

致。矿下晕小于矿上晕，呈尖灭趋势。因此认为，所见矿体规模虽小，但整个矿床剥蚀深度不大，其主矿体—锌硫矿体还在下部，钻孔验证，深部见到了铜矿体、锌硫矿体，矿体规模较小。

普查找矿阶段，异常区基础地质工作少，虽有个别验证孔，但有许多地质问题尚不清楚，使异常解释、资料整理有一定困难，因此，要在掌握已知矿的成矿规律及区域单矿物资料的基础上，利用钻孔原生晕计算元素相关系数，绘制谱系图，确立元素组合关系，进而判断矿体的矿石矿物组合类型，为异常解释提供依据。在德元胜等地，根据工业矿体的品位资料，得出了该区矿石矿物组合类型为：铜矿体是黄铜矿，黄铁（磁

黄铁）矿、闪锌矿和方铅矿；锌矿体是闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁（黄铁）矿；硫矿体是黄铁（磁黄铁）矿，黄铜矿、闪锌矿、方铅矿。这一结果与区内沉积变质型矿床特点一致。

由于本区化探基础工作少，多数地区研究程度低，加上笔者水平有限，错误之处请批评指正。本文曾得到金正才同志的帮助，图件由周燕平同志清绘，在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 李惠等，地质与勘探，1982，No 12，52~58页
- [2] 吴锡生，物探与化探，1981，No 2，106~108页
- [3] 郭积忠，甲生盘类型多金属矿床物化探找矿方法的讨论，1982，（内部）

永平铜矿区土壤异常特征

林时坚 汤毓秀 孟广澄 刘建勳

永平矿区勘探初期，江西省地质局物探大队、地矿部第九物探大队904队、地科院等单位分别在矿区及其外围作过土壤测量、磁法、自电和岩石测量等物化探工作。1981年我们对矿区以往物化探成果进行了重新整理和初步研究，认为矿区土壤测量效果最佳。经对全区多元素土壤异常的剖析和岩矿地化特征对比，对这种复杂类型矿床的地化异常模式有了初步认识，为分析矿区成矿地质条件提供了一定的地化资料，现将矿区土壤地球化学测量成果作如下简介。

矿区地质概况

矿区位于北武夷隆起带北缘之东乡—铅山—江山近东西向深断裂带的南侧，铜矿床处于南北向天排山倒转背斜的东翼，矿带受到倒转背斜和北北东向断裂控制。矿区以混合岩系为基底地层，盖层为石炭—二迭系，中石炭统叶家湾组为矿区主要含矿层位，岩性为石英砂岩、粉砂岩、千枚状页岩、灰岩等，局部夹一、二层火山喷出一喷发岩。十字头至火烧岗一带见有以似斑状黑云母花岗岩为主的浅成复式斑杂岩体，出露面积为

0.65 km²，属燕山早期产物，呈岩珠状产出。与围岩接触关系一般为突变型，局部与混合花岗岩呈渐变过渡，围岩蚀变有夕卡岩化、硅化、大理岩化、碳酸盐化、萤石化和重晶石化等，其中夕卡岩化、硅化与矿化关系最密切。矿石矿物以黄铜矿、黄铁矿、白钨矿为主，赤铁矿、孔雀石、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿次之。矿（矿化）具水平分带，十字头的钨矿（化）—天排山的铜、钨、黄铁矿—观音石、应天寺的铅锌矿。矿床成因复杂，目前观点甚多，其中以层控和夕卡岩型或广义夕卡岩型论者居多。

矿区地球化学特征

（一）岩石中微量元素的丰度

各类岩石中微量元素的平均含量见表1。

1. 矿区主要含矿围岩为灰岩、千枚岩、石英砂岩、绢云母石英砂岩，后两者Cu含量偏高。中石炭统叶家湾组中呈夹层产出的凝灰岩，Cu含量高达654 ppm，Sn，Mo含量也偏高。

2. 似斑状黑云母花岗岩中Cu平均含量为48 ppm；Mo平均含量为38 ppm，Mo是同类岩石

岩石中微量元素平均含量 (ppm)

