目　录

大银尖铜、钼矿区的发现……王永祥　朱　琦（河南省地质局物探队）　（1）
钻孔原生晕在鄂东铁铜矿产普查勘探中的作用
……周亚特　汪金华（湖北省地质局第一地质大队综合分队）　（10）
狮子山地区矽卡岩型铜矿床原生晕的研究及其找矿评价经验
……邵　跃（地质矿产部物探研究所）　（15）
沙溪斑岩铜矿地球化学异常及其找矿效果
……朱炳球　徐外生（地质矿产部物探研究所）　（27）
化探在大平山铜矿床的发现和勘探中的作用
……张作训（江苏省地质局第一地质队）　（43）
青海草原牧区地球化学找矿方法的研究
……邵　跃　羌荣生　李玉清（地质矿产部物探研究所）　（51）
大冶铜录山铜铁矿床成矿元素地球化学分带特征及其找矿意义
……周亚特（湖北省地质局第一地质大队）　（59）
竹山银洞沟铅锌矿原生晕找矿效果
……冯钜昌　李兆荣　张锡朋（湖北省地质局第五地质队）　（71）
一个斑岩钼矿的发现……（广东省地质局物探队）　（78）
蟒岭区域化探的找矿效果……薛友智（陕西省地质局区调队）　（83）
广东桂峰矿区的发现及其找矿前景
……苏成曼（广东省地质局七〇六地质队区测分队）　（91）
西藏东部斑岩铜矿地球化学异常特征初步探讨……任迪昌　（97）
某钼矿床的发现……（广东省地质局物探大队）　（104）
汞法找铀矿实例……李秀季　游云飞（北京铀矿地质研究所六室）　（108）
一个斑岩钨钼矿床的发现
……胡　斌（江西省地质局第一物探队）莫名贡（江西省地质局九一六地质队三分队）　（114）
根据物化探异常讨论连阳岩体东南缘控矿因素及其找矿远景
……谢经城（广东省地质局物探队科技室）　（120）
用水系沉积物测量发现的一个黑色页岩型银钒矿
……单　毅（湖北省地质局第七地质大队）　（127）
吉林省西部及其邻区寻找铜矿的土壤测量工作
……陈存礼　陈玉新（吉林省地质局物探队）　（131）
吴努克头山铜钼矿区化探找矿效果
……尹玉贤（黑龙江省地质勘探公司物探队）　（141）
桂北崇洞湾锡一多金属矿床的发现

……李自南（广西壮族自治区地质局区调队） (146)
吉林省通化西部地区的区域化探工作
……张成梁　查金亮（吉林省地质局区调大队） (150)
化探在找钒铝矿中的应用
……黄武胜（广西壮族自治区地质局区调队化探组） (156)
一个运用土壤地球化学方法找磷矿的实例
……姚志强（辽宁省地质局区调二队化探分队） (161)
苗龙金矿地球化学特征及其找矿意义
……汪修经　粟雨龙（贵州省地质局物探大队） (164)
在次火山岩型金矿上的化探实验工作
……陈存礼　陈玉新（吉林省地质局物探队） (171)

大银尖铜、钼矿区的发现

王永祥　　朱　琦

河南省地质局物探队

大银尖铜、钼矿位于一个多金属成矿带上，行政区划属河南省南部某一公社。交通方便，有公路直通县城。

该矿是根据河南省物探队六分队1:5万的化探土壤测量所圈定的Cu、Mo异常，经1:1万详查，后经钻探验证而发现的一个具有工业价值的多金属矿床。

一、区域地质概况

（一）地层

区内出露地层为下元古界天台山群黄毛睦组（Pt_1h），由二长片麻岩，白云钾长片麻岩，白云斜长片麻岩，夹条带状浅粒岩、斜长角闪岩透镜体所组成。由于广泛的混合岩化作用，形成了各种混合岩和混合片麻岩。上元古界(震旦亚界)苏家河群的许湾组（Zh）和定远组（Z_1d），其岩性为白云二长片麻岩，白云斜长片麻岩，混合岩、浅粒岩等。底部见大理岩透镜体和少量含炭质绢云母石英片岩。经中度变质，混合岩化较轻，局部有眼球状混合岩，与下伏地层为不整合接触。上元古界（震旦亚界）信阳群南湾组（Z_2n）的黑云石英片岩，绿帘云母石英片岩，云母片岩夹少量黑云变粒岩，是一套中—浅变质的碎屑岩建造，与苏家河群定远组呈断层接触。

地层走向为北西或北西西向，总的倾向为北北东，倾角为30～70度（见图1）。

（二）构造

本区是秦岭东西向巨型复杂构造带南亚带的东延部分和新华夏构造体系的复合部位。由于受淮阳山字型和千斤山字型以及南北向构造的叠加，区内断裂构造变得复杂化。

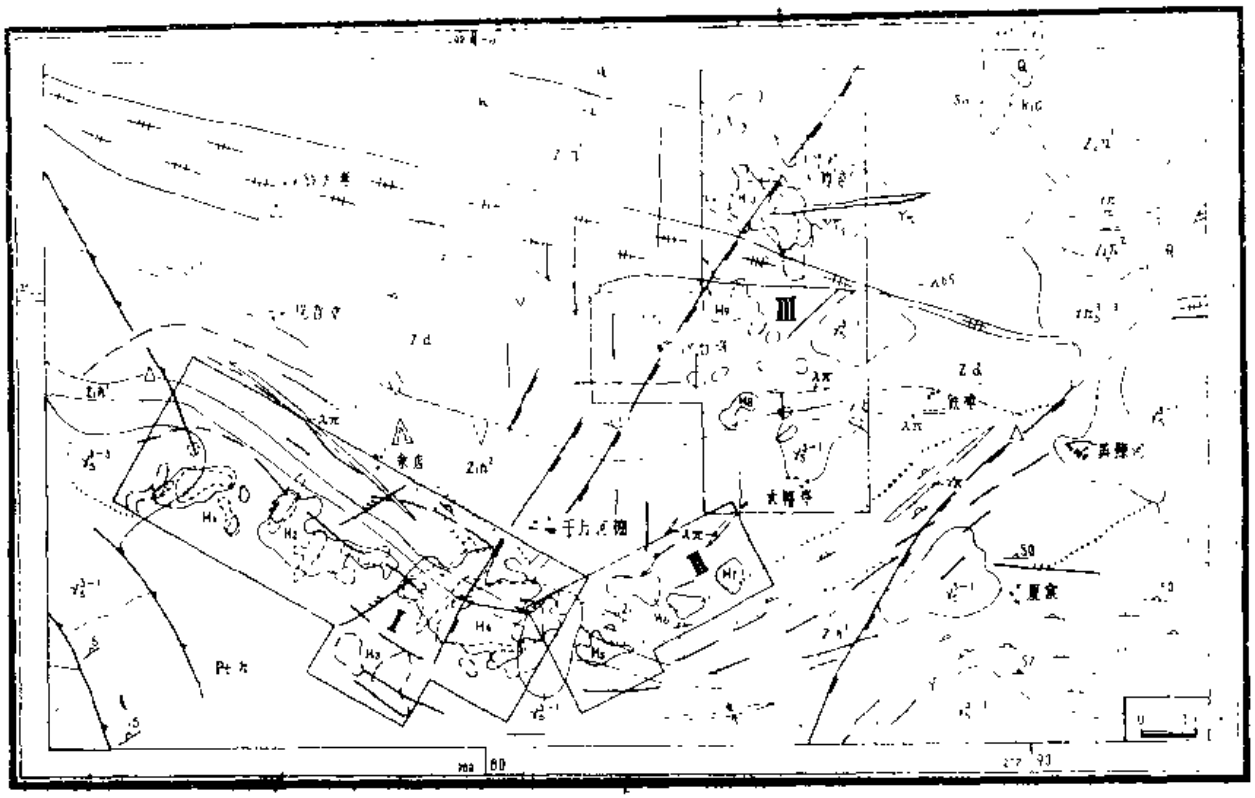
东西向大断裂有桐（柏）—商（城）大断裂，在本区表现为强烈的挤压特征。挤压破碎带宽达数百米-数公里，为控矿构造。

千斤山字型构造，展布在观音堂—吴陈河一带，脊柱位于王母观以东，沙石湾、许店、大帅象一带。它的形成时期应当在淮阳山字型的中—晚期。工区内主要化探异常与千斤山字型关系密切。矿点和矿化点都受到它的严格控制，并按照它的控矿规律展布在不同部位上。

新华夏系构造是后期成矿物质的通道。它的次级配套构造（北东东向压扭性构造）是良好的储矿场所。

北西西的断裂构造，是淮阳山字型在本区的干扰。

在新华夏系晚期，本区发育着成矿的新东西向构造，致使该区矿化受到第二次叠加。构造体系的复合，使该区矿化多次叠加，富集成矿。



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

图 1 工区区域地质图

1—绿帘黑云片岩、绿帘绢云石英片岩及黑云石英片岩等；2—斜长黑云石英片岩、黑云白云片岩、绿帘黑云石英片岩；3—白云斜长片麻岩、石英岩、绢云长石片岩、绢云石英片岩等；4—白云斜长片麻岩、夹大理岩透镜体、眼球状绢云斜长片麻岩；5—白云斜长片麻岩、白云二长片岩、角闪片麻岩；6—含磁铁矿斜长片麻岩，斜长片麻岩；7—花岗斑岩；8—细粒花岗岩；9—燕山晚期花岗岩侵入体；10—辉长岩；11—花岗斑岩脉；12—石英斑岩脉；13—眼球状混合岩；14—向斜轴部；15—新东西向构造；16—新华夏系构造主干断裂；17—北西向构造；18—压扭性断裂；19—铜-磷破碎带；20—片理产状；21—铁云母矿点；22—磷金红石矿；23—铜异常；24—钼异常；25—铅异常；26—详查工区；27—化探异常编号；28—压扭性构造；29—压性构造；30—山字形构造

（三）岩浆岩

区内岩浆活动频繁。岩浆岩广泛发育，主要有燕山期的大银尖似斑状黑云母花岗岩体（γ_5^{3-1}），大帽岭中粒黑云母似斑状花岗岩体（γ_5^{3-1}），徐店中粒花岗岩体（γ_5^{3-1}），烧香尖中粒似斑状花岗岩体（γ_5^{3-1}），烧香尖中细粒花岗岩体（γ_5^{3-3}），等等。岩浆岩的分

布受一定的构造线控制，多分布在桐（柏）—商（城）断裂南侧。本区花岗斑岩、石英斑岩、花岗岩脉等极为发育。在桐（柏）—商（城）断裂以南，脉岩走向多为北东向和近东西向展布，明显受构造控制，花岗斑岩脉内含矿甚微。区内岩体以大银尖铜、钼矿化较为强烈，受后期多次的叠加。其余岩体矿化微弱。大蟒岭岩体和徐店岩体的北接触带在新东西向硅化破碎带内有较明显的辉钼矿化、磁铁矿化、黄铜矿和黄铁矿化等。

