

doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2014.02.007

土壤地球化学测量在广东英德东山楼金银矿中的应用

汪 实

WANG Shi

(广东省地质调查院, 广州 510080)

(Geological Survey of Guangdong Province, Guangzhou, 510080, China)

摘要:广东英德东山楼金银矿区处于东西向佛冈构造岩浆岩带和北北东向吴川-四会深大断裂带交汇部位旁侧、大镇铜多金属矿田北部,成矿条件十分有利。1:5万水系沉积物测量显示了较好Pb、Zn、Au、Ag、As等异常。对1:5万异常进一步解析,在异常浓集中心开展1:1万土壤测量,共圈定两个综合异常,主要异常元素为Au、Ag、As、Pb,其次为Zn、Sb。通过对1:1万土壤测量资料进行剖析,结合矿区地质特征,初步认为该区土壤综合异常AP1、AP2具有较大的金银矿找矿潜力。

关键词:东山楼金银矿;土壤地球化学特征;找矿潜力

中图分类号:P618.51;P618.52

文献标识码:A

文章编号:1007-3701(2014)02-131-07

Wang S. Application of soil geochemical survey for prospecting in Dongshanlou Au-Ag deposit, Yingde, Guangdong province. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2014, 30(2):131-137.

Abstract: Dongshanlou Au-Ag deposit of Yingde, Guangdong province is located near the intersection between E-W-trending Fogang granite intrusion belt and NNE-trending Wuchuan-Sihui deep fault belt, in northern Dazhen copper polymetallic ore field and with favorable conditions for mineralization. 1:50000 stream sediment survey shows obvious anomaly for Pb, Zn, Au, Ag, As etc. The 1:10000 soil geochemical survey was carried out in the concentration center found in 1:50000 soil geochemical survey, and two comprehensive anomalies delineated. The main anomaly elements are Au, Ag, As, Pb, and followed by Zn and Sb. Through the analysis of 1:10000 soil geochemical survey data, combined with geological characteristics, it is considered that the soil anomaly AP1, AP2 has a large gold and silver ore prospecting potential.

Keywords: soil geochemical survey; prospecting potential; Dongshanlou Au-Ag deposit; Yingde, Guangdong province

东山楼金银矿区位于广东省英德市大镇北西340°方向直距3 km处,处于东西向佛岗构造岩浆岩带和北北东向吴川-四会深大断裂带交汇部位旁侧、大镇铜多金属矿田北东部(图1),成矿条件十分

有利。该矿区从二十世纪八十年代至今,断续有采矿活动,而矿区地质工作程度和研究程度相对较低,本文从1:1万土壤测量资料入手,结合矿区地质特征,对东山楼金银矿找矿远景进行探讨分析。

收稿日期:2014-04-22;修回日期:2014-05-09.

基金项目:中国地质调查局地质矿产调查项目“广东英德金门-雪山嶂铜铁铅锌矿产远景调查”(项目编号:1212010011727、1212011085402)及广东省地质勘查基金项目“广东省英德市周屋铜多金属矿预查”(编号:[2012]-1).

作者简介:汪实(1982—),男,工程师,研究方向主要为地球化学、矿产地质、基础地质,E-mail:147877045@qq.com.

1 区域地质背景

区域地层从老至新依次为震旦系坝里组, 泥盆系杨溪组、老虎头组、东岗岭组、天子岭组, 泥盆系 - 石炭系帽子峰组, 石炭系石磴子组、测水组, 白垩系大风组, 白垩系 - 第三系丹霞组。以泥盆系最为发育, 且与成矿关系密切。区域构造以北东向为主要构造格架, 南北向次之。北东向断裂规模大, 为吴川 - 四会深大断裂的组成部分, 如官坪断裂、九郎洞断裂, 为区内主要导矿构造。区域南部为佛冈复式岩体的北缘部分, 岩性主要为黑云母二长花岗岩; 中西部分布有燕山三期花岗岩和花岗闪长岩, 呈岩株状, 与铜金多金属矿成矿关系密切。主要矿种有铜、铁、铅、锌、金、银、锰、锑、钨等, 主要矿床类型有热液充填交代型、破碎带蚀变岩型、矽卡岩型等。在大镇矿田内以金门花岗闪长岩体为中心, 中低温矿产出现水平