表 1

层位及岩性	岩石名称	Cu	Pb	Zn	Ag	As	W	Sn	Mo	Bi	Mn	Cr	Ni	Co	V	Ti	样品数	备注
C ₂ y	灰岩	23	37	47	0.5	<50	×	5	3	×	1320	<50	12		<50	1000	26	
	千枚状页岩	18	28	<30	<0.2	<50	30	5	2	10	100	17	10	10	11	1763	19	
	石英砂岩	48	47	<30	0.42	<50	14	4	1	16	394	16	<10	<10	20	1000	38	
	绢云母石英岩	71	19	<30	<0.2	<50	39	5	2	10	<100	64	10	10	45	1633	15	
	细砂岩	65.4	46	68	×	×	×	11	6	×	542	76	49	<10	20	1000	8	
酸性岩(脉)	石英长石斑岩	48	498	243	1.07	12.4	×	2	1	×	120	<20	×	<10	<20	1000	32	
	石英斑岩	33	33	<30	0.41	<50	28	2	5	×	100	<20	×	<10	<20	1000	19	
	似斑状黑云母花岗岩	48	13	<30		<50	28	4	38	20	156	23	43	11	69	2370	50	
基性超基性岩	辉石角闪岩	63	8	58	<0.2	<50	×	2	1	×	1285	247	253	96	90	1143	21	
	辉绿岩	64	15	76	<0.2	<50	×	2	1	×	1778	47	100	110	120	2111	9	
	闪长岩	89	3	46	<0.2	<50	×	2	<1	×	1289	160	118	60	48	1944	9	
	杆栏玄武岩	52	4	<30	<0.2	<50	×	2	2	×	900	98	170	62	58	1800	5	
	斜长角闪岩	54	7	80	<0.2	<50	×	2	<1	×	943	40	87	94	69	1714	7	安洲
辉石角闪岩	75	9	66	<0.2	<50	×	2	<1	×	1451	170	185	88	91	1190	51		
混合岩	混合岩	55	15	<50	<0.5	<50	30	<10	<5								583	钻孔岩芯
	均质混合岩	23	75	120	0.2	<50	×	6	<2		3773	23	16	17	27	2125	12	3301孔
	条痕状均质混合岩	12	82	94	<0.2	<50	×	8	<2		1800	<20	<10	<10	38	1600	5	"
	硅化绢云母化碎裂混合岩	25	22	<30		<50	43	4	7		200	20	11	10	38	1620	25	"
	变斑状均质混合岩	24	57	87	0.2	<50	×	8	<1		3333	36	21	17	30	1611	9	"
	混合花岗岩	16	43	80	<0.2	<50	×	5	<1		2000	<20	<10	<10	20	2000	8	"
	混合花岗岩	239	13	<30	<0.2	<50	10	2	22		378	27	13	61	32	1000	50	十字头地表

注* 数据引自912队永平铜矿勘探报告中原始资料(数据为光谱分析结果)

维氏值(1 ppm)的38倍,同时岩体中Mo矿化极不均匀,100ppm以上者并不罕见。石英斑岩和石英长石斑岩均系岩浆期后热液活动的产物,后者Pb含量较高,平均达498ppm,Zn,Ag含量次之。

3.十字头岩体附近的混合花岗岩Mo,Cu含量较高,分别为22ppm和239ppm,而在观音石一带的混合花岗岩Mo,Cu含量甚微。

(二) 铁帽中微量元素的分配

根据铁帽中微量元素的含量(表2)和组合特征可分为:

1.含铜硫化物铁帽(I),包括含铜夕卡岩铁帽(II),两者元素组合大体相同,都以Cu,Mo,Ag含量高为特征,分布于火烧岗、天排山一带。

2.含铅锌硫化物铁帽(III),以Pb,Zn,

铁帽中微量元素含量(ppm) 表 2

铁帽地点	天排山火烧岗	西厢亭	观音石	应天寺	余家寨
铁帽类型	I-II	III	III	III	III
W	24	×	×	×	81
Mo	34	27	7	17	2
Bi	22	126	×	×	×
Sn	5	×	3	25	2
Cu	2168	920	332	282	33
Pb	46	1600	3734	3821	408
Zn	43	3360	245	764	717
Ag	6	3	10	19	21
As	31	240	9375	12178	130
Sb		20	300	951	108
Co		15	10	10	20
Mn	1506	700	200	200	10000
Cr		25	20	20	20
Ni		10	10	10	52
V		20	20	20	20
Cu ₂ Pb+Zn	21.4	0.19	0.08	0.06	0.03
样品数	49	5	32	28	12

