

土壤地球化学测量在姚村矿区找矿中的应用

孙双俊¹, 李政龙², 刘越², 索漓², 刘勋²

(1. 东华理工大学, 南昌 330013;

2. 浙江省核工业二六二大队, 浙江 湖州 313000)

摘要: 姚村矿区地处新桥式岩浆期后热液成矿地带, 为查明矿区萤石矿成矿作用的地球化学特征, 开展了1:2.5万土壤测量勘查工作。通过土壤地球化学测量, 运用 Geochem Studio、SPSS 软件对原始数据进行分析处理, 结合矿区地球化学背景, 圈出氟、金、银、铜、铅、锌等元素浓度高低不一、规模大小不等的具三级浓度级别以上的单元异常55处, 并经综合分析元素异常特征后得出综合异常4处。综合异常AP1为F-Mo-W-As, AP2为Pb-Zn-As-Sn, 其成矿条件较好; AP3、AP4均有一定的铅、锌矿找矿前景。通过AP1以氟为主的多元素异常解释及异常查证, 确定AP1为萤石矿的主要成矿靶区。

关键词: 萤石矿; 土壤地球化学测量; 综合异常; 姚村矿区; 浙江省

中图分类号: P632.1 **文献标识码:** A

0 引言

土壤地球化学找矿是在系统地测量土壤中元素分布的基础上, 研究其分散、集中的规律和其与矿床表生破坏的联系, 通过发现异常、解释评价、查证异常来进行找矿。该方法在找矿时能在短时间内经济、有效地缩小靶区, 圈定基本异常形态和规模^[1-3]。

前人^[4]曾在新桥式岩浆期后热液型萤石矿德清莫干山工作区内通过开展土壤地球化学测量, 最大限度地控制各类岩石、构造和脉岩及成矿元素的分布迁移, 基本查明工作区内元素异常的分布规律, 圈出地球化学异常, 并与地质填图资料相结合进行异常解释及异常查证, 发现了较好的萤石矿找矿线索。

姚村矿区位于浙北成矿带堪脚—湖州金、银、萤石、硅灰石、硼、硫铁矿成矿区, 五石坞—妙西铅、锌、银多金属成矿远景区内。区内Ag、As、B、Cr、V、Cu等元素在沉积岩中背景值较高, 且Ag、As离散系数较大, 易于富集成矿; Mn、Zn元素在火山岩中背景

值最高, 分别为 $w(\text{Mn})=610.891 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn})=80.859 \times 10^{-6}$; Bi、F、W、Pb、Sn、Mo在侵入岩中背景值最高, Bi、Mo离散系数也较大, 易于富集。因此, 本次将通过姚村矿区1:2.5万土壤测量勘查工作, 力图进一步有效地缩小姚村地区的找矿方向和靶区。

1 矿区概况

姚村矿区为低山丘陵区地貌, 海拔标高一般10~200 m, 最高峰为区内西侧台盘山, 海拔标高350 m, 最低点为北侧第四系覆盖区, 海拔标高1.1 m, 最大相对高差约349 m。矿区周边植被覆盖, 水系发育, 地表种植多为毛竹、茶叶等。且区内绝大部分面积残积土层发育, 大部分为B+C型, 为该区进行土壤测量调查提供了很好的条件^[5-6]。

矿区内出露的地层主要为中生代黄尖组火山岩及第四系。不同地层中元素含量差别较大, 但主要成矿元素Pb、Zn、Cu、Ag、Au、B等均普遍较高, 且

收稿日期: 2019-10-17; 改回日期: 2019-12-23; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 浙江省自然资源厅矿产勘查项目“浙江省湖州市吴兴区妙西镇姚村矿区萤石矿地质预查”(编号:[2015]146)资助。

作者简介: 孙双俊(1994—), 男, 硕士研究生, 地质学专业, 从事资源勘查及水工环地质工作。通信地址: 江西省南昌市经济技术开发区广兰大道418号, 东华理工大学地球科学学院; 邮政编码: 330013; E-mail: 1781103475@qq.com