分带。从里往外依次为: 铁铜矿带 - 铜金矿带 - 铅锌银锰矿带 - 金锑(银)矿带(图 1)。

2 矿区地质特征

2.1 地层

矿区地层从老至新依次出露老虎头组(D₂l)、东岗岭组(D₂d), 其中东岗岭组分为两段(图 2)。

(1)老虎头组(D₂l): 以灰白、浅灰、黄白色为主夹紫红、灰紫色的碎屑岩。厚层状石英砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、石英砂岩、粉砂岩及粉砂质泥岩。

(2)东岗岭组第一段(D₂d¹): 岩性为钙质砂岩、硅质页岩, 夹薄层深灰岩石英砂岩、薄层泥质灰岩。地表风化呈青灰色、灰白色。厚 220 ~ 290 m。

(3)东岗岭组第二段(D₂d²): 薄层白云质灰岩、千枚状页岩, 局部夹硅质页岩、薄层砂岩。地表风化呈黄白色、多孔洞、叶片状、质轻为特点。厚 440 m。

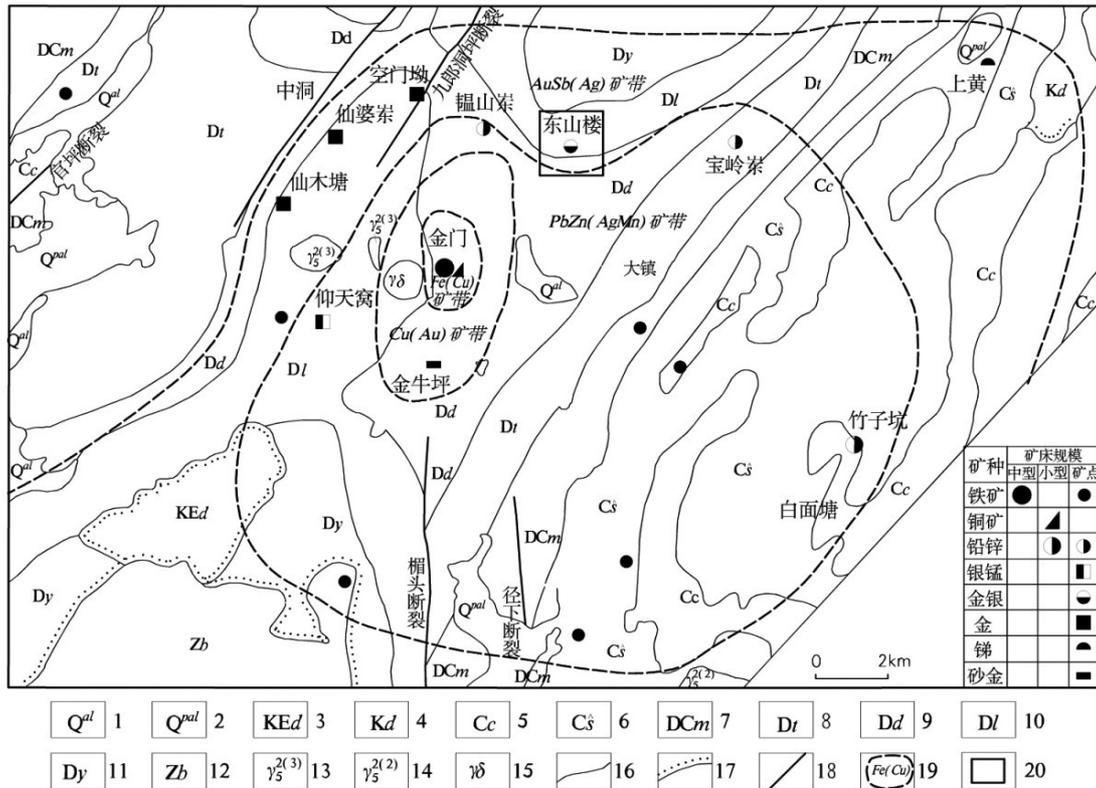


图1 大镇铜多金属矿田地质简图①

Fig. 1 Simplified geological map of Dazhen copper polymetallic deposit

1-第四系冲积层; 2-第四系洪积层; 3-丹霞组; 4-大风组; 5-测水组; 6-石磴子组; 7-帽子峰组; 8-天子岭组; 9-东岗岭组; 10-老虎头组; 11-杨溪组; 12-坝里组; 13-燕山三期花岗岩; 14-燕山二期花岗岩; 15-花岗闪长岩; 16-地质界线; 17-角度不整合界线; 18-断层; 19-矿带分布范围及主要矿种; 20-东山楼矿区范围。