注:I含铜硫化物铁帽,II含铜砂卡铁帽,III含铅锌硫化物铁帽。

Ag、As含量高为特征，Cu、Sb、Mo含量也偏高，分布于西厢亭—应天寺一带，与石英长石斑岩和铅黑土的出露范围基本一致。

矿区土壤异常特征

本矿区位于低山丘陵区，气候温暖多雨，铜矿体出露地表，倾角缓，氧化带深达百余米。这为矿区表生地球化学作用提供了良好景观条件，形成范围大、形态完整的土壤异常（图1）。

（一）背景值与异常下限

全区除天排山至应天寺一带见石炭—二迭系外，出露地层多为混合岩系，故土壤异常背景值与异常下限主要根据取自混合岩地段的土壤样数据确定（表3）。

背景值和异常下限（ppm） 表3

类别	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn	Ag	As
背景平均值	1	5	23	10	37	0.2	50
标准高差		2	9	10	10		
异常下限	5	10	40	60	60	0.5	50
样品数		200	200	200	300		

（二）异常浓度及分布

矿区土壤异常带南北长约5 km，宽近3 km，远大于矿体出露范围。矿区Cu异常范围最广，由若干个呈长椭圆状的不连续的异常组成，异常沿石炭—二迭系和F₁、F₂断裂方位分布，Cu异常中心位于天排山铜矿带，一般含量

在800 ppm以上，往北浓度递减，至应天寺一带Cu异常降为200 ppm左右。十字头岩体上出现一个范围较大的饼状Mo异常，Mo平均含量80 ppm，往北至应天寺一带降为10~20 ppm。W、Sn异常呈岛弧状出现在岩体接触带，即天排山矿带上，W 800 ppm，Sn 80 ppm，岩体上W、Sn含量偏高。此外，应天寺有含量达30 ppm的W、Sn异常。Pb、Zn、Ag、As异常重叠对应较好，其空间分布似帚状，向北发散，收敛于天排山矿区，单个异常多呈北北东向平行侧列，其异常含量Pb为4000 ppm，Zn为1600 ppm，浓集中心和最大离差都分布在观音石区段（图1）。Ag、As的浓集中心和最大离差位于应天寺，异常含量Ag 20 ppm，Sn 1000 ppm，Pb、Zn、Ag、As异常处还伴有Cu、Sb异常，但浓度不高，Sb只是局部出现

（三）异常水平组份分带

1. 顺层水平分带：从十字头至应天寺，异常元素组合、浓集中心和最大离差基本是沿石炭—二迭系层位呈单向渐变。Pb、Zn、Ag、As含量有递增趋势，Cu含量递减。十字头以Mo异常为主；天排山为Cu、W、Sn（Mo、Pb、Zn）异常；西厢亭为Cu、Pb、Zn异常；观音石和应天寺一带则是以Pb、Zn、Ag、As为主的异常。这与各区段的矿物组合及相应的成矿温度变化趋势基本一致（表4），反映出岩浆热液控晕的特征。

土壤异常顺层水平分带

表4

异常区段	十字头	天排山 火烧岗	西厢亭	观音石	应天寺
元素组合	Mo, Cu	Cu, W, Sn (Mo, Pb, Zn)	Cu, Pb, Zn	Pb, Zn Ag, As	Pb, Ag, As
最大离差S*	S _{Mo}	S _{Cu} , S _W (S _{Sn} , S _{Zn})		S _{Sn} , S _{Pb} S _{Zn}	S _{Ag} , S _{As} , S _{Sb}
浓集中心	Mo	Cu, W, Sn (Mo, Zn)	Cu, Pb, Zn	Zn, Pb Ag, As	Ag, As (Pb, W, Sn, Cu, Zn, Mo)
矿物组合	辉钼矿	铜钨硫化物	铜铅锌矿化	铅锌矿(化)	铅锌矿(化)
成矿温度	高中温				低温