方差大,是本区较为理想的矿源层,易于局部富集。

中生代黄尖组火山岩其岩性主要由深灰-灰绿色安山玢岩(K_1h^1)、流纹质熔结凝灰岩(K_1h^2)、中酸偏碱性的熔岩及熔结凝灰岩(K_1h^3)、酸性火山岩(K_1h^4)。第四系为残坡积物及冲积物组成。

区内无大的断裂及褶皱构造,但区域上发育 NE 向湖州—铨岭断裂带和 NNE 向梅岭—南皋桥主干断裂,沿这两条断裂带两侧有一系列的酸性和中酸性岩浆侵入活动。因此,区内酸性、中酸性侵入岩活动强烈,对成矿有利。围岩蚀变有硅化、萤石化、矽卡岩化和黄铁矿化等。

2 样品采集与测试

(1) 样品采集处理

本次 1:2.5 万土壤剖面测量工作,根据区内地层及岩体分布情况,采用矩形规则测网,即剖面线方向 300° ,其网度采用 $250\text{ m} \times 50\text{ m}$ 规格进行土壤样的布设,共采样 683 件。

样品主要在 B 层采集其砂质土、细沙土、粉砂土和黏土。为保证样品的代表性,每个点都在采样点线距 1/10 范围内采集 3—5 点土壤组成混合样。

样品处理严格按照干燥→揉碎→过筛(60 目)→拌匀→称重($\geq 300\text{ g}$)→装袋→装箱的流程,严格防止样品间相互污染^[7]。最后,送至实验室测试分析。

(2) 样品测试

根据 1:20 万化探资料及周边矿区化探成果资料,本次确定分析元素 14 种: Au、As、Sb、Bi、Hg、Cu、Pb、Zn、W、Mo、F、Ag、B、Sn。

分析测试工作由浙江省地质矿产研究所承担,分析质量监控标准执行 DZ/T0011—91《地球化学普查规范(1:5 万)》中 7.8 规定要求。

3 土壤地球化学特征及异常

本次工作区背景值和异常下限的确定选用迭代法^[5,8-10],将原始数据转换成对数值,逐步剔除大于 3 倍的标准差的特高值,而后计算出全区各元素的背景平均值(X)、标准差(λ),再根据 $T = X + 2\lambda$ 求得异常下限值,最后结合全区元素均值确定异常下限值。统计计算得出的姚村矿区土壤地球化学特征参数,如表 1 所述。

(1) 土壤地球化学特征

在姚村矿区,各元素的含量分布与地层、岩浆岩具有较强的相关联特征,但各相关元素浓集中心吻合较差(图 1),元素异常分带一般。结合表 1 和图 1 来看,土壤样中的氟、金、银、铜、铅、锌等 14 种元素中,铅、砷、锡、钼的变异系数和衬度较大。而氟、砷、银、钼是形成萤石矿的正晕元素,铅又是形成萤石矿的负晕元素^[11]。因此,该异常对于萤石矿矿体富集及矿带延伸有很好的指示作用。

表 1 姚村矿区土壤微量元素地球化学参数统计

Table 1 Statistics of soil trace element geochemical parameters in Yaocun mining area

元素	样数/件	平均 $w_B/10^{-6}$	标准离差	最大值 $w_B/10^{-6}$	最小值 $w_B/10^{-6}$	变异系数	异常下限 $w_B/10^{-6}$
Au	683	1.44	0.84	10.60	0.33	0.59	2.5
As	683	6.46	5.34	71.00	1.71	0.83	12
Sb	683	0.78	0.35	6.32	0.21	0.44	1.36
Bi	683	0.83	0.59	6.73	0.16	0.71	2
Hg	683	0.08	0.05	0.65	0.01	0.67	0.19
Cu	683	15.48	5.86	53.40	3.94	0.38	29
Pb	683	46.79	42.26	896.00	5.03	0.90	81
Zn	683	98.69	55.39	595.00	28.90	0.56	173
W	683	3.37	0.90	10.70	1.49	0.27	5
Mo	683	1.38	0.77	10.30	0.48	0.56	2.05
F	683	633.71	209.89	1569.08	270.03	0.33	1117
Ag	683	0.13	0.18	3.81	0.02	1.30	0.35
B	683	38.17	19.13	188.07	9.47	0.50	85
Sn	683	12.60	10.49	116.11	3.09	0.83	29