2.2 构造

(1) 断裂

以北北西向断裂最为发育,为压扭性质断裂,两盘与围岩界线清晰,在走向和倾向上均呈舒缓波状延伸,走向 330°~350°,倾向南西,倾角 70°,长 200~2000 m,此组断裂为区内主要含矿断裂。除了北北西向断裂,还有一组比较发育的北北东向断裂,该组断裂走向约 30°,长 500~2000 m,往往充填有中酸性岩脉(如 F₂)。

(2) 褶皱

褶皱主要有温塘山背斜、坑尾向斜。温塘山背斜轴部向南倾伏,两翼不对称,两翼岩性均为老虎头组和东岗岭组,东翼有倒转现象。坑尾向斜产于东岗岭组,两翼岩性为东岗岭组第一段(D₂d¹)。

2.3 岩浆岩

出露岩浆岩为石英闪长岩(δo),沿北北东向断裂呈岩脉产出,岩脉切穿北北西向含矿断裂,其形成。

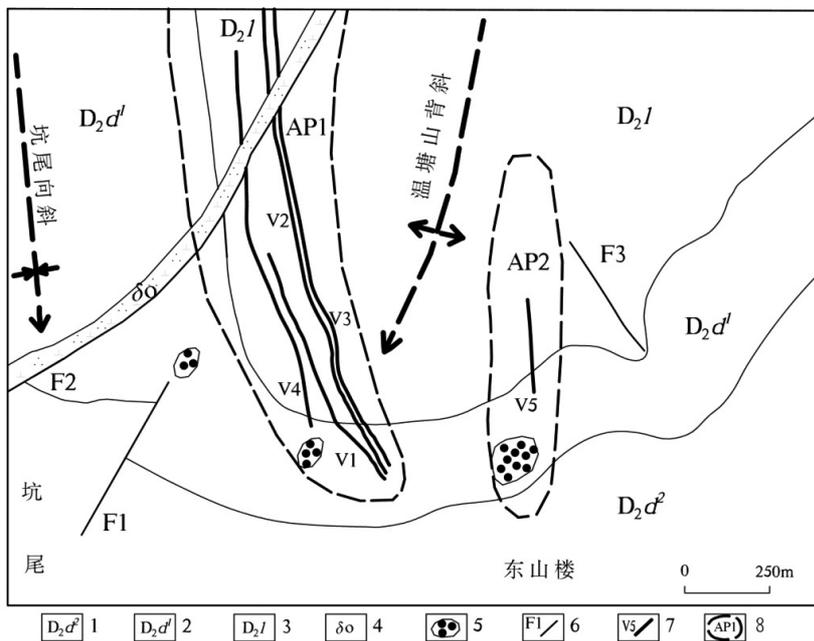


图2 东山楼金银矿区地质简图

Fig. 2 Simplified geological of Dongshanlou Au-Ag deposit

1-东岗岭组第二段;2-东岗岭组第一段;3-老虎头组;4-石英闪长岩;5-铁帽;6-断层;7-矿体及编号;8-1:1万土壤测量综合异常及编号。

3 地球化学特征

1:1万土壤测量布置在1:5万水系沉积物测量 Au、Ag 异常浓集中心,土壤测线垂直1:5万异常分布,线距 200 m,点距 20 m,全区共采集土壤样 760 件,分析元素为 Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Bi、B。