*为元素离差最大值所在区段。

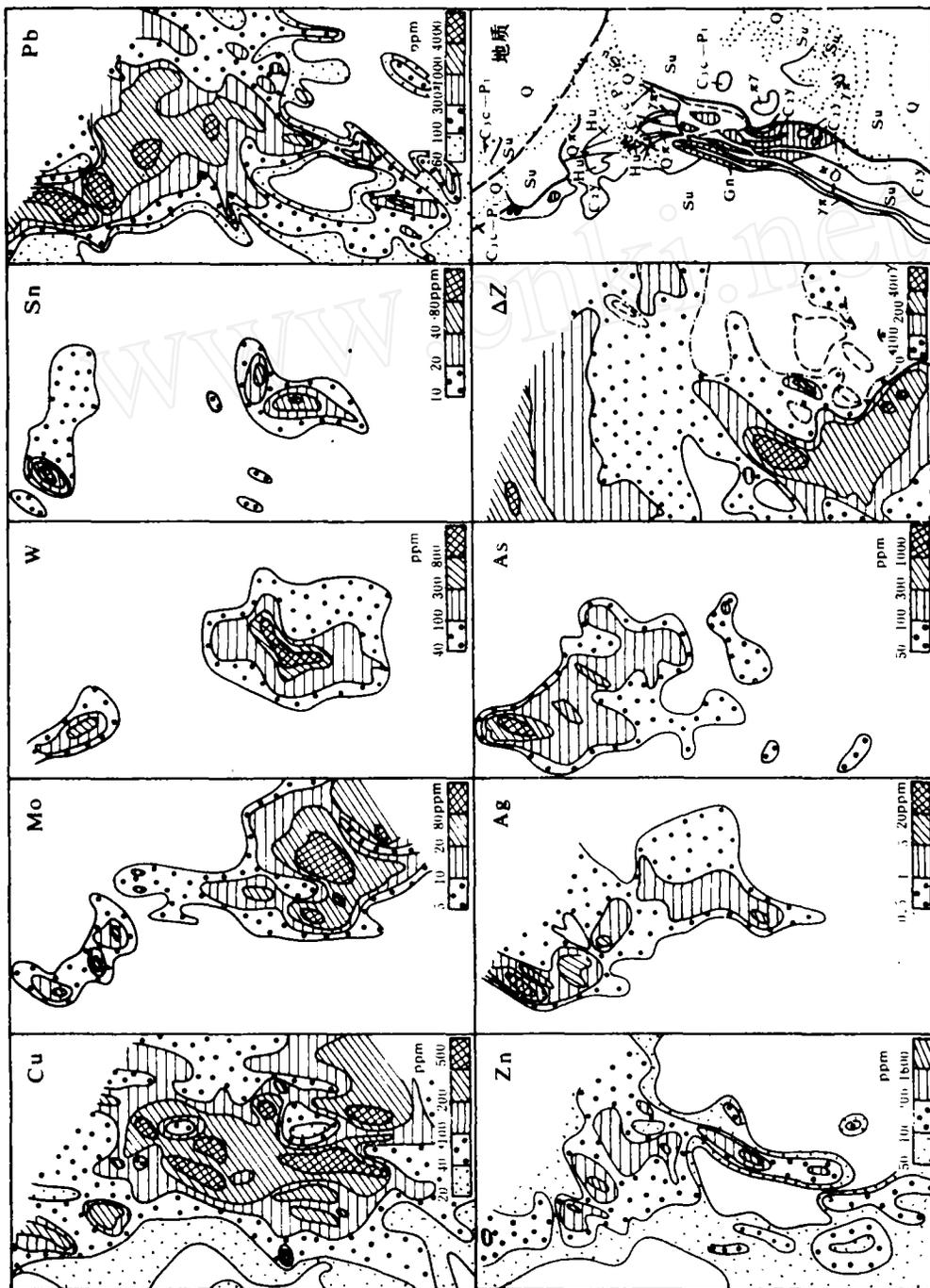


图 1 矿区土壤异常剖析图

Q—第四系；C、c—P₁—上石炭统船山组—下二迭统；C、y—叶家湾组；y*—似斑状黑云母花岗岩；y*—花岗斑岩；O*—石英斑岩；Hu—铅黑土；Gn— garnet 带铁帽；Su—混合岩