二、化探工作成果

（一）概况

为了寻找以铜、钼为主的多金属富集地段，收集和分析了前人资料。1958年以来，该区曾做过不少地质、物化探和坑、井、钻探工作，大吴湾铜矿点和董冲钼矿点也提交过几百吨C_1级储量，虽未取得重大突破，但该区却具备必要的地质、地球化学工作的前提。前人的工作为本区化探工作的开展提供了宝贵的资料，同时，还存在一些问题。通过野外踏勘，在本区开展了1:5万化探土壤测量工作，取得了较好结果，即圈出了七个以铜为主的多金属异常。

化探异常的发现，虽然缩小了找矿靶区，但如何正确评价异常仍然是一项十分重要的工作。比如，以前做过大量工作的大吴湾铜矿点，异常面积不大，强度不高，呈条带状分布，而董冲钼矿点却位于该异常的边缘部分。这两者究竟有什么联系，是值得注意的。但是过去因为异常不显眼而未予以重视。此次我们针对这种情况重新研究了这个异常。结果认为该区确实有值得进一步工作的必要，从而做出新的评价，提出新的认识。因此，于1977年在千斤工区开展了1:1万的化探工作，测网为20×100米^2，采集残坡积土壤，从中择优挑选一些好异常地段，进行岩石测量工作。同时，对不同的岩性，裂隙物质也分别采样，以了解元素的集中与分散的情况。用发射光谱半定量分析样品以原子吸收光谱分析检查其异常的重现性。分析项目为：Cu、Pb、Zn、Mo、Ag、Au、W、As、Bi等元素。

（二）背景值和异常下限的确定

工区内三个不同测区的分析数据经处理后，分别确定了Cu、Pb、Zn、Mo等元素的背景值和异常下限（见表1）。

千斤工区元素背景值和异常下限表　　表 1

测区 / 元素 / 数值(ppm) / 项目	Ⅰ号测区				Ⅱ号测区				Ⅲ号测区			
	Cu	Pb	Zn	Mo	Cu	Pb	Zn	Mo	Cu	Pb	Zn	Mo
背景值	41	15	160	<5	34	15	100	>5	21	11	100	<1
异常下限	100	30	250	10	60	30	200	10	60	30	200	1

（三）异常的圈定及其浓度带的划分

根据确定的异常下限值，对Cu、Pb、Zn、Mo元素进行异常圈定，并按不同等量线予以勾绘。浓度分带按$Cn=2^{n-1}Ca$，Ca为异常等量线值，Ca为元素的异常下限，n为等量线级

元素异常等量线值及浓度分带　　表 2

测区 / 元素 / 数值(ppm) / 级次及浓度带	Ⅰ号测区				Ⅱ号测区				Ⅲ号测区			
	Cu	Pb	Zn	Mo	Cu	Pb	Zn	Mo	Cu	Pb	Zn	Mo
1	100	30	250	10	60	30	200	10	60	30	200	1
2	200	60	500	20	120	60	400	20	120	60	400	2
3	400	120	1000	40	240	120	800	40	240	120	800	4
4	800	240	2000	80	480	240	1600	80	480	240	1600	8
外带	100～200	30～60	250～500	10～40	60～240	30～60	200～400	10～40	60～240	30～120	200～400	1～4
中带	200～400	60～120	500～1000	40～80	240～480	60～120	400～800	40～80	240～480	120～240	400～800	4～8
内带	>400	>120	>1000	>80	>480	>120	>800	>80	>480	>240	>800	>8

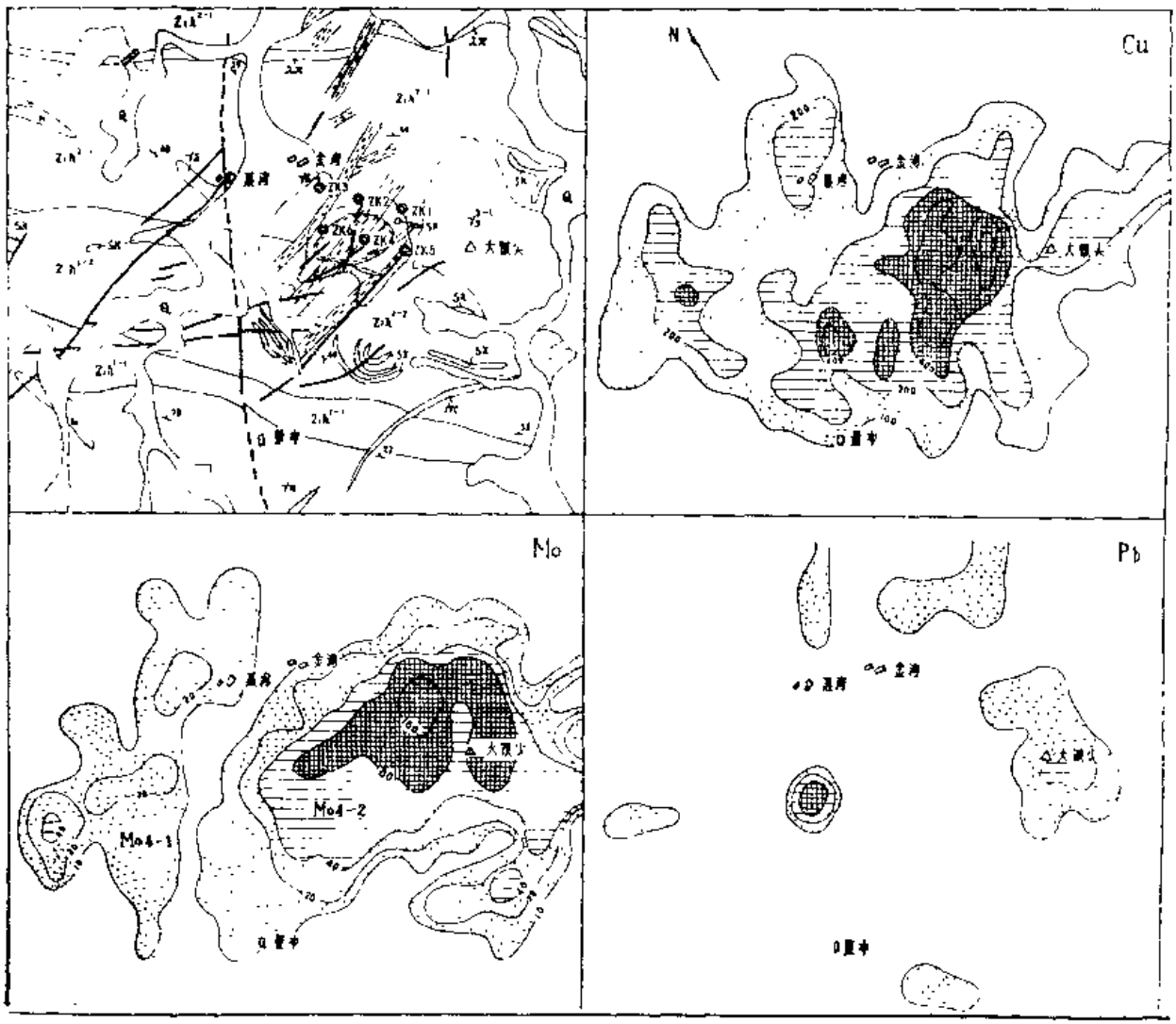


图 2　4号大银尖地质、

1—第四系；2—眼球状绢云母斜长片麻岩，顶部有大理岩透镜体；3—二长片麻岩、角闪片麻
5—含磁铁斜长片麻岩和斜长片麻岩；6—燕山期花岗岩；7—花岗闪长岩；8—花岗斑岩脉；
14—强钾硅化蚀变带；15—化探异常（铜—100～200ppm，钼—10～40ppm，铅—30～60
60～120ppm）；17—化探异常（铜大于400ppm，钼大于80ppm）；

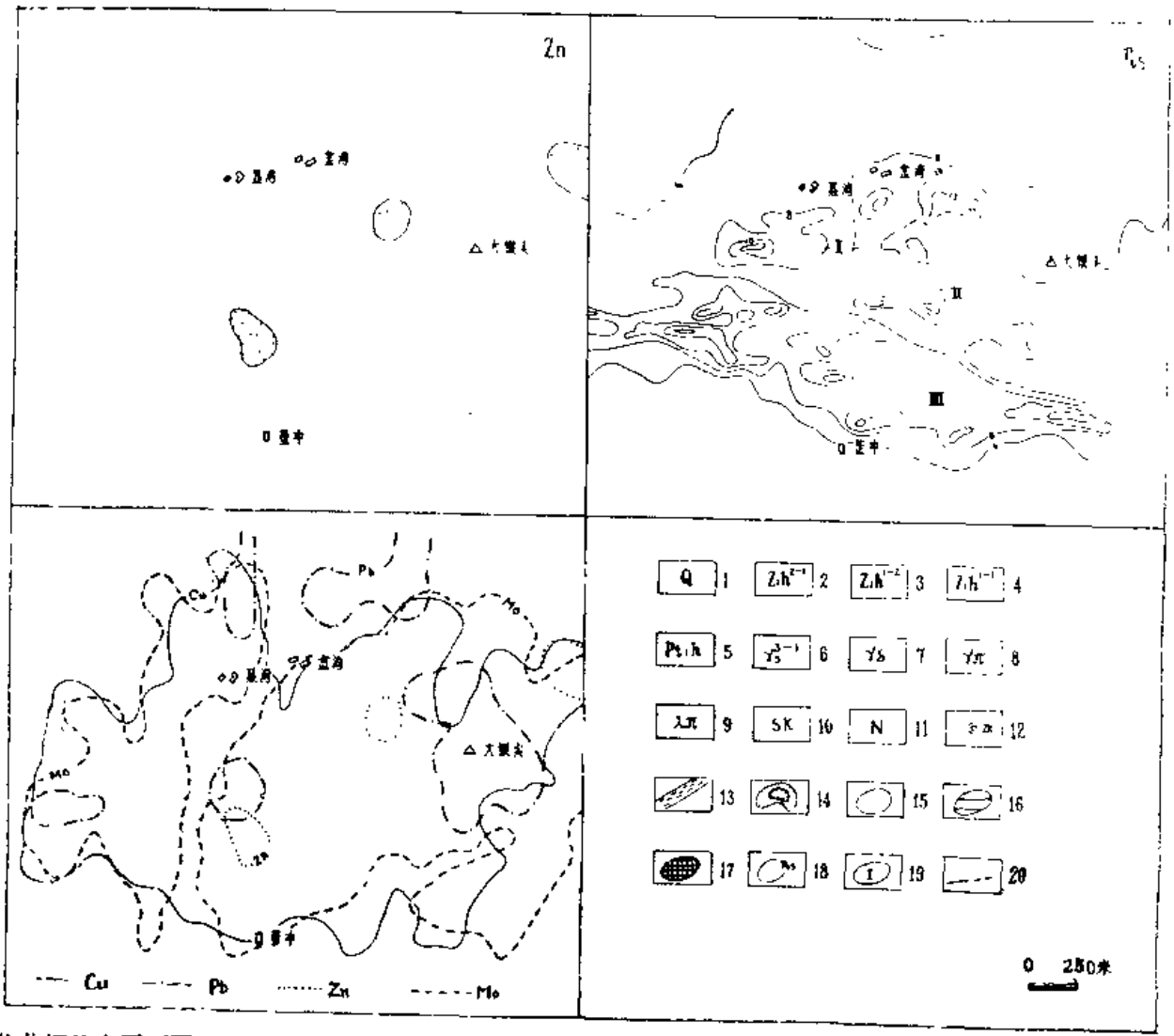
4号土壤异常特征值　　表 3

项目 / 数值 / 异常号	异常面积 S(KM²)	异常强度 (ppm)	异常均值 $\bar{X}$ (ppm)	异常规模 $Ms=S\cdot\bar{X}$ (ppm·KM²)	标准离差 s	变化系数 $Cv=s/\bar{X}$	梯度变化
Cu_4	3.5	般100～400max 769	233	815.5	130	0.56	1－4级异常多个浓集中心
Mo_{4-1}	0.97	一般 10～20 max 50	19	18.43	8.1	0.43	1—2级异常三个浓集中心
Mo_{4-2}	2.55	一般 10～ 30max 240	50	127.5	41.5	0.83	1—5级异常两个浓集中心