3.1 元素的组合特征

对全区 760 个样品,以相关系数 r 作为元素相似性的度量进行 R 式聚类分析。各元素间的相关系数见表 1。

各元素按照相关系数 r 从大到小依次连接,进行谱系簇分。不同元素组的相关系数按两组元素组合后的加权平均求得,如:

$$r_{Pb:Zn}=0.828;$$

$$r_{Pb,Zn:Cu} = (r_{Cu:Pb} + r_{Cu:Zn}) / 2 = (0.596 + 0.634) / 2 = 0.615;$$

$$r_{Cu,Pb,Zn:Au,Ag} = (r_{Cu:Au} + r_{Pb:Au} + r_{Zn:Au} + r_{Cu:Ag} + r_{Pb:Ag} + r_{Zn:Ag}) / 6 = (0.434 + 0.545 + 0.419 + 0.434 + 0.675 + 0.626) / 6 = 0.523$$

按照以上方法,求得本测区 12 元素的连接顺序(表 2)。

按照元素连接顺序,根据相关系数,绘制 R 式

表1 土壤测量区各元素相关系数表

Table 1 Correlation coefficient of ore-forming elements in soil survey in Dongshanlou Au-Ag deposit

	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	B	As	Sb
Au	1											
Ag	0.651	1										
Cu	0.434	0.434	1									
Pb	0.545	0.675	0.596	1								
Zn	0.419	0.626	0.634	0.828	1							
W	0.116	0.007	0.072	0.07	0.037	1						
Sn	0.357	0.382	0.116	0.06	0.264	0.131	1					
Mo	0.546	0.498	0.376	0.221	0.114	0.163	0.086	1				
Bi	0.277	0.02	0.276	0.066	0.147	0.188	0.474	0.233	1			
B	0.19	-0.02	0.253	-0.03	0.121	0.168	0.537	0.226	0.453	1		
As	0.141	0.024	0.251	0.08	0.066	-0.03	0.071	0.025	0.137	0.101	1	
Sb	0.439	0.382	0.445	0.198	0.164	0.154	0.117	0.592	0.326	0.382	0.491	1

表2 R式聚类分析各元素连接顺序表

Table 2 R style cluster analysis order of connection of soil survey in Dongshanlou Au-Ag deposit

连接顺序	连接元素	相关系数
1	Pb	Zn 0.828
2	Au	Ag 0.651
3	Pb-Zn	Cu 0.615
4	Sb	Mo 0.592
5	Sn	B 0.537
6	Pb-Zn-Cu	Au-Ag 0.523
7	Sn-B	Bi 0.464
8	Pb-Zn-Cu-Au-Ag	Sb-Mo 0.338
9	Pb-Zn-Cu-Au-Ag-Sb-Mo	Sn-B-Bi 0.183
10	Pb-Zn-Cu-Au-Ag-Sb-Mo-Sn-B-Bi	As 0.139
11	Pb-Zn-Cu-Au-Ag-Sb-Mo-Sn-B-Bi-As	W 0.098

分析谱系图(图3)。

从谱系图上可见,在相似水平0.3处,测区元素可以分为四组:Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Sb、Mo为一组,显示Au、Ag等矿化在成因上密切共生的地球化学特征,Au、Ag与Cu、Pb、Zn相似水平达0.523,显示了Au、Ag可能与Cu、Pb、Zn硫化物为同一期成矿作用的产物,该组元素反映了受破碎带控制的成矿元素组合;Sn、Bi、B为一组,反映了与区内岩浆活动相关的元素组合;W、As各自成一组,反映这两元素可能在地质作用过程中相对独立,与区内成矿作用及岩浆活动关系不大。R式聚类分析较好的反映了元素的共生组合关系,显示出各元素在地

质作用中的亲疏关系。

3.2 异常特征

异常下限以全区760个样品进行统计,采用 $x \pm 3S$ 迭代剔除特高、低值后所获得的背景平均值加2倍标准离差求得理论异常下限作参考,结合地质特征做适当的修改。

由异常下限的1、2、4倍作为各元素异常的外、中、内带值,结合地质背景,对异常进行圈定,依据单元异常分布形态、位置及亲合性,将土壤测量区12种元素共分为了Au-Ag-Sb-Mo-As、Sn-Bi-B-W、Cu-Pb-Zn三组元素组合,圈定了综合异常2处(图2)。