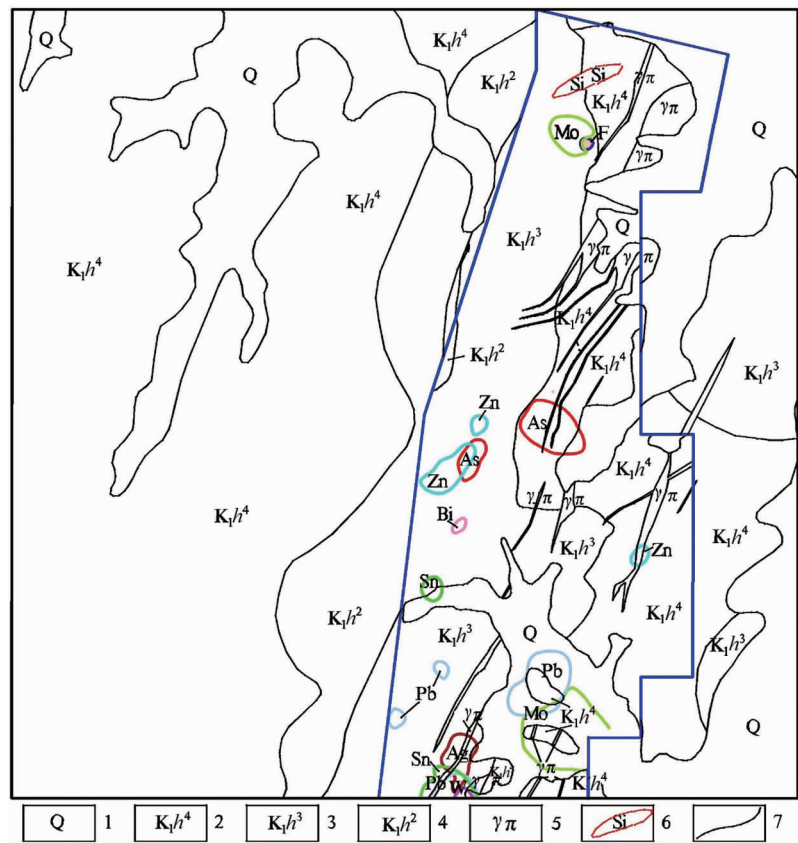


图 1 元素组合异常图

Fig. 1 Element combination anomaly diagram

1. 第四系; 2. 黄尖组第四段晶屑岩屑凝灰岩; 3. 黄尖组第三段粗安斑岩、安山岩;
4. 黄尖组第二段晶屑凝灰岩; 5. 花岗斑岩; 6. 推测硅质破碎带; 7. 地质界线

(2) 单元素异常

通过 1 : 25000 土壤化学测量, 在 10 km² 范围, 圈定出单元素异常 55 个, 元素综合异常 17 个 (图 1)。各元素异常下限值 T 、 $2T$ 、 $4T$ 划分三个浓度带^[12-14], 勾绘异常外、中、内带。其中, F、Pb、Zn、W、Mo、As、Sn 异常明显, 有明显的浓集中心。

(3) 综合异常

通过综合姚村矿区单元素异常分布特征, 圈定了以铅元素为主成矿元素的 4 个综合异常区 (AP1—AP4)。AP1 异常位于测区北部, 近东西向椭圆状, 面积约 0.114 km², 主要由 F、Mo、W、As 组成。AP2 异常位于测区中部, 北东向长条状, 面积约 0.161 km², 主要由 Pb、Zn、As、Sn 组成。AP3 异常位于测区南部, 北东向椭圆状, 面积约 0.175 km², 主要由 Pb、Zn、Mo 组成。AP4 异常位于测区南部, 似三角状未封闭, 面积约 0.08 km², 主要由 Pb、Ag、Sn、Bi 组成。