次。各元素的异常等量线及其浓度分带的具体数值列入表 2 。

（四）异常特征及评价

工区内共圈定十个多金属元素的异常(见图 1)。此处仅以 4 号Cu、Mo异常为例描述如



物化探综合平面图

岩，顶部夹大理岩、矽卡岩透镜体；4—二长片麻岩、角闪片麻岩、含磁铁斜长片麻岩；9—石英斑岩脉；10—矽卡岩；11—橄辉（闪）岩；12—钻孔及其编号；13—裂隙带；ppm，锌—250～500ppm）；16—化探异常（铜—200～400ppm，钼—40～80ppm，铅—18—视极化率等值线；19—电法异常编号；20—断裂带

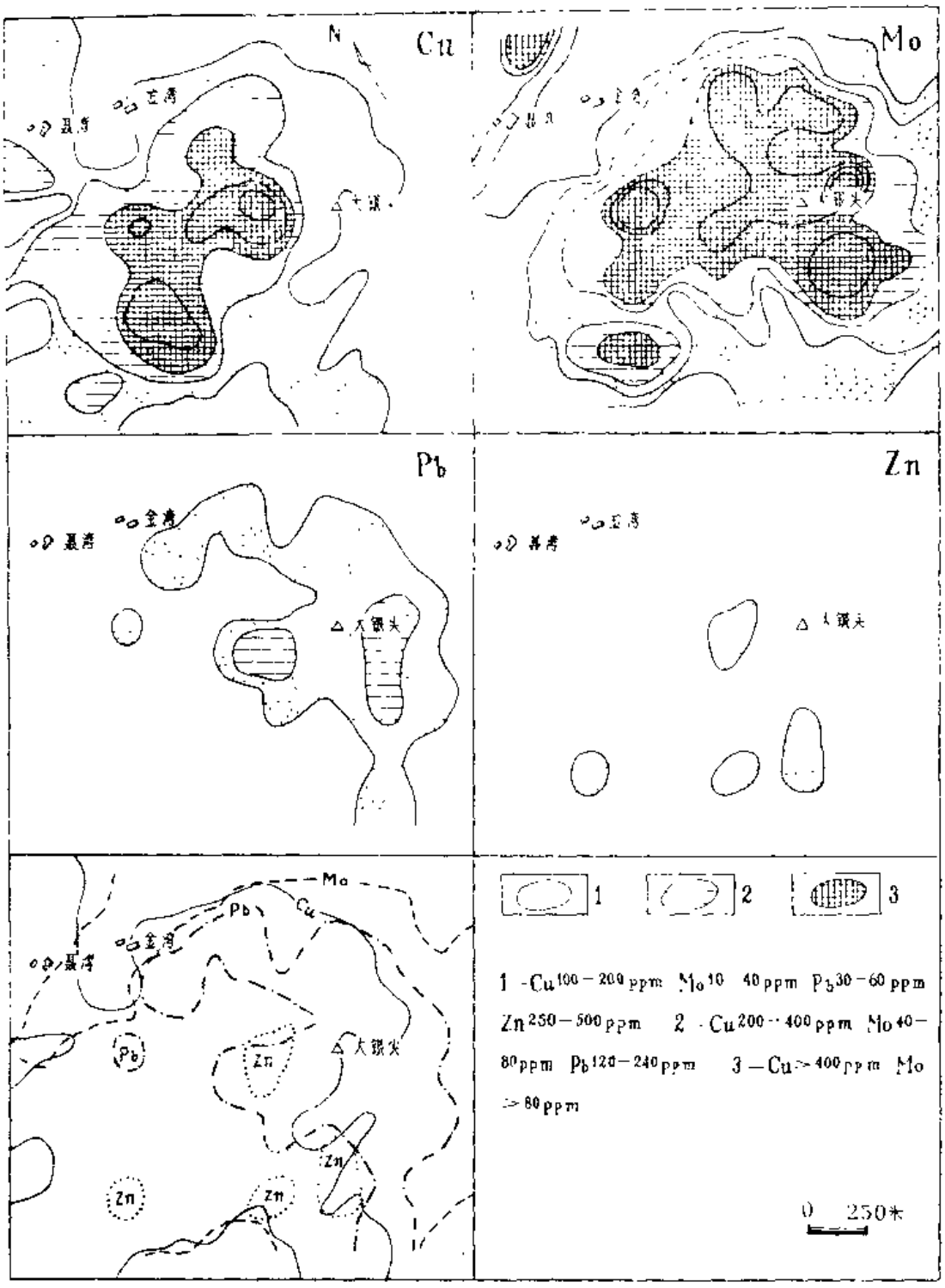


图 3　4 号大银尖岩石地球化学异常平面图

下：

（1） 4 号Cu、Mo异常特征（见图 2 和图 3）：

4 号土壤异常位于千斤公社聂湾、大银尖、董冲一带，测网点线号为80～120点/62～92线，是一个Cu、Mo、Pb、Zn、Ag、W等元素组合的异常（见图 2）。Cu 异常呈不规则的似等轴状展布。Mo异常由Mo_{4-1}、Mo_{4-2}两个不规则的异常组成。Cu、Mo异常有明显的 外带、

4号Cu、Mo岩石异常特征值　　表 4

项目 / 数值 / 异常号	异常面积 S(KM²)	异常强度 (ppm)	异常均值 $\bar{X}$(ppm)	异常规模 $Ms=S\cdot\bar{X}$ (ppm·KM²)	标准离差 ε	变化系数 $Cv=\varepsilon/\bar{X}$	梯度变化
Cu_4	1.95	一般100～400 max 803	249	485.55	204	0.82	1—4级异常
Mo_4	2.54	一般10～80 max 692	83	210.82	113	1.36	1—5级异常

中带和内带的浓度分带。Pb、Zn为另星的小异常，分布在Cu、Mo异常边缘。Ag、W为一些点异常（未作图）。Cu、Mo异常的一些特征值列入表3。

原生异常的分布与上述次生异常的分布相一致（见图3）。Cu、Mo异常有明显的外带、中带和内带。Pb异常在Cu异常的东部边缘，但其范围比土壤异常大一些。Zn仍为一些孤立的异常。现将岩石的Cu、Mo异常的特征值列入表4。

激电异常（图2）：

1:1万激电工作，视极化率 η 异常下限为8%。在化探异常区内，存在三个完整的 ηs 异常：Ⅰ号大银尖—聂湾异常，长1740米，宽200～500米，最高峰值13.6%，推断极化体为一个似板状体，其顶板埋深约12米，极化体中心埋深近80米左右；Ⅱ号杨树堰—娘湾异常，长约3000米，宽200～600米，其内有几个高极化率中心；Ⅲ号异常长800米，宽40～150米，ηs峰值达13.5%。激电异常与化探异常的范围相符合，但两者之间究竟有何种内在联系，还需要做进一步研究。

（2）以往工作程度

4号异常的南部边缘，有董冲钼矿点。1959年12月苏联契霍维奇来此检查，建议进行工作。1960年完成1:5万地质填图30平方公里，1:2千的电法中间梯度4平方公里，1:2千地质填图1.105平方公里，1:2千化探土壤测量2.24平方公里，打了4个孔（孔深50～133米）。最后提交钼C_1级储量79吨，铜C_2级储量430吨，黄铁矿5300吨。最后评价认为“董冲矿区是石英脉型的钼矿，矿化不均匀，有用矿物多呈一团团产出，Cu品位最高为1%，一般为0.7%，厚度不大，因而工业价值不大”。

（3）4号异常区的地质特征

异常区出露地层：

为震旦亚界苏家河群浒湾组Z_1h^{1-1}，Z_1h^{1-2}，Z_1h^{2-1}的白云钾长片麻岩，黑云斜长片麻岩，角闪斜长片麻岩，角闪岩等。其次，有绢云母石墨片岩，条带状大理岩和矽卡岩透镜体。断裂构造、裂隙、解理极为发育。以北东60°方向为主的新华夏系构造有董冲—河棚压性断裂，从金湾两侧通过。大银尖东侧有一条压扭性破碎带，宽80～120米，倾向340°～345°，倾角50°—55°，而4号Cu、Mo异常位于它的上盘。北西向断裂则为千斤山字型前弧两翼的压性断裂。认为这两组断裂构造均构成矿液上升的通道。大银尖北侧的新东西向构造，是成矿构造，在此组断层中可见到铜、铅及黄铁矿化等。矿化受到构造的严格控制。大银尖中细粒似斑状黑云母花岗岩体（γ_5^{3-1}）和聂湾、金湾花岗闪长岩体（$\gamma\delta$）位于新华夏系董冲—河棚断裂与千斤山字型前弧两翼的复合部位，岩体本身矿化不均匀。另外，还有脉状分布的

花岗斑岩和石英斑岩岩脉。

围岩蚀变：

异常区可以见到比较普遍的青盘岩化、绢云母化、钾化、硅化等现象。钾硅化又可以分为强、弱两个钾硅化带。蚀变带呈等轴状分布。Cu,Mo强度大的异常，都处在钾硅化蚀变带内。