2.水平同心分带: 矿区土壤异常以十字头岩体为中心, 具水平同心分带特征(图2)。在十

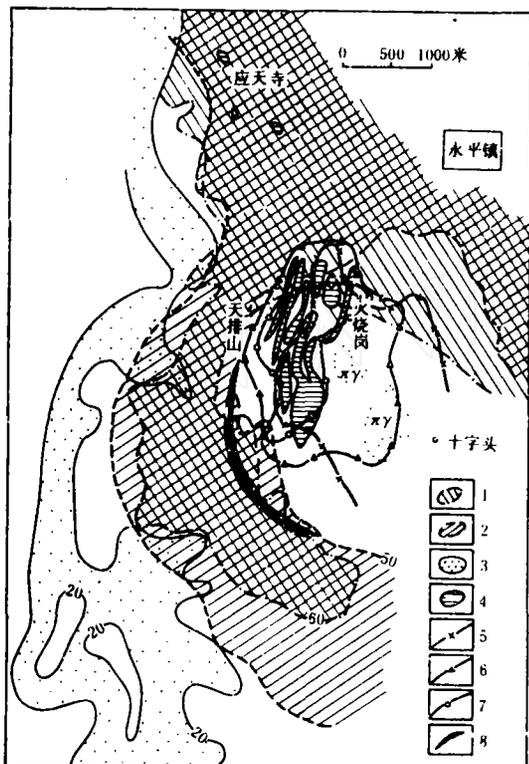


图2 矿区土壤异常水平同心分带图

xy—似斑状黑云母花岗岩; 1—Pb > 60 ppm异常区; 2—Zn > 50 ppm异常区; 3—Cu < 20 ppm低值区; 4—铁铜矿体; 5—Mo = 10 ppm等值线; 6—W = 40 ppm等值线; 7—Sn = 10 ppm等值线; 8—磁异常轴

字头岩体周围呈现含量在10 ppm以上的Mo异常, 异常西部叠加有W, Sn异常, 外侧出现一条宽约500米的同心半圆环状的Pb, Zn高背景带, 含量在100~200 ppm(环带东南部未封闭是因未做工作), 在此还叠加了一个呈弯月状、强度为400余伽马的ΔZ异常, 异常弧心也朝向岩体。在Pb, Zn高背景带的西侧是一条低于20 ppm Cu的低背景带。以十字头岩体为中心的异常同心分带也反映了由岩浆热液所引起的地球化学场的空间分布特征。

(四) 异常元素组合及分布模式

本区土壤异常为多元素、多形态、多种矿化类型叠加的综合异常, 在不同地质部位, 异常叠加程度不同, 在十字头岩体上, 以Mo为主的异常反映了岩体Mo矿化特征; 在天排山矿带上, 以Cu, W, Sn异常为主反映了天排山铜、钨、硫铁矿的矿化特征; 在观音石至应天寺一带是以偏低温的Pb, Zn, Ag, As为主的异常, 反映了岩浆期后热液活动所致的铁帽、铅黑土和石英长石斑岩的矿化类型。

根据异常元素间的亲疏程度, 采用R型因子分析和模糊聚类分析对矿区土壤异常进行分类, 因子分析结果(表5), 其斜交参考因子解得三个公因子(累积方差贡献达96.04%), 因子结构和因子模型的相应载荷基本一致, 说明各公因子互相独立。模糊聚类分析与因子分析结果也非常

八个区段土壤异常平均值的因子分析和模糊聚类分析结果 表5

F ₁ 因子		F ₂ 因子		F ₃ 因子		元素	相关系数
模型	结构	模型	结构	模型	结构		
0.2924	-0.0242	1.0397	0.9579	0.0440	0.0753	Pb	0.9
0.1742	-0.1084	1.0345	0.9744	0.0907	0.0314	Zn	0.8
0.9222	0.7001	0.7274	0.4592	0.0328	0.1182	Ag	0.7
1.0403	0.9551	0.1683	-0.1234	0.1481	0.0861	Sn	0.6
1.0597	0.9449	0.1618	-0.1228	-0.2787	-0.0392	As	0.5
1.0418	0.8836	0.2580	-0.0152	-0.3413	-0.1155	Sb	0.4
-0.1507	0.0332	0.1743	0.1231	0.9758	0.0224	Cu	0.3
-0.2853	-0.0028	-0.1297	-0.1840	0.9527	0.9016	W	0.2
-0.2885	-0.2013	-0.1794	-0.1085	0.1425	0.0905	Mo	

