构造角砾及褐铁矿化明显。TC01 取样分析, $w(\text{Ag})$ 最高为 754×10^{-6} , $w(\text{Mn})$ 最高为 35%; BT04 地表取样分析, $w(\text{Au})$ 最高达 3.12×10^{-6} 。通过地表工程控制矿体长 320 m 左右, 产状倾向 $\text{SW}200^\circ \sim 220^\circ$, 倾角 $55^\circ \sim 70^\circ$, 取样测定出 Ag 含量

为 $(24.6 \sim 754) \times 10^{-6}$, 平均含量 195.3×10^{-6} , Au 含量 $(0.14 \sim 3.12) \times 10^{-6}$, 平均含量 1.28×10^{-6} 。

靶区 2 位于工作区中部, 具有较强的 Au 异常, 其中异常值大于 0.1×10^{-6} 的地区有 5 处, 出露岩层主要为白云石大理岩、角砾状白云石大理岩、碎裂大理岩, 局部具铁染现象, 经后期野外工作发现, 该区控矿构造发育, 岩石破碎, 岩石的碎裂结构极为明显, 局部有糜棱岩化, 明显是由长期构造挤压应力所引起, 为金的迁移和富集提供了有利的条件。依据该异常区的异常中心, 从沟系土壤地球化学异常逆坡向踏勘, 发现大理岩中含多条破碎蚀变带, 破碎带

中含有大量角砾,可见稀疏的细石英脉穿插,又被晚期方解石脉切断,在石英细脉和方解石细脉壁上有褐铁矿小球粒呈浸染状产出,破碎带走向与断层走向基本一致。沿垂直于破碎蚀变带方向布置探槽、剥土工程,经地表工程验证,BT01、BT02、BT03、TC22 均见到金矿化,其中,BT01 控制矿化体厚度 13.2 m, $w(\text{Au})$ 为 $(0.12 \sim 1.68) \times 10^{-6}$,BT02 取样分析, $w(\text{Au})$ 最高达 2.56×10^{-6} ,TC22 蚀变带金矿化含量为 $(0.1 \sim 1.8) \times 10^{-6}$ 。矿化体主要赋存于白云石大理岩、含石墨大理岩的层间破碎带中,呈似层状、透镜状,形态较规则,层位较稳定。

靶区 3 位于工作区东部,主要为 Au 异常,经后期野外现场踏勘发现硅化带石英脉一条,宽 0.8 m 左右,石英脉出露在大理岩与黑云斜长片麻岩接触部位,经过探槽施工,发现有褐铁矿化、硅化, $w(\text{Au})$ 为 $(0.1 \sim 1.29) \times 10^{-6}$ 。

沟系土壤地球化学异常可以为找矿提供线索,缩小找矿靶区。要使找矿工作在本区取得突破,不但要在认识观念上突破,还要结合多种探矿方法的应用,注意对产生异常的关键因素的研究,在野外工作上注重对矿化现象的识别。

6 结论

(1) 选择沟系土壤地球化学测量在韭菜沟矿区开展地质勘查工作,找矿效果显著。同时,利用多种方法和手段进行异常检查,综合评价异常的含矿性,圈定矿化蚀变带,并结合相关地质、物探资料,可为深部工程布置提供依据。

(2) 靶区 1 和靶区 2 具有较好的找矿前景,经过地质填图和工程验证,发现靶区受多期次构造活动,形成大量构造破碎角砾,并伴随着矿液活动。区内 NWW 向断裂严格控制着破碎蚀变带的展布及形态延伸,次级的 NNE 向储矿断层为矿化富集再次提供空间条件,导致异常浓集中心多分布于层间破碎带中或构造的交叉处。

(3) 实践证明,在地形切割强烈、沟系发育、厚层覆盖地区,沟系土壤地球化学测量是一种快速、经济和有效的方法,为高覆盖区迅速圈定矿化带、评价矿化带的含矿性提供科学依据和可靠信息。

参考文献:

- [1] 张振邦. 沟系次生晕测量在国土资源大调查中的应用效果[J]. 矿产与地质, 2003, 17 (增刊): 479 - 481.
- [2] 刁理品, 韩润生, 方维萱. 沟系土壤地球化学测量在贵州普晴锦金矿勘查区应用与找矿效果[J]. 地质与勘探, 2010, 46 (1): 120 - 127.
- [3] 吕国安, 刘泉清. 快速评价分散流异常的沟系原、次生晕方法[J]. 地质与勘探, 1987, 23 (9): 53 - 58.
- [4] 高珍权, 方维萱, 王伟, 等. 沟系土壤测量在新疆乌恰县萨热克铜矿勘查中的应用效果[J]. 矿产与地质, 2005, 6: 669 - 673.
- [5] 肖晓, 汤井田, 息朝庄, 等. 青海德合龙洼铜金矿区次生晕特征及其指示意义[J]. 金属矿山, 2009, 33 (2): 105 - 109.
- [6] 王崇云. 地球化学找矿基础[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [7] 陈刚. 沟系地球化学测量在安源分散流异常检查中的应用[J]. 湖南地质, 1993, 13 (3): 163 - 168.
- [8] 苟建德, 朱从龙, 谢洪春, 等. 甘肃两河口地区水系沉积物异常评价[J]. 物探与化探, 2008, 4: 135 - 138.

THE APPLICATION OF VALLEY SOIL GEOCHEMICAL SURVEY TO THE JIUCAIGOU ORE DISTRICT IN NEIXIANG

WANG Xiao-gao, HE Xiao-yu, CHEN Peng, LIU Yong-he

(Henan Institute of Non-ferrous Metal Exploration, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Based on applying valley soil geochemical survey to ore prospecting in the Jiucaigou ore district, the authors found some valuable anomalies. Combined with ore-controlling factors such as strata, lithologic character and structure, the authors analyzed the prospecting potentiality of element geochemical anomalies of Au, Ag, As, Hg and Sb. Element anomalies of As, Hg and Sb can indicate gold mineralization. The prospecting direction was pointed out, and three key targets for ore-exploration were delineated. Later, every key target was verified by exploration and surface work. Ideal ore-prospecting results were achieved. This method has been proved to be effective in geological prospecting and exploration, which provides scientific evidence for further work.

Key words: valley soil geochemistry survey; anomaly inspection; ore district exploration

作者简介: 王小高(1981 -), 男, 工程师, 2007 年毕业于桂林工学院, 获硕士学位, 主要从事地质勘查及研究工作。