矿化类型：

本区由于风化淋滤作用较强，Cu、Mo、Fe的矿物已溶蚀成空洞。在地表，肉眼很难见到原生矿化，只有在新鲜岩石里才能见到原生Cu、Mo矿化。区内共分三种矿化类型：

细脉侵染型：

在金湾花岗闪长岩体和大银尖花岗岩体中，可以见到细脉型和浸染型的辉钼矿，黄铜矿及黄铁矿化等。并有次生的黄钾铁矾、铁钼华和钼华等。

石英脉型：

异常区内石英脉广泛发育。大脉有10～30厘米宽，小脉＜1厘米宽，一般1～2厘米宽。小脉多呈枝叉状分布，向上逐步归并。石英脉内有原生的辉钼矿、黄铁矿及黄铜矿等矿化现象，也可以见到少量的钼华、孔雀石、兰铜矿、斑铜矿等。

矽卡岩型：

异常区有石榴石矽卡岩，透辉石矽卡岩，绿帘石矽卡岩。其中，黄铁矿化，辉钼矿化及烟灰色辉铜矿发育。孔雀石可多处见到。黄铜矿化及斑铜矿化比较少见。

（4）异常评价

4号异常规模大，具有一定的元素组合，强度中等，并有明显的浓度分带。空间分布上，Cu、Mo、Ag的异常处于内带，Pb、Zn在外带。这些都表明，该异常应该属一个具有经济价值的矿致异常。土壤测量结果（图2），Cu、Mo异常的面积大小差不多（约3.5平方公里），异常平均Cu/Mo＝5.6。岩石测量结果(图3)，Mo异常面积大于Cu异常，Cu/Mo＝3，Mo异常的内带面积比Cu异常内带面积大，面且Mo异常强度较高，表明Mo带已经暴露。因此认为可能属斑岩钼矿床，而矿床埋深较浅。

地质情况是，地质构造有利于成矿，并有热液蚀变和各种矿化迹象。但从热液蚀变带只有发育的钾硅化而缺失其他蚀变这一现象表明其矿化已遭到剥蚀。

综合地质一化探成果，认为4号异常区是一个找Cu—Mo矿很有远景的地区，尤其是找Mo矿。建议打钻验证。

（5）验证情况

1977～1978年，省地质局地质十队用小口径钻探验证该异常，共打六钻（图2），都见到工业矿体。有的钻孔进尺仅189米，而Mo矿的累积厚度竟达百米，见矿情况良好。据统计，六个钻孔累积见矿厚度392米，Mo平均品位0.072%，肯定了矿床是具有工业价值的。

4号Cu、Mo异常是一个处在成群成带的异常带上的一个综合异常。与4号异常相类似的还有1号Cu、Mo异常，2号Cu、Mo异常，10号Cu、Mo、Pb多金属异常，现将1、2、10号异常，Cu、Mo元素的异常特征值列入表5。

由于4号异常验证情况良好，因而1、2、10号异常也应引起注意和进行验证。

1号、2号、10号异常特征值　　表5

特征值编号 \ 项目		面积 S(KM²)	强度 (ppm)	均值 $\bar{X}$(ppm)	规模 $MS=S\cdot\bar{X}$ (ppmKM²)	标准离差 ε	变化系数 $Cv=\varepsilon/\bar{X}$	梯度变化
1	Cu	0.75	一般100～300max 1078	259	194.25	198	0.7645	有两个浓集中心
号	Mo	0.38	一般 10～40 max 61	27	10.26	17	0.6296	有浓集中心
2	Cu	1.50	一般100～300max 1731	221	331.5	194	0.8778	有多个浓集中心
号	Mo	1.00	一般 10～ 20max 47	17～19	14.06	4～6.48	0.23～0.34	浓度梯度变化小
10	Cu	1.32	一般 60～200max 447	118	155.76	70	0.9532	有浓集中心
号	Mo	0.88	一般 1～6 max 55	6.1	5.374	10.5	1.719	有三个浓集中心

三、几 点 体 会

1．化探方法在千斤工区的工作结果是很有成效的。这种成果主要是基于对以往资料在新的认识基础上重新分析、评价，随后，又进一步做了详细的化探工作，得到了正确完整的资料而获得的。这一例子表明，根据现在的认识水平对以往老资料重新分析评价，有可能找到新的矿床。

2．各级领导了解情况以后，敢于下决心。河南省局对千斤异常的验证给予了应有的重视和落实了各项措施，才取得验证的良好结果。

3．开展1:5万化探扫面工作是当务之急，要化力量认真开展起来。此次大银尖1、2、4、10号异常就是在过去已经评价过而被否定、又重新通过实际工作（1:5万土壤测量）发现的有意义的异常，最后才找到矿的明显实例。

由此可见，这项区域性工作开展的好与不好，会直接影响到地质效果取得的好与不好。因为，经验表明，化探扫面这一带有战略性的工作是加强地质工作中区域地质调查和国家急需矿藏资源的普查的重要手段之一，应引起足够重视。这就要做好长短期统一规划，制定可行的有效措施，加强领导，组织力量，为更多地提供新的找矿后备基地而努力。

钻孔原生晕在鄂东铁铜矿产普查勘探中的作用

周亚特　汪金华

湖北省地质局第一地质大队综合分队

鄂东地区内生金属矿藏十分丰富，除铁、铜外，尚有硫、钨、钼及伴生有益组分钴、银、金等，为我国重要富铁富铜矿产地之一。

区内地质工作程度较高，使用地质、物化探方法手段较为齐全。其中，钻孔原生晕方法在预测盲矿，发现漏矿及判断矿体产状、形态等方面，近年来也发挥了一定的作用。

一、区域地质地球化学特征

本区位于下扬子台褶带的西部。出露地层以古生界和中生界的地层为主。铁铜矿床与中、下三叠系灰岩、白云质灰岩关系密切。区内广泛出露燕山期中酸性岩浆岩。稍具规模的岩体约有四十多个，其中以鄂城、铁山、金山店、阳新、灵乡、殷祖等六大岩体规模较大。岩体间及本区南部尚有铜山口，丰山洞等小岩株。铁铜矿床均产在大理岩、白云质大理岩与侵入体的接触带中。斑岩铜（钼）矿床矿体除产子主接触带外，在岩体内及围岩中还有较大延伸。

区内金属矿床水平分带较为清晰：西部以铁矿床为主，中部为铁铜矿床，东部为铜及铜硫矿床。单个矿床矿化由内接触带至外接触带，分带趋势是Mo-Fe-Fe、Cu-Cu-Pb、Zn。区内金属矿化的垂向分带，由于矿化的多期性及接触带构造的复杂性而显得无规律。

铁矿床以磁铁矿为主，其特征指示元素依次为Zn、Co、Cu。铁铜矿床特征指示元素依次为Cu、Mo、Ag、Zn、Co。铜、铜硫矿床特征指示元素依次为Pb、Cu、Mo、Zn、Ag、Co。

区域地球化学异常分带特征与金属矿化分带特征基本一致。西部元素组合简单，异常值低、异常较少；中部元素组合渐增，异常值抬高，异常增多；东部则元素组合复杂，异常值高，异常甚多。

不同地段的指示元素其地球化学背景不同，不同岩类指示元素的地球化学背景也有很大差异。其中，岩浆岩背景值含量较高，次为砂页岩，最低者为大理岩。

二、钻孔原生晕工作方法

1．采样：采样间距在同一岩性中为5米左右，近矿加密为2～3米。采样方法为点线刻槽法，即在一个采样间距内系统地敲打十数小块岩心组合为一个样品。注意收集岩粉，

加强裂隙面物质的采样。样品原始重量为100克以上。经多种方法试验对比，证明样品的代表性较好。

加工分析：供分析的样品颗粒度小于160网目；作简项光谱半定量分析Cu、Pb、Zn、Mo、Co、Ag、Ga、W、Bi、Mn、Sr、Ba、V、Cr、Ni等。

2．室内整理及综合研究：一般按以下步骤进行。

（1）每个矿区选择1～2个钻孔，分别作单元素含量曲线图，和组合晕垒乘量曲线图以及不同元素对比值变化图，以确定各矿区最有效的特征指标。比如，本区铁矿床Zn与Co的垒乘晕反映矿体位置较为理想，铜铁矿床则以Cu、Mo、Ag的垒乘晕效果较好。

（2）根据上述工作成果，制作单元素地球化学剖面图，多元素垒乘晕地球化学剖面图，元素对比值地球化学剖面图等。

（3）分析各种剖面图，建立矿体地球化学几何模式，统计各种地球化学参数变化特征，确定地球化学找矿指标，并进行成矿预测。

三、钻孔原生晕在普查勘探中的作用

（一）预测盲矿体

本区矿床原生晕标准模式（图1）具有以下特征：矿体前缘及矿体上盘晕较发育，厚度大，形态规整；矿体下盘，晕极不发育，厚度甚小；矿体尾部，晕往往呈枝叉状、锯齿状尖灭。当剖面图钻孔所圈原生晕形态符合上述模式时，可以认为在一定范围内不会出现新的矿体。反之，当剖面原生晕形态向深部变大，含量略增时，则可以有把握地认为在深部一定的距离内赋存有盲矿体。例如，本区东部某硫铜矿床，1966年勘探结束，1977年初，通过钻孔原生剖面(图2)，发现矿体尖灭端原生晕有显著膨大，元素含量也有增高的趋势，因而认为深部尚有盲矿体赋存。1977年下半年经钻探证实深部却有较大盲矿体存在，沿深部追索的两个孔均见矿体，其中CK1002累计见矿厚度达八十余米。1978年又施工12线、14线、18线也均发现了较好的工业矿体，使该区铜、硫储量有了较大的增长。

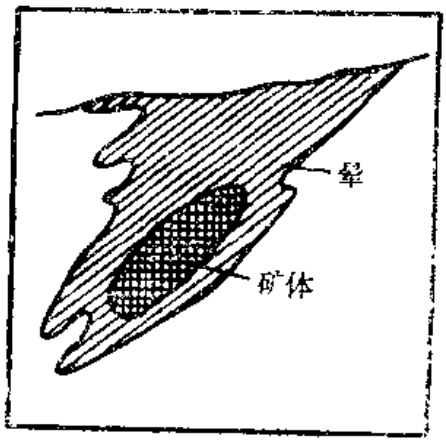


图1 鄂东地区矿床原生晕标准模式图

（二）发现漏矿

在普查勘探的矿区，往往是根据肉眼可见矿化的情况进行岩心劈样，送交化验室分析，这样容易造成漏矿。系统的钻孔原生晕工作可以改善和弥补这一缺陷。例如，铜录山CK122孔原生晕的范围较大，据原生异常推测有漏矿的可能（图3）。后经补采化学样品，证实了有被漏掉的矿体。

（三）判断矿体产状指导钻孔施工

从理论上讲，矿床原生晕与矿体为同源，是同一成矿作用和产于同一构造裂隙系统中的表现形式不同的同一种地质现象。原生晕的产状、形态往往与矿体的产状、形态相近似。根据这一点，可以利用原生晕的产状形态大致判断矿体的产状与其形态。