吻合, 各公因子主要成分都与相同变量的簇团相对应, 如取0.6为相似水平, 聚类分析所得的三个簇团(Pb, Zn, Ag, As, Sn, Sb; Cu, W

和Mo)和上述定性分类比较, 除Sn元素外, 结果基本一致。W, Sn与Cu的关系比较复杂, 但Cu异常的范围远大于W, Sn, 异常机制也不同, 故

至数十米的层凝灰岩、凝灰岩和砂质凝灰岩，其Cu含量达654ppm，其他元素含量均低，区内其他地层Cu的丰度一般低于30ppm。

从黄铁矿单矿物中的Co, Ni, S, Se含量及Co/Ni, S/Se比值(表6)来看,永平矿区黄铁矿的Co/Ni > 1, 据有关研究文献的统计表明,此种黄铁矿一般系内生而成,其Cu含量不是来源于古陆剥蚀区。同时,永平和枫林、白银厂、拉拉厂等火山作用有关的铜矿床中黄铁矿的Co/Ni, S/Se, 和Co, Ni含量都比较接近,而与德兴斑岩型铜矿的Co/Ni(0.18)相差较大,由此分析,永平矿区含铜黄铁矿的成因可能与火山作用有关。

2.铜与十字头岩体的关系:矿区土壤异常具有以十字头岩体为中心向外作顺层水平分带和同心分带的特征,从岩体往外,由高温元素(Mo, W, Sn)递变为低温元素(Pb, Zn, Ag, As),这种规律分布充分反映了受岩体制约的地球化学场的分布特征。钻孔原生晕的分布也是如此,即在岩体上为Mo的浓集中心,Cu异常在岩体上不高,在偏离岩体一定距离处出现Cu的浓集中心。地质上所圈的铜矿体的膨缩尖灭,也是在接近岩体时,不管矿体厚度如何,均迅速尖灭或分叉尖灭,而至岩体一定距离(约300~400米)时,似呈同心环状的增厚又变薄,说明不是越靠近岩体,矿体越厚,但一个矿体的厚薄变化不可能与岩体无关。

从岩体岩石(48个样)中元素间偏相关系数(r')矩阵(表7)来看,Mo是岩体矿化的特征元素。与Mo密切相关的是W($r' = 0.48$),Sn接近临界值,Mo与Cu为负相关($r' = -0.31$),故Cu和Mo不可能共富集于岩体中。从而表明岩体中成矿元素之间的亲疏程度和相应元素的异常分布是一致的。即与Mo偏相关系数越大的元素其异常分布越靠近岩体,反之则远。虽然Cu,

岩体元素偏相关系数矩阵 表7

	W	Mo	Sn	Cu	Pb
W	1	0.48	0.21	0.14	0.10
Mo		1	0.21	0.31	-0.10
Sn			1	0.10	0.15
Cu				1	-0.51
Pb					1

$$r_{Cu, Mo} = 0.28$$

Mo不共存于岩体,但Cu及其他元素的异常分布与十字头岩体的关系还是相当密切的,即使岩体本身不携带铜质,而它的成岩温度、压力等物化条件的变化,对某些元素的活化转移以至富集成矿,都有着重要意义,因此,十字头岩体应是矿区控晕控矿的重要因素之一。

(二) Mo和W, Sn异常

10ppm Mo异常等值线基本上包容了十字头岩体,似斑状黑云母花岗岩的Mo平均含量为38ppm,其他元素含量不高,因此,Mo异常是岩体Mo矿化的直接反映。似斑状黑云母花岗岩中W, Sn丰度不高,但W, Sn和Mo的偏相关系数偏高,且W, Sn异常在矿区均呈岛弧状紧依十字头、火烧岗岩体分布,离开岩体接触带异常消失,故W, Sn异常的形成可能与岩体有关。

(三) Pb, Zn, Ag, As异常

观音石、应天寺一带的Pb, Zn, Ag, As异常,范围大,含量高,Pb含量大于Zn含量,相应Cu, Mo含量也偏高。异常区有呈陡倾角产出的石英长石斑岩,还见有铅黑土,高岭土残积和含Pb, Zn硫化物铁帽露头,它们的元素组合与该异常元素组合基本一致,因此,该异常应是岩浆期后以Pb, Zn为主的含矿热液活动及次生富集作用结果的综合反映。

综上所述,永平铜矿床应是多因素复合控制成矿的,但以岩浆热液作用为主。