4 综合异常评价

(1) AP1: F-Mo-W-As 综合异常区

该异常是一个以氟、钨为主的多元素异常。由表 2 和图 2 可以看出, 钨和砷浓集中心套合较好, 氟、钨浓集中心不吻合; 钨、砷极大值分别为 $w(W) = 8.61 \times 10^{-6}$ 、 $w(As) = 28.2 \times 10^{-6}$ 。氟元素极值为 $w(F) = 1414 \times 10^{-6}$, 面积 0.0066 km², 呈椭圆状展布, 为三级浓度带, 单浓集中心。但氟的异常面积不大, 样点为 2 个, 且异常北侧 100 m 见硅质脉及萤石滚石, 说明异常不是单点样引起。

异常区出露的岩性主要为晶屑凝灰岩 (K_1h^4)、安山岩 (K_1h^3)。异常东侧约 70 m 处发育一条北北东向的花岗斑岩脉, 脉宽约 20 m; 异常北侧约 110 m 处有一条宽 8 m、走向 30° 的硅质脉。

表 2 AP1 综合异常特征参数

Table 2 Characteristic parameter of comprehensive anomaly AP1

元素	面积/km ²	异常点数/个	异常下限	平均值	极大值	形态	分带
F	0.0066	2	1117	1400	1414	椭圆状	III
Mo	0.0699	5	2.05	3.39	6.95	半椭圆状	II
W	0.02	2	5	8.27	8.61	椭圆状	III
As	0.02	3	12	17.8	28.2	椭圆状	II

注:极大值、平均值、异常下限量单位为 $w_B/10^{-6}$ 。

结合地质成矿环境来看^[7,15-16],成矿元素的浓集中心基本沿北东向展布,与东侧花岗斑岩脉岩走向一致。因此该处异常处于一个良好的成矿地质环境下,异常北侧存在脉岩(物源 F)及容矿地层(凝灰岩),找矿前景较好,在萤石矿上会有所突破。

(2) AP2: Pb-Zn-As-Sn 综合异常

该异常是一个以铅、锌为主的多金属异常。由表 3 和图 3 可以看出,铅、锌、砷浓集中心套合较好,锡浓集中心套合一般。其中,铅元素极值为 $w(\text{Pb})=137 \times 10^{-6}$,面积 0.027 km²,呈椭圆状展布,单浓集中心,均为三级浓度带。但异常面积较小,样点为 4 个,说明异常不是单点引起。锌异常面积 0.09 km²,样点为 9 个,极值较大;砷和锡的异常样点为 3 个和 4 个。