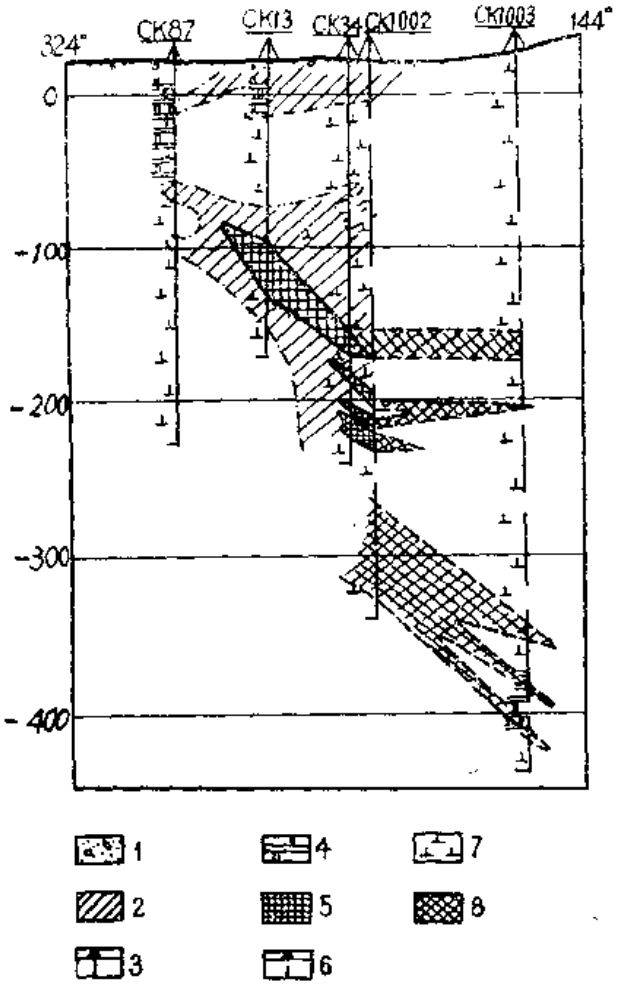


图 2　巷子口硫铁矿床10线铜原生晕剖面图

1—坡积层；2—铜原生晕；3—1966年前施工孔；4—大理岩；5—1966 年勘探的硫铁矿体；6—1977 年验证孔；7—闪长岩；8—1977年验证见矿厚度

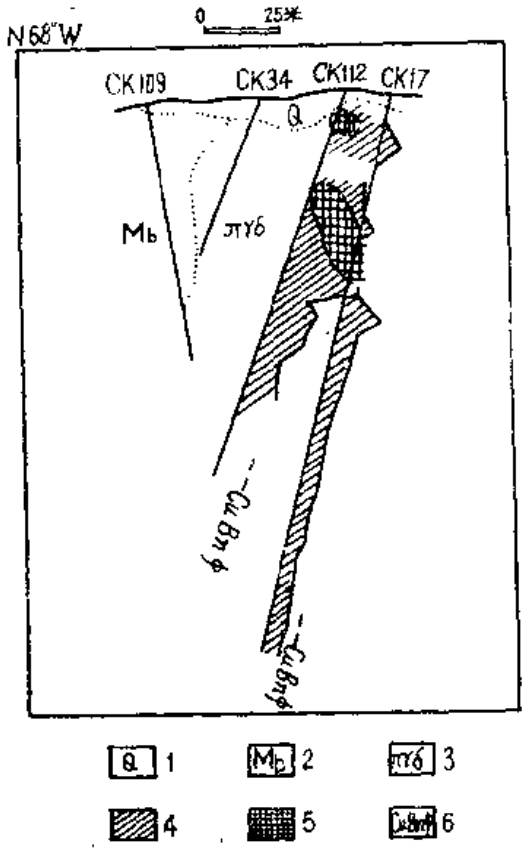


图 3　24线原生晕示意图

1—坡积层；2—大理岩；3—斑状花岗闪长岩；4—铜异常；5—推测漏失矿体；6—铜异常下限

（1）当原生晕为两孔所控制，可以初步圈出晕的产状形态；而矿体仅为一孔控制，产状不明时，可根据原生晕产出的形态，确定矿体产状，指导钻孔施工。例如，在大冶腊烛山一大陈欧船铁矿床二线剖面上（图4），上部铁矿体与铜晕产状形态一致，向北倾，已为钻孔证实；而下部铁、铜矿体仅为单孔控制，依据上部矿体的产状，推断下部的铁铜矿体也向北倾。但是，从CK201和CK203 两孔中的原生晕的形态来看，其分布态势表现出有向南倾的趋势，因而认为下部铁铜矿体应向南倾。理由有三：①上部铁矿体为小俘虏体构造控矿，而下部铁铜矿体为主接触带控矿，接触带的产状可能变化，可能转向南倾；②上部铁矿体主要特征元素组合为Cu、Zn、Co，而下部铁铜矿体特征元素组合出现了Ag、As等，表明矿化类型已有改变；③下部原生晕分布的范围较大，晕的形态平缓，与上部铁矿原生晕产状形态特征有较大区别。因此，认为该剖面深部矿化与上部矿化在类型、控矿构造和产出形态等都有较大的改变。从晕的形态和规模来看，矿化向南有明显增强的趋势，建议用钻探继续验证。目前正在施工中。

（2）在新区开展普查时，当有两个钻孔初步圈出原生晕的产出形态，而未发现矿体时，可根据原生晕的产状形态及浓度变化特征，判定是否继续施工，并可确定钻孔施工部

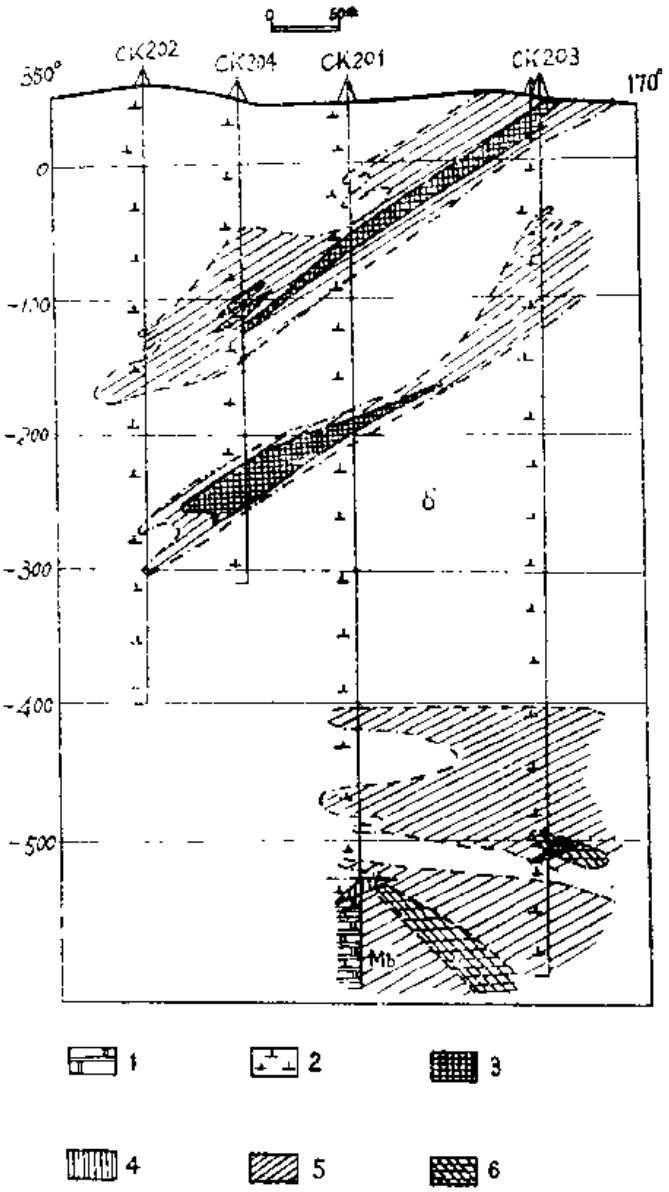


图 4　腊烛山—大陈欧船铁矿床
2 线铜原生晕剖面图

1—大理岩；2—闪长岩；3—铁矿体；4—铜矿体；5—铜原生晕；6—原生晕推断矿体产状

位。例如，大冶皮山下211 线剖面（图 5），最初根据磁异常特征，推断接触带及矿体向北倾。因而施工了CK1，之后，又于1975年在其北部继续施工了CK3和CK4孔，均未见接触带，也未见矿，但发现矿化蚀变向北有减弱的趋势。据此现象认为，磁异常为岩性引起，作出了否定结论。1977年初，对该剖面进行了原生晕研究，结果发现，不仅原生晕明显向南倾斜，而且晕的浓度和厚度也有向南增强的趋势，表明矿带可能南倾，从面得出了与磁法推断结果相反的结论，并建议在CK1南部打钻验证。

由于原生晕取得了与磁法相反的结果，于1977年，对大冶皮山下南部补充开展了部分磁法、重力测量。结果表明“矿体向南倾”的推断结论较为正确。理由是：①航磁及地磁成果推断皮山下南部赋存有大理岩，其接触带应在CK1之南部；②CK1南部发现了重力异常（编号为G3），认为属矿异常；③进一步分析钻孔物性资料发现，尽管该区钻孔上部岩石磁