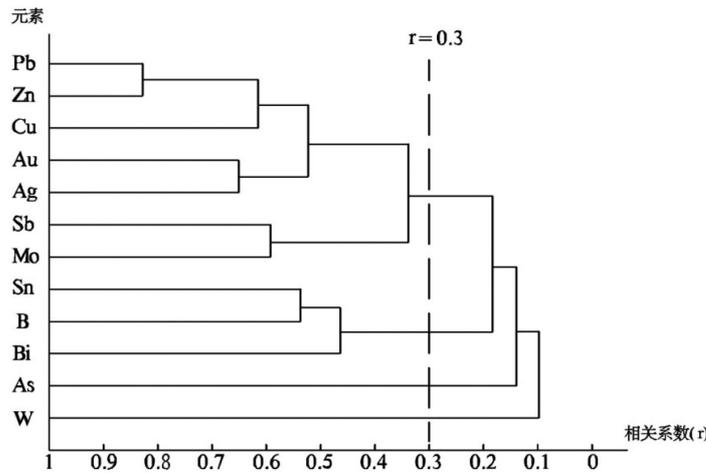


图3 土壤测量区R式聚类分析谱系图

Fig. 3 R style cluster analysis phenogram of soil survey in Dongshanlou Au-Ag deposit

表3 土壤测量区各元素特征参数值及异常下限表

Table 3 Characteristics parameter and anomaly thresholds of soil survey in Dongshanlou Au-Ag deposit

元素	样本数	最小值	最大值	均值	标准方差	变异系数	理论下限值	实际下限值
Au	668	0.5	18	5.9	4.06	0.69	14.1	15
Ag	686	0.03	0.35	0.12	0.07	0.49	0.24	0.25
B	726	28.5	359	160.3	66.88	0.45	303.9	300
Sn	751	1.7	6.2	4.3	0.72	0.18	5.9	6
As	602	3.84	49.88	19.4	9.45	0.44	36.6	35
Zn	710	10.4	89.8	35.1	17.03	0.43	65.4	65
Pb	675	12.1	92.7	37.1	17.28	0.41	67.8	70
Cu	721	1.7	69.7	25.4	15.51	0.61	56.4	45
Mo	724	0.09	4.17	1.5	0.9	0.56	3.3	2.5
Sb	690	0.75	7.79	4.3	1.35	0.45	8.1	8
W	738	0.4	5.94	3.5	0.93	0.30	5.6	5
Bi	742	0.24	1.96	1.1	0.35	0.43	2.0	2

注:1.样本数为连续剔除均值±3*标准方差(x±3S)后的样品数;2.变异系数=标准方差/均值;3.理论下限值=均值+2*标准方差;4.单位:Au为10⁻⁹,其它为10⁻⁶

AP1 呈北北西带状分布,由一系列雁列式北北西向带状异常组成,异常总长度大于2 km,宽约0.7 km,往北边延伸未封边,主要异常元素为 Au、Ag、As、Cu、Pb,其次为 Zn、Sb(表4)。异常北东边 Au、Ag、Pb 强度较高,均具有三级浓度分带,且套合较好,在异常浓集中心套合有低缓 Cu 异常;南西边主要异常元素为 Cu、Pb、Zn。南部分布有 As、Sb 异常,以 As 异常规模最为强大。Cu、Pb、Zn 等异常与 Au、Ag 套合较好、尤其 Pb 与 Au、Ag 套合极好。

AP2 呈近南北展布,由一系列近南北向带状异

常组成,有多处浓集中心,异常总长度约2 km,宽约0.5 km,主要异常元素为 Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn(表5)。除 As 元素分布在南部外,其余各元素均套合较好。异常规模以 As 居首,其次为 Au;衬度 Au 居各元素衬度之首,其次为 As;各元素高值点套合极好,Au 高值达 2485×10^{-9} ,Ag 高值达 167×10^{-6} 。