异常区出露的岩性为安山岩(K_1h^3),且异常区内发育一条宽约 15 m 左右的北西向花岗斑岩脉。

结合地质成矿环境来看,成矿元素的浓集中心呈北东向展布,与东侧花岗斑岩走向一致。因此该异常具有一定的铅锌多金属矿找矿前景。

(3) AP3: Pb-Zn-Mo 综合异常

该异常是一个以铅、锌为主的多金属异常。由表 4 和图 4 可以看出,铅、锌浓集中心套合较好,钼

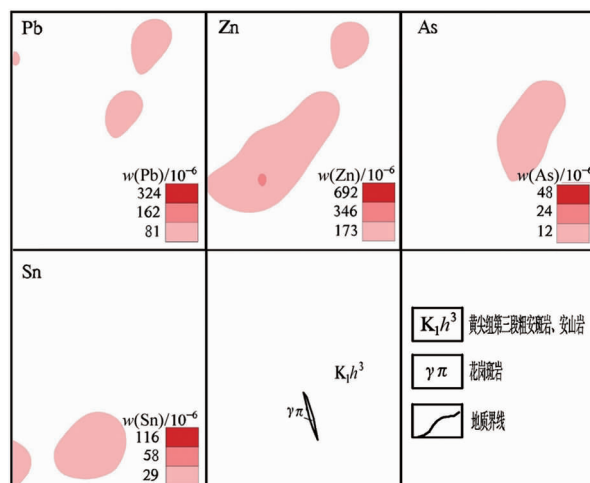


图 3 AP2 综合异常剖析图

Fig. 3 Interpretation map of comprehensive anomaly AP2

浓集中心与铅锌套合较差。其中,铅元素极值为 $w(\text{Pb})=896 \times 10^{-6}$,面积 0.165 km²,呈椭圆状展布,单浓集中心,为一级浓度带。但异常面积较大,样点为 6 个,说明异常不是单点引起。锌异常面积 0.047 km²,样点为 3 个,浓集中心与铅重叠;钼异常样点为 10 个,异常面积大,与铅锌异常存在一定位移。

异常区出露的岩性主要为晶屑凝灰岩(K_1h^4)及部分第四系残坡积物,且异常区东西两侧 60 m 处均发育有北东向的花岗斑岩脉,宽约 20~30 m 左右。

从地质成矿环境来看,此异常中各成矿元素的浓集中心呈北东向展布,与东侧花岗斑岩走向一致。该异常区具有一定的铅锌找矿前景。

(4) AP4: Pb-Ag-Sn-Bi 综合异常

该异常区是一个以铅为主的多金属异常。由表 5 和图 5 可以看出,铅、锡浓集中心套合较好,铋、银浓集中心与铅、锡套合较差。其中,铅元素极值为 $w(\text{Pb})=277 \times 10^{-6}$,面积 0.048 km²,呈三角形展布,为二级浓度带,单浓集中心。异常面积尚可,异常样点 3 个,不是由单点导致的异常。锡异常面积 0.071 km²,样点 5 个,浓集中心与铅套合较好。银和铋的样点分别为 5 个和 2 个,银异常面积较大,与铅、锡浓集中心存在一定位移。

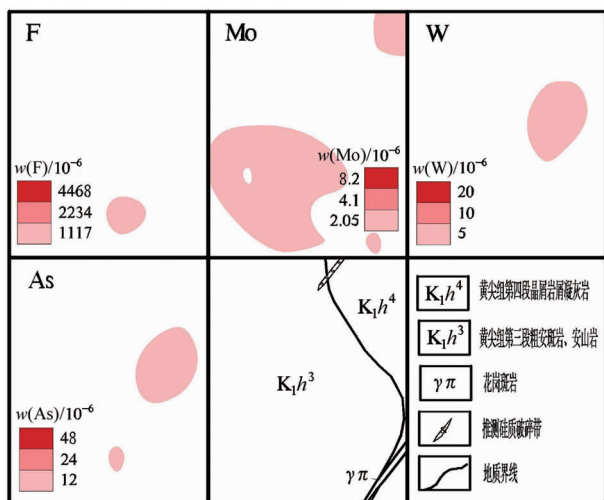


图 2 AP1 综合异常剖析图

Fig. 2 Interpretation map of comprehensive anomaly AP1

表 3 AP2 综合异常特征参数

Table 3 Characteristic parameter of comprehensive anomaly AP2

元素	面积/km ²	异常点数/个	异常下限	平均值	极大值	形态	分带
Pb	0.027	4	81	123.25	137	椭圆状	Ⅲ
Zn	0.09	9	173	245	583	椭圆/长条状	Ⅱ、Ⅲ
As	0.042	3	12	22.15	50.6	长条状	Ⅰ
Sn	0.035	4	29	38.63	61.2	椭圆状	Ⅱ