性较强，但钻孔下部岩石磁性却出现减弱的趋势。这样，原来认为磁异常为岩石引起的结论不够确切。

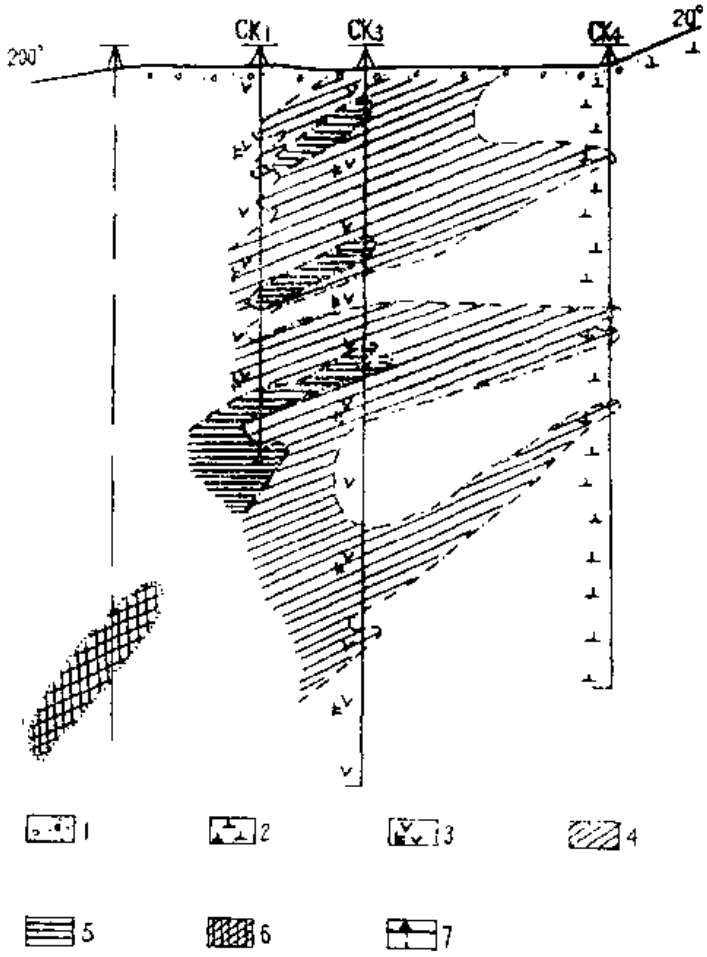


图 5　大冶皮山下211线铜原生晕剖面图

1—坡积层；2—闪长岩；3—透辉石斜长石岩；4—铜一级浓度区；5—铜二级浓度区；6—原生晕推断矿体产状；7—原生晕建议施工钻孔

以后，根据原生晕的成果及该区磁法，重力异常的特征，我队拟在该区南部设计两孔，进行验证。

四、结　语

钻孔原生晕在铁铜矿产普查勘探中不仅可以为预测盲矿、发现漏矿、判断矿体产状形态等提供依据，而且，在矿床成矿机理的研究及分析成矿构造性质等方面也有一定的作用，今后应该予以足够的重视。如果对所有施工钻孔均能开展钻孔原生晕采样工作，对分析成果又能及时进行整理研究，则其找矿效果必将会更为显著。

狮子山地区矽卡岩型铜矿床原生晕的研究及其找矿评价经验

邵　跃

地质矿产部物探研究所

地质部物探所为了配合在长江中下游地区找寻富铜矿，于1963年，曾制订了长江中下游一带矽卡岩型铜矿床原生晕研究的计划，以便确定矽卡岩型铜矿床化探普查评价的方法。狮子山地区矿床原生晕方法的研究是这一研究计划的内容之一。

该项工作是由物探所前南京研究室化探组与321地质队化探组协作，于1963年至1965年完成的。通过对东、西狮子山两个已知隐伏的矽卡岩铜矿床原生晕的研究，总结了经验，并对矿区邻近未知地区发现的异常作出了地球化学评价。对其中的三个异常区，两个作出了有希望和一个作出无希望的评价。

1970年以后，地质队对这三个异常区陆续开展了普查勘探，在两个被认为有希望的异常区内，其中一个于1973年勘探结束时，为一个中型规模的铜矿床；另一个于1975年开始打普查钻，也见到了规模较大的铜矿体；对一个认为无远景的异常区也进行了普查勘探，最后确证为无矿。

虽然事隔多年，但这是一项很有成效的工作。由于近年来对以往化探成果才陆续得到了验证，因而，作为化探案例总结，是有意义的。

本文简要叙述了这一研究成果及其找矿评价的经验。

一、地质背景

工作地区位于沿江阶地和低山丘陵地区，由中生代地层组成的山脊和低山分布于本区的中部及西部，标高一般200～500米。东部及南部为波状起伏的丘陵环绕，其它均为地势低平的第四系沉积物覆盖，水稻田分布较广。

矿区出露地层主要为三叠系下统的小凉亭组（T_1X）和塔山组（T_1t^{1-3}）以及中统南陵湖组（T_2n）。

小凉亭组（T_1x）：为角岩夹透镜状大理岩。

塔山组（T_1t^{1-3}）：分三层，下部为深灰色硅质透辉石角岩，常夹大理岩透镜体（T_1t^1）；中部为一薄层至中厚层大理岩夹角岩（T_1t^2）；上部为大理岩与角岩互层（T_1t^3）。

南陵湖组（T_2n）：为纯白色薄层至中厚层大理岩。

以上三组岩石中蚀变强烈的大理岩和角岩均变质为矽卡岩。

矽卡岩为本区主要含矿围岩。

区内主要侵入岩为闪长岩。这些闪长岩岩株及岩枝一般受背斜构造控制，沿背斜两翼侵入、分枝，以缓角度顺层插入，并相互连接，形状复杂。此外，还有煌斑岩和粗面斑岩岩枝侵入到各类岩石和矿体中。

区内褶皱发育，分布很广，但其规模大者主要集中在包村至花树坡一带。其中，东狮子山矿床受白芒山倾伏背斜控制，走向南北，向南倾伏；西狮子山矿床受狮子山背斜控制，走向北东。本区褶皱构造，特别是其中规模较大者对侵入岩及矿化作用的分布有一定控制意义。

区内裂隙、破碎及断裂均发育，相互交错，构成裂隙网，控制了火成岩和矿化作用的分布。因此，矿体产状极不规则，多为似层状、透镜状，一般沿走向分枝较多。

二、1963—1965年工作的主要成果

（一）工作方法

在东、西狮子山已知矿区及包村等地采集了地表岩石样品，线点距为50×10～20米。采样时，注意观察采样点附近的裂隙，尽量采取裂隙充填物的样品十几小块，组合为一样品。

选择了东、西狮子山两个已知矿区各两条勘探剖面上全部钻孔的岩心样品，每隔3～5米采一个岩心样品。

全部样品研磨至160网目，用光谱水平电极撒样法分析，共观测As、B、Cu、Su、W、Mn、Ti、Bi、Mo、Pb、Zn和Ag等十二种元素。

（二）已知矿床上的研究成果

1．东、西狮子山已知盲矿床上方地表的矿化范围较大，矿化也较强。在矽卡岩和矽卡岩化闪长岩中一般铜含量高达100ppm以上。为了能确切地圈出地表铜异常，取用铜200ppm为异常下限，共圈出异常8个。其中5个（1,2,6,7,8）为已知铜矿床或铜矿点的异常，其余3个（3,4,5）异常为未知地区（图1）。

此外，在西狮子山矿床的东侧大理岩地区内、在紧靠一组闪长岩枝的接触带附近，圈出了一个铜含量为15ppm以上的⑨号铜异常，该大理岩中铜的背景不超过5ppm。

2．在东、西狮子山两个已知隐伏铜矿床*上方地表出现了一个清晰的铜的原生异常，即图1上的①和②号异常。①号异常位于东狮子山矿床上方，②号异常位于西狮子山上方地表，异常将两个矿带包围在内，比矿带的范围大。

从图上看，①、②号异常虽然是相连接的，但仍可将其视为两个异常。实际上，东狮子山矿床是受白芒山东部的一组火成岩枝及其西南部的另一组火成岩枝所控制；而西狮子山矿床则又受其东部的一组火成岩枝及其西部的另一组火成岩枝所控制，两个矿床离得很近，其间仅为一组火成岩枝所隔开。因此，在两个矿带的边缘部位矿化有相互迭置的现象，致使地表铜异常连成一片。

在两个矿床上还发现有规律的银异常，范围比铜小一些。砷、锌和钼的异常很少出现，并多为点异常。

---

* 主矿带埋深距地表60～80米。

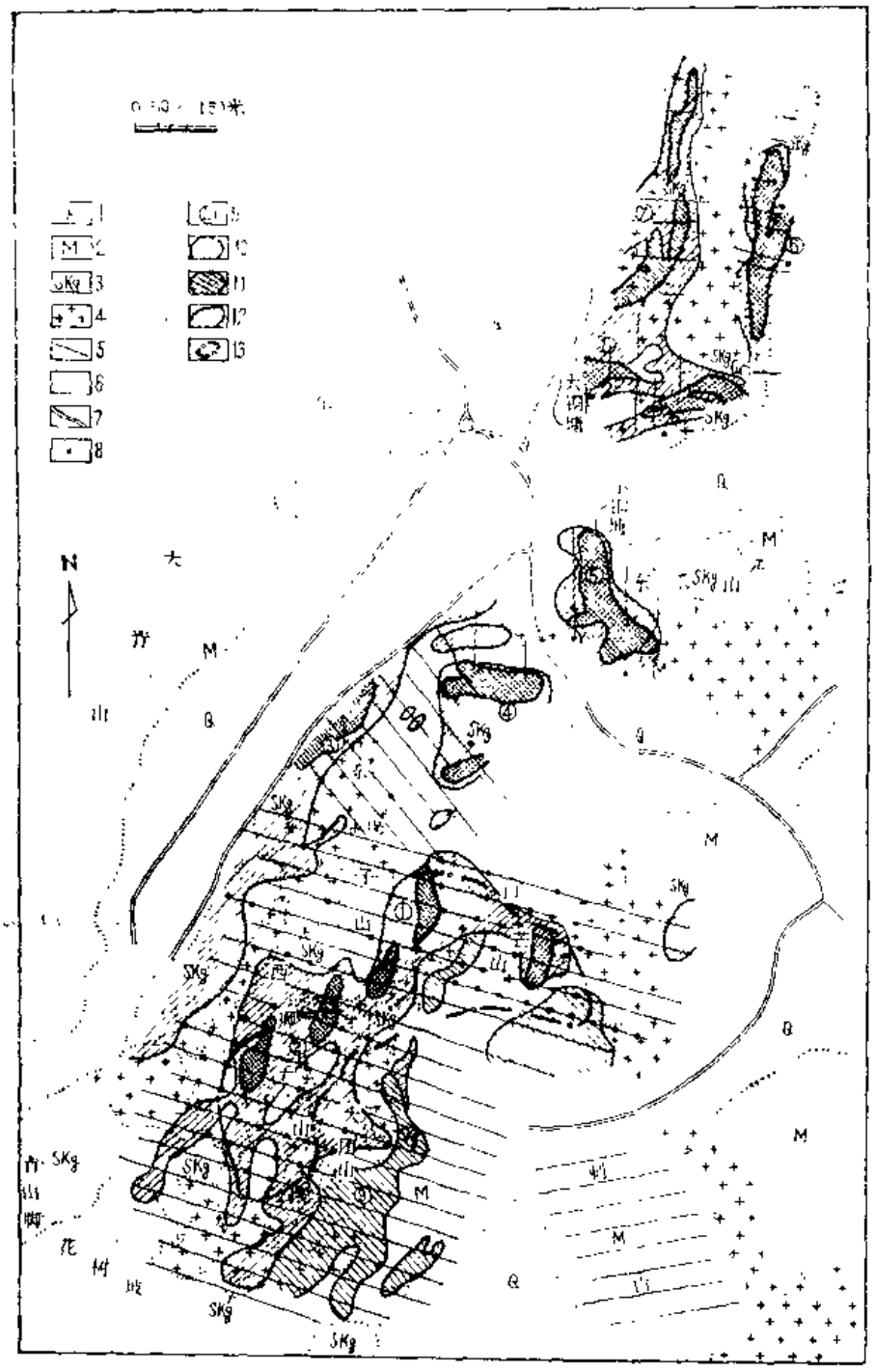


图 1 狮子山地区地表岩石测量铜异常图

1—第四系；2—大理岩；3—矽卡岩；4—闪长岩；5—采样线；6—地质界线；7—公路；8—钻孔；9—异常编号；10—铜异常（>200γ/g）；11—铜异常（>1000γ/g）；12—大理岩中的铜异常（>15γ/g）；13—矿体地表投影