4 异常查证结果

对土壤异常展开查证工作,发现异常区存在民

表4 东山楼工区AP1综合异常参数表

Table 4 AP1 composite anomaly of soil survey in Dongshanlou Au-Ag deposit

异常元素	Au	Ag	As	Sb	Cu	Pb	Zn
面积	0.252	0.236	0.236	0.04	0.208	0.216	0.06
最高值	1420	178	292.6	25.5	421.8	6867	2869
平均值	103	1.35	108.4	16.85	74.2	370	262
衬度	17.5	11.3	5.6	3.9	2.9	10.0	7.5
规模	4.40	2.66	1.32	0.16	0.61	2.15	0.45
背景值	5.9	0.12	19.4	4.3	25.4	37.1	35.1

注:衬度 = 异常平均值 / 背景值, 规模 = 衬度 × 面积, 各元素单位 Au 为 10^9 , 其余为 10^6 , 面积单位为 km^2

表5 东山楼工区AP2综合异常参数表

Table 5 AP2 composite anomaly of soil survey in Dongshanlou Au-Ag deposit

异常元素	Au	Ag	As	Sb	Cu	Pb	Zn
面积	0.064	0.056	0.34	0.076	0.104	0.06	0.076
最高值	2485	167	915	104	146	986	921
平均值	71.6	0.6	220.6	17.4	71.8	295.5	195
衬度	12.1	5.0	11.4	4.0	2.8	8.0	5.6
规模	0.78	0.28	3.87	0.31	0.29	0.48	0.42
背景值	5.9	0.12	19.4	4.3	25.4	37.1	35.1

注:衬度 = 异常平均值 / 背景值, 规模 = 衬度 × 面积, 各元素单位 Au 为 10^9 , 其余为 10^6 , 面积单位为 km^2

采现象。经民窿调查和槽探揭露(间距约 200 m), 发现规模较大的金银矿(化)体 5 条。化探异常与矿体、矿化体吻合, 属矿致异常。通过 1:1 万地质测量等工作, 发现工区为一个轴部向南倾斜的背斜, 断裂以 NNW 向和近 S-N 向为主。金银矿体主要分布在背斜的两翼 AP1、AP2 中, 受断裂控制。AP1 沿 NNW 向断裂带状展布, 以 Au、Ag 异常最突出, 该异常内发现规模较大的金银矿体 4 条; AP2 沿近南北向断裂带状分布, Ag 异常分布连续, 套合有 Au、Pb 等高强度异常, 该异常内发现规模较大的矿体 1 条(图 2)。含矿破碎带较连续, 由硅化岩、硅化碎裂岩、石英脉、构造角砾等组成, 断层面清晰, 擦痕、阶步明显。矿体宽 0.2 ~ 2 m, 局部宽可达 7 m, 走向 $330^\circ \sim 350^\circ$, 较陡峭, 倾角 $60^\circ \sim 80^\circ$, 倾向南西, 单条矿体长 200 ~ 2000 m, 矿化不均匀, 矿化较好段一般长 150 ~ 300 m, 矿化较差处一般仅见金银矿化破碎带。矿脉在倾向和走向上均呈舒缓波状延伸, 在断裂膨大部位厚度变大, 呈透镜体状, 在断裂收缩部位厚度变小甚至尖灭^②。

矿石主要类型为金银共生矿石, 其次为金银铅

锌矿石。据民窿采样结果, 一般 Au: $(1 \sim 5.7) \times 10^{-6}$; Ag: $(48 \sim 1300) \times 10^{-6}$, 多个样品具铅锌矿化, 个别样品铅锌可达工业品位。金属矿物有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、赤铁矿, 脉石矿物为长石和石英。矿石结构以半自形粒状和它形粒状为主。矿石构造有块状和浸染状两种。近矿围岩蚀变主要有黄铁矿化、硅化、绿泥石化。据矿床地质特征, 初步认为该矿床为中-低温热液充填交代型。

5 主成矿元素分析

主成矿元素与主要伴生元素在土壤中会有所反映, 根据他们的地球化学特征去判别矿床的主成矿元素和伴生元素。本文选择衬度异常量对矿区主成矿元素和伴生元素进行评价。衬度异常量定义为元素的面金属量与其背景值的比值, 此处面金属量 = (异常平均含量 - 背景值) × 异常总面积。成矿元素的异常含量、异常规模及组合分带的清晰程度可从衬度异常量这个指标上得到很好的反映。有高强度异常的元素(内、中、外分带明显)与区内的主成