注:极大值、平均值、异常下限量单位为 $w_B/10^{-6}$ 。

表 4 AP3 综合异常特征参数表

Table 4 Characteristic Parameter of comprehensive anomaly AP3

元素	面积/km ²	异常点数/个	异常下限	平均值	极大值	形态	分带
Pb	0.165	6	81	208	896	椭圆状	Ⅰ
Zn	0.047	3	173	218.6	448	椭圆状	Ⅱ
Mo	0.26	10	2.05	3.6	10.3	椭圆状	Ⅰ

注:极大值、平均值、异常下限量单位为 $w_B/10^{-6}$ 。

表 5 AP4 综合异常特征参数表

Table 5 Characteristic parameter of AP4 comprehensive anomaly

元素	面积/km ²	异常点数/个	异常下限	平均值	极大值	形态	分带
Pb	0.048	3	81	144.87	277	三角形状	Ⅱ
Ag	0.068	5	0.35	0.94	3.81	椭圆状	Ⅰ
Sn	0.071	5	29	43.58	77	三角形状	Ⅱ
Bi	0.019	2	2	3.22	3.64	半椭圆状	Ⅲ

注:极大值、平均值、异常下限量单位为 $w_B/10^{-6}$ 。

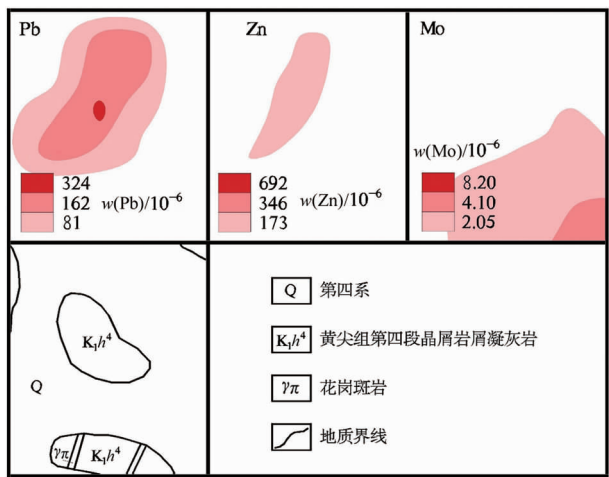


图 4 AP3 综合异常剖析图

Fig. 4 Interpretation map of comprehensive anomaly AP3

异常区出露的岩性主要为安山岩(K_1h^3)及部分第四系残坡积物,且异常区内发育有两条北东向的花岗斑岩脉,宽约 30~50 m 左右。

从地质成矿环境来看,此异常的浓集中心整体呈北东向展布,与花岗斑岩的走向基本一致。该异常区具有一定的铅(锌)找矿前景。

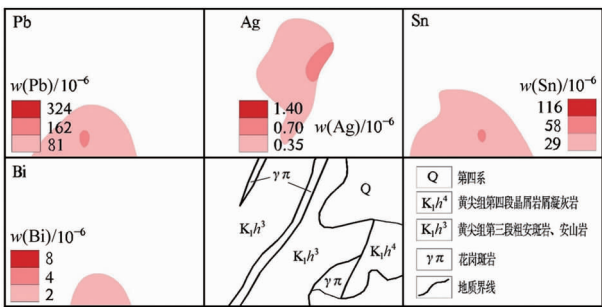


图 5 AP4 综合异常剖析图

Fig. 5 Interpretation map of comprehensive anomaly AP4

4 结语

本次对姚村矿区 1 : 2.5 万土壤剖面测量工作圈定综合异常 4 处,其中 AP1 为以氟为主的多元素异常,AP2—AP4 为以铅锌为主的多元素异常。AP1,以氟为主的多元素异常,成矿地质条件较好,在找萤石矿上有突破的可能。AP2 以铅锌为主的多金属异常,其在土壤样中的锌极值达到 $w(Zn) = 583 \times 10^{-6}$,砷极值达到 $w(As) = 50.6 \times 10^{-6}$,为一

级浓度带,从地质成矿角度上看较为有利,浓集中心位于异常区安山岩与花岗斑岩的内外接触带上,有可能在铅锌多金属矿上有一定突破。AP3、AP4均有一定的铅锌找矿前景。

参考文献:

- [1] 谢学锦,程志中,成杭新.应用地球化学在中国发展的前景[J].中国地质,2004(S1):16-29.
- [2] 韩成林,李玉松.坦桑尼亚某矿区土壤地球化学特征与找矿远景分析[J].地质学刊,2015,39(2):296-300.
- [3] 李富,马东升,居维伟,等.土壤地球化学测量在印尼某铜铅锌多金属矿区的应用[J].地质学刊,2017,41(1):138-147.
- [4] 许均刚.浅析土壤地球化学测量在地质找矿中的应用[J].中国科技投资,2013(9):53.
- [5] 张燕挥.土壤地球化学测量在纳米比亚哈达普省卡尔克兰矿区铜银矿勘查中的应用及找矿效果[J].西部探矿工程,2019,31(2):117-120.
- [6] 李海云,沈爱斯.浅谈海南省蓝洋河猪岭地球化学异常分带模型[J].科技资讯,2011(6):230-231.
- [7] 何艳芝.土壤地球化学测量方法在金属矿产勘查中的应用[J].世界有色金属,2018(15):123-124.
- [8] 黄利平,蒙明华,谭礼金,等.化探异常下限确定方法简介及对比[J].世界有色金属,2016(11):54-56.
- [9] 陈明,李金春.化探背景与异常识别的问题与对策[J].地质与勘探,1999(2):27-31.
- [10] 邓世林,白云,沈位元.青海省东昆仑拉浪麦钨多金属矿土壤地球化学特征及找矿前景[J].有色金属(矿山部分),2017,69(3):42-46.
- [11] 林焕华.浙江省龙泉县八都萤石矿床化探方法试验研究[J].物探与化探,1991(3):225-236.
- [12] 孙社良,陈士海,李永明,等.土壤地球化学测量在赣东北良坑钨钨矿区勘查中的应用[J].华东地质,2017,38(4):279-287.
- [13] 刘洪微.云南省景谷帕断山矿区土壤地球化学测量效果及找矿前景[J].物探与化探,2017,41(4):619-626.
- [14] 裴圣良,袁建江,黄明达.内蒙古新巴尔虎地区土壤地球化学异常特征与找矿方向[J].地质找矿论丛,2018,33(3):449-457.
- [15] 陈焕元,吕赞珊.浙江铜山寺矿区土壤地球化学特征及找矿方向[J].矿产勘查,2016,7(2):329-338.
- [16] 陈玥.内蒙古自治区东乌珠穆沁旗地区土壤地球化学测量及找矿远景预测[D].长春:吉林大学,2018.

Application of soil geochemical survey to ore prospecting in Yaocun mining area

SUN Shuangjun¹, LI Zhenglong², LIU Yue², SUO Li², LIU Xun²

(1. East China University of Technology, Nanchang 330013, China;

2. No. 262 Geological Team of Zhejiang Nuclear Industry Corp., Huzhou 313000, Zhejiang, China)

Abstract: Yaocun mining area is located in the post-Xinqiao style magmatic hydrothermal metallogenic zone. In order to make clear of the geochemical characteristics of the fluorite mineralization soil surveys at scale 1 : 25000 have been carried out in the area. The data obtained were analyzed and processed by Geochem Studio and SPSS software. Combined with the geochemical background are located 55 single element anomalies with three levels of concentration and different sizes and concentrations of fluorine, gold, silver, copper, lead, zinc etc. Comprehensive analysis of element anomaly characteristics shows 4 comprehensive anomalies of which AP1 is F-Mo-W-As anomaly, AP2 Pb-Zn-As-Sn, and anomaly AP3、AP4 potential for lead and zinc prospecting. After interpretation and check anomaly AP1 is determined a fluorite target.

Key Words: fluorite ore; soil geochemical survey; synthetic anomaly; Yaocun mining area; Zhejiang province