3．包村地区是一个已知的铜矿点。该区围绕一花岗闪长岩株有一圈矽片岩带，东部及南部矽卡岩带中有一条规模较大的铁帽。对地表铁帽冻块分析，发现铁帽中含铜高达1％以上，是一个含铜铁帽。早期，地质队对该铁帽普查勘探的结果，表明含铜铁帽向深部变窄，矿体渐趋尖灭，深部无矿。

对该区地表进行岩石测量的结果，出现了⑥、⑦、⑧三个铜异常，异常的含量很高（一

般＞2000ppm），但范围不大，800ppm以上的铜异常仅仅把含铜铁帽包裹起来。有意思的是，本区除铜外，无银异常或银异常小而零散，但却出现大片钼异常。这就有别于东、西狮子山两个已知盲矿床上的异常。在两个已知盲矿床上方地表出现的是大规模的铜和银的异常，钼异常小而零散。可见，两者刚好相反。

4．剖面钻孔中的原生晕表明，铜、银、钼的原生异常紧密包裹于矿带四周，在矿带四周象似形成了一个晕的“外壳”（见图2）。

从图上可看出，铜、银、钼三个元素在剖面上具有垂直分带现象。银异常主要分布在沿矿带轴向的前上方（前缘），矿带尾部异常收敛；钼异常主要分布在沿矿带轴向的后下方（尾部），矿带前缘无异常出现；铜异常虽然在矿带前后均有异常出现，但在矿带前缘比矿带尾部异常强，矿带尾部异常有收敛的趋势。

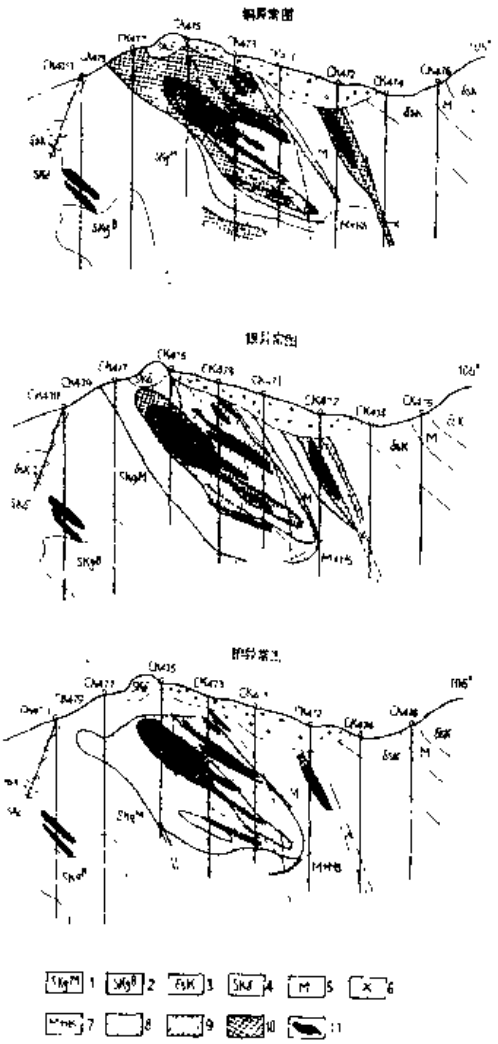


图 2　东狮子山矿床47线地球化学异常剖面图

1—块状矽卡岩；2—条带状矽卡岩；3—矽卡岩化闪长岩；4—内矽卡岩；5—大理岩；6—煌斑岩脉；7—大理岩夹角岩；8—Cu200～400ppm，Ag0.5～2ppm，Mo5～20ppm；9—Cu400～800ppm，Ag2～8ppm，Mo20～80ppm；10—Cu＞800ppm，Ag＞8ppm，Mo＞80ppm；11—矿体

钻孔中铜、银、钼三个元素原生晕的垂直分带与地表原生晕是一致的。这就是说：当矿带被剥蚀至尾部时，地表主要出现很强的铜异常，浓度梯度变化不明显，并有大片的钼异常，无银异常或银异常小而零散；反之，如果是盲矿，则地表主要出现大片的铜异常，异常的强度中等并有明显的浓度梯度变化，和大片银的弱异常，无钼异常或钼异常小而零散。

5．为了进一步获得元素垂直分带大致的量的概念，对36、39、43、47四条地球化学剖面上的原生晕分别统计了Mo/Ag和Mo/Cu两对元素的比值，列于表1。

从表1上可以看出，Mo/Ag比值在矿带前缘和矿带尾部确有明显差异。一般，矿带前缘Mo/Ag比值＜6，矿带尾部Mo/Ag比值＞12；Mo/Cu比值有类似的情况，但不如Mo/Ag比值明显。

这表明，有可能利用Mo/Ag比值评价地表异常的含矿性。

（三）地表异常的评价

包村地区　包村地区有三个异常〔⑥、⑦、⑧〕。其中：⑥号异常区业经普查勘探，确证矿带已剥蚀至根部，深部无矿；⑦号异常区虽未经普查勘探，但根据地表种种矿化迹象观察，希望不大。地球化学研究结果，根据地表异常中Mo/Ag比值分别为14和26（见表2），表明这两个异常都属矿带尾部特征，说明矿带已被剥蚀至根部。这一结果，与已掌握的地质情况是一致的。⑧号异常区Mo/Ag比值2.3，属矿带前缘特征。此外，以往的地质工作只注意

四条勘探剖面钼、银、铜元素含量垂直分带表　　表 1

36线	Mo (ppm)	Ag (ppm)	Cu(ppm)	Mo/Ag	Mo/Cu
矿带前缘	14 (8)	?.3(21)	860 (17)	6	1.6
上矿带	58.3(31)	7.2(50)	1500(39)	8.1	3.8
下矿带	29.5(52)	11.2(50)	1800(41)	6.1	3.8
矿带尾部	26.5(26)	2.1(26)	545 (30)	12.6	4.8
47线	Mo	Ag	Cu	Mo/Ag	Mo/Cu
矿带前缘	2 (1)	5.8 (6)	812 (8)	0.4	0.23
上矿带	56 (7	8.8(29)	1072(20)	6.4	5.2
下矿带	33.6(16)	6.2(33)	784 (39)	5.6	4.3
矿带尾部	31 (12)	2 (12)	710 (12)	15.5	4.3
39线	Mo	Ag	Cu	Mo/Ag	Mo/Cu
矿带前缘	47.6(10)	17 (10)	1194 (9)	2.8	4
上矿带	58.7(12)	39.2(17)	2043(15)	1.5	2.9
下矿带	24.9(17)	3 (12)	775 (10)	8.3	3.2
矿带尾部	63.7(54)	2.6(48)	800 (27)	24.5	7.9
43线	Mo	Ag	Cu	Mo/Ag	Mo/Cu
矿带前缘	25.5(95)	6.9(16)	861(123)	3.7	3
上矿带	16.3(24)	5.7(95)	931 (66)	2.9	1.8
下矿带	100 (39)	7.1(85)	1214(69)	14.8	8.2
矿带尾部	153.8(13)	4.8(15)	902 (14)	32	17.1

注：（　）内数值为样品数

了东部矽卡岩带，见矿情况不好，但从化探结果来看，西部比东部好，因此，要注意矿带是否有向南西延伸的趋势。

③号异常区　③号异常位于东瓜山地区，该区除③号异常外还有④、⑤两个异常。该该区有一条花岗闪长岩枝，该岩枝在⑤号异常地段呈东西向分布，⑤号异常位于该岩枝的南北接触带上。该岩枝向西至③号异常地段转为北东一南西向分布，并将③号和④号异常分隔开，③号异常沿岩枝西部接触带分布，④号异常则位于岩枝东部接触带的北端。以往的普查勘探在⑤号异常区浅部打到了一定规模的工业矿体，而在③号和④号异常区地质工作做得很少，深部情况不明。

这三个异常的Mo/Ag比值见表 2，都属前缘异常特征，应该是有希望的地区。

在1965年的研究报告中，对③号异常曾作了重点评价。报告中指出："③号异常带沿东狮子山西坡的一组火成岩枝的西部接触带分布，异常呈长条状与地表矽卡岩的分布一致；此异常带延伸很长，具有一定规模；在此异常带中的二级铜异常地段上地表有老窿；在二级铜异常上有一片银异常，钼异常弱而少；地表异常中Mo/Ag比值为0.8，属矿带前缘特征。故

推测，其深部可能赋存有经济价值的盲矿体，是一个很有希望的地区”。

地表异常Mo/Ag比值　　表2

异常号	位置	Mo	Ag	Cu	Mo/Ag
1	东狮子山矿床	3.2	5.3	941	0.6
2	西狮子山矿床	3.7	2.1	576	1.8
3	东瓜山	5.2	6.5	867	0.8
4	东瓜山	1.6	1.3	1143	1.2
5	东瓜山	3.5	4.4	1750	0.8
6	包村	19.3	1.5	1308	14
7	包村	31.2	1.2	768	26
8	包村	10.9	4.7	1211	2.3

注：表中数值为异常平均值(ppm)

9号异常区　⑨号异常位于大团山地区。该区地表出露大片（T,n）大理岩。在大理岩中出现了一个15～100ppm的铜异常，最高可达200ppm，大理岩中铜的背景一般＜3ppm。这个铜异常与东、西狮子山已知盲矿床上矽卡岩中的铜异常相比较，绝对值低得多。这主要是，一个是矽卡岩，而另一个是大理岩，岩石本身的背景不一样。但是，如果从衬值（异常值/背景平均值）来看，则大理岩中的异常要比矽卡岩中的高得多。大理岩中铜异常衬值一般＞5，而矽卡岩中铜异常衬值一般＞2。另外，大理岩中还有大片银异常，很少钼异常，因而Mo/Ag＜1。

⑨号异常所处的位置，刚好是在西狮子山矿床东侧的一条闪长岩枝的东部接触带上，它与②号异常之间，中间只有一条50～60米宽的火成岩枝所隔。该处地表矿化蚀变较弱，只在大理岩中见到一些含黄铁矿的小铁帽和大理岩裂隙中的褐铁矿化细条带。

1965年的研究报告中对⑨号异常也作了重点评价，指出，“地表出现的异常可以从两方面解释：（1）异常只是反映了地表出现的几个从北至南分布的小铁帽，但铁帽很小，而异常范围较大，如果没有深部矿化的影响，似乎不大可能；（2）异常可能是反映了深部矿化。从地层对比来看，相当于西狮子山的含矿层位估计要在200米以下”。并认为，“异常是沿着西狮子山矿床东侧的火成岩枝的东部接触带分布，在铜异常中又有大片银异常；异常的位置是在东狮子山矿床向南延长的同一个矿化带上，因而，在⑨号异常出现的大理岩的深部有隐伏的含矿矽卡岩存在的可能性很大，值得进一步工作”。

三、大团山矿床的发现

大团山矿床是1969年在老鸦岭发现了深部二迭系大隆组地层中有似层状的铜矿体产出后，据说，于1970年，打外围控制钻时，发现了大团山深部小凉亭组中也有类似的层状矿体存在，主矿体埋深距地表500米左右。以后的钻探资料表明，见矿钻孔与⑨号异常的范围大体符合。

尽管大多数地质工作同志承认化探异常在大团山矿床的发现过程中起到了指引作用，

但是，仍然有少数人认为大团山矿床埋藏较深，地表化探异常能否反映这么深，而持怀疑态度。为此，于1972年，又在该地区进一步做了钻孔原生晕工作，选择该区23及33两条勘探剖面，从上至下，系统采集了钻孔岩心样品，以便了解原生晕在空间分布的态势。

图3，是大团山33线地球化学剖面图。从图上不难看出，整个剖面上大理岩中都受到了矿化作用的影响。铜的外带异常分布的范围很大，中带及内带异常主要在靠近矿层与闪长岩枝的接触带部位上含量增高。

大团山矿床除在深部500米处有一层似层状铜矿体外，在浅部（200～300米），在靠近火成岩枝的接触带上有一组矽卡岩型的脉状矿体产出。这样，就使得浅部矿化与深部矿化的异常连成一片，因而，有可能根据地表异常来指示找寻深部盲矿体。

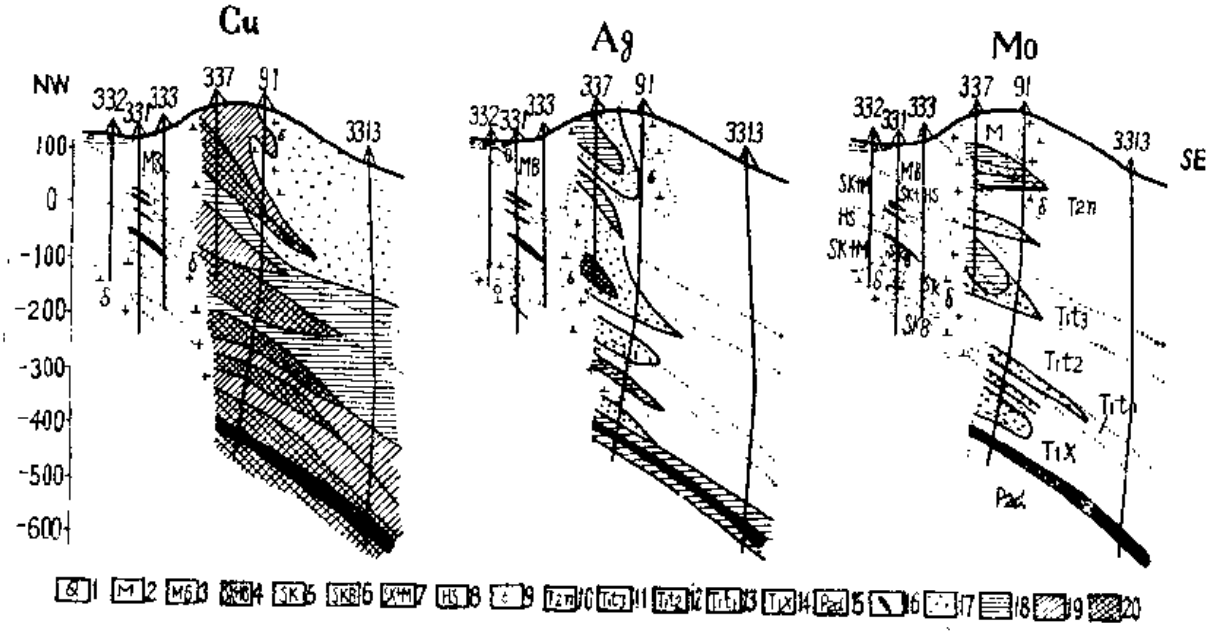


图 3　大团山第33勘探线地球化学剖面图

1—第四系；2—大理岩；3—条带状大理岩；4—矽卡岩夹角岩；5—矽卡岩；6—条带状矽卡岩；7—矽卡岩夹大理岩；8—角岩；9—闪长岩；10—南康湖组大理岩；11—塔山三组；12—塔山二组；13—塔山一组；14—小凉亭组；15—大隆组；16—铜矿体；17——Cu异常5～20，Ag0.5～2，Mo5～20(ppm)；18—Cu20～80，Ag2～8，Mo20～80(ppm)；19—Cu 80～320(ppm)；20—Cu>320，Ag>8，Mo>80(ppm)

1972年的工作，同时还对东、西狮子山的①、②号异常和大团山的⑨号异常用衬值重新圈定了异常（图4）。从图上可以看出，用衬值圈定的异常无论从异常的形态、强度、清晰度和规整性都要比原先的异常好得多（图1）。

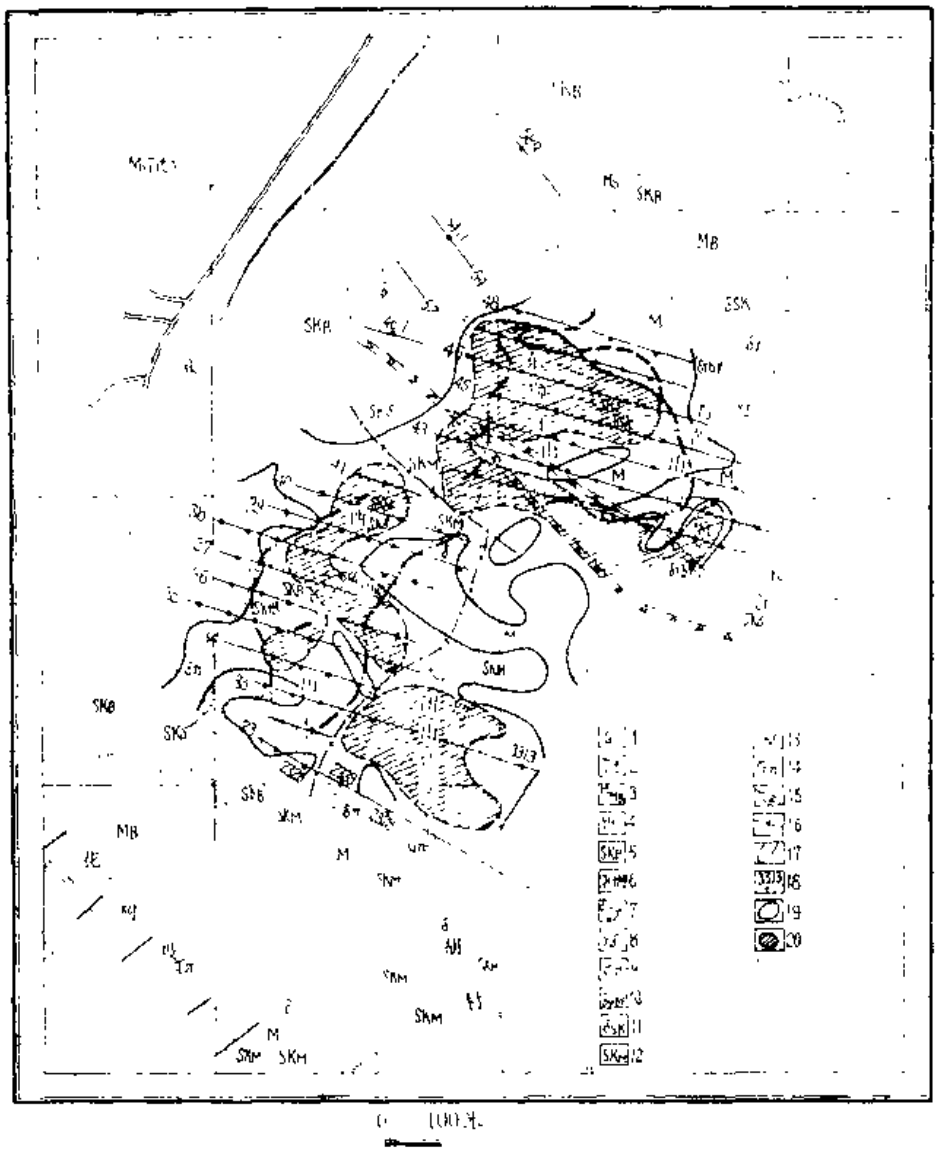


图 4　东西狮子山及大团山矿床地表岩石测量铜衬值异常图

1—第四系浮土；2—三迭系下统塔山组；3—大理岩及条带状大理岩；4—角岩；5—条带状矽卡岩；6—矽卡岩与大理岩互层；7—闪长岩及闪长斑岩；8—辉石闪长岩；9—粗面斑岩；10—角砾状含辉石闪长岩；11—矽卡岩化闪长岩；12—块状矽卡岩；13—内矽卡岩；14—铁帽；15—破碎带；16—矿床大致分界线；17—矿床范围；18—钻孔及其编号；19—铜异常衬值＝1－2；20—铜异常衬值＞2

四、对3号异常再评价

自从1970年在大团山⑨号异常区发现了深部盲矿体之后，对东瓜山③号异常区要进行深部验证这个问题，又重新被提了出来，并于1972年对该异常区重新做了检查评价工作。

在1965年获得的③号异常的中心地段划出500米×800米的一块面积，在此面积内以50米×100米又划出80个长方格子，在每个格子内来一个组合样。采样时，可根据地形和地物标志在格子内选定采样点。采用这个方法，主要是因为该区为居民生活区，用常规的测网采样定点有困难，如果用格子控制采样点，则定点时，可根据格子内的地形地物标志灵

活掌握，便于工作。

在每一个采样位置上同时采集岩石及土壤（母质层）样品。在冲积物覆盖区，则用手摇钻钻至母质层，采母质层土壤样品，深度一般1～4米。

图5，是根据土壤母质层样品中的铜含量绘制的异常图（岩石样品由于点子少，不宜制图，但除个别点外，一般岩石和土壤中的铜含量相差不大）。这一结果，进一步查证了③号异常的存在，并建议在异常区内打两个钻孔，探索深部盲矿体。当时已估计到，在异常最强的部位，在浅部可能会遇到一些由褶皱轴部构造控制的小矿体，但我们的目的，是要探寻类似老鸦岭和大团山那样的深部似层状的矿体。

同年夏天，狮子山井巷公司在此异常区内打了一个水平坑道，坑口位置在22点附近。在离硐口30米处，遇到了三条氧化铜矿体，厚度每条3～5米，拣块分析，含Cu1.6%。这就初步证实了③号异常的含矿性。