表6 各元素衬度异常量统计表

Table 6 Statistics of elements contrast abnormal of soil survey in Dongshanlou Au-Ag deposit

元素	背景值	异常总面积	异常平均含量	面金属量	衬度异常量	成矿元素组合
Au	5.9	1.10	97	100.3	17.0	
Ag	0.12	0.53	2.75	1.4	11.6	
B	160.3	0.87	577	361.9	2.3	
Sn	4.3	0.18	13	1.6	0.4	
As	19.4	1.45	126.6	155.9	8.0	
Zn	35.1	0.46	137.2	46.7	1.3	
Pb	37.1	0.96	214	170.3	4.6	Au、Ag、As、Pb
Cu	25.4	0.50	68.4	21.7	0.9	
Mo	1.5	0.66	3.8	1.5	1.0	
Sb	4.3	0.60	13.9	5.8	1.4	
W	3.5	0.60	7	2.1	0.6	
Bi	1.1	0.55	3.7	1.5	1.4	

注:1.面金属量=(异常平均含量-背景值)×异常总面积;2.衬度异常量=面金属量/背景值;3.单位:Au为 10^9 、其它为 10^6 、面积为 km^2

矿元素及主要伴生元素相对应。

工区各元素衬度异常量统计结果见表6。衬度异常量高的元素为主成矿元素及主要伴生元素。从统计数据来看(表6),工区成矿元素组合为Au、Ag、Pb、As,结合矿区地质特征,认为区内主成矿元素为Au、Ag、Pb、As、Cu、Zn等主要的成矿指示元素或伴生元素。

6 找矿潜力分析

矿区构造和岩体均较发育,围岩蚀变强烈,已发现采矿窿多处,且在AP1和AP2内已发现有较好的金银矿化体。此外,在东山楼金银矿区西部1.5 km分布有韞山崇铅锌矿床,该矿床为中-低温热液充填(交代)型的小型脉状矿床,成矿受北西向破碎带控制,矿体在垂向上具有分带性,上为金银矿,下为铅锌矿。本矿区与韞山崇铅锌矿同处在大镇铜多金属矿田内,地质特征颇为相似,推测深部具有寻找铅锌矿的潜力。

总体来看,矿区异常强烈,异常元素组合为Au-Ag-Pb-As (Zn-Cu),主成矿元素为Au、Ag、Pb (Zn)。矿(化)体赋存在泥盆系中统老虎头组顶部、东岗岭组底部(D_2d^1)层位,受北西向断裂控制,在走向和倾向上均呈舒缓波状延伸,推测深部延伸较大。矿床在垂向上可能存在分带性,即上为金银矿,

下为铅锌矿。AP1、AP2为矿化有利地段,具有寻找金银(铅锌)矿的找矿潜力,进一步工作有望寻找到成型的金银(铅锌)矿床。

7 结论

通过1:1万土壤测量及查证工作,在异常浓集中心发现了较好的金银矿(化)体,表明土壤测量在该矿区找矿效果显著。依据1:1万土壤测量异常特征及数理统计,结合矿区地质特征,圈定了AP1、AP2两处找矿潜力较大区段,确定了矿区主要成矿元素为Au、Ag、Pb(Zn),为今后该区开展找矿工作提供重要依据。

注释:

- ①广东省地质调查院.广东雪山嶂地区铜金多金属矿预查.2011.
- ②广东省地质调查院.广东英德金门-雪山嶂铜铁铅锌矿产远景调查成果报告.2014.

参考文献:

- [1]饶筑平.地球化学简明教程[M].重庆大学出版社,1990,4;
- [2]王崇云.地球化学找矿基础[M].地质出版社,1987,10;
- [3]刘立本.地球化学基础[M].北京大学出版社,1994,9;
- [4]王子正,唐菊兴,郎新海.土壤地球化学测量在隐伏矿体勘探中的应用[J].西部探矿工程,2007,3:92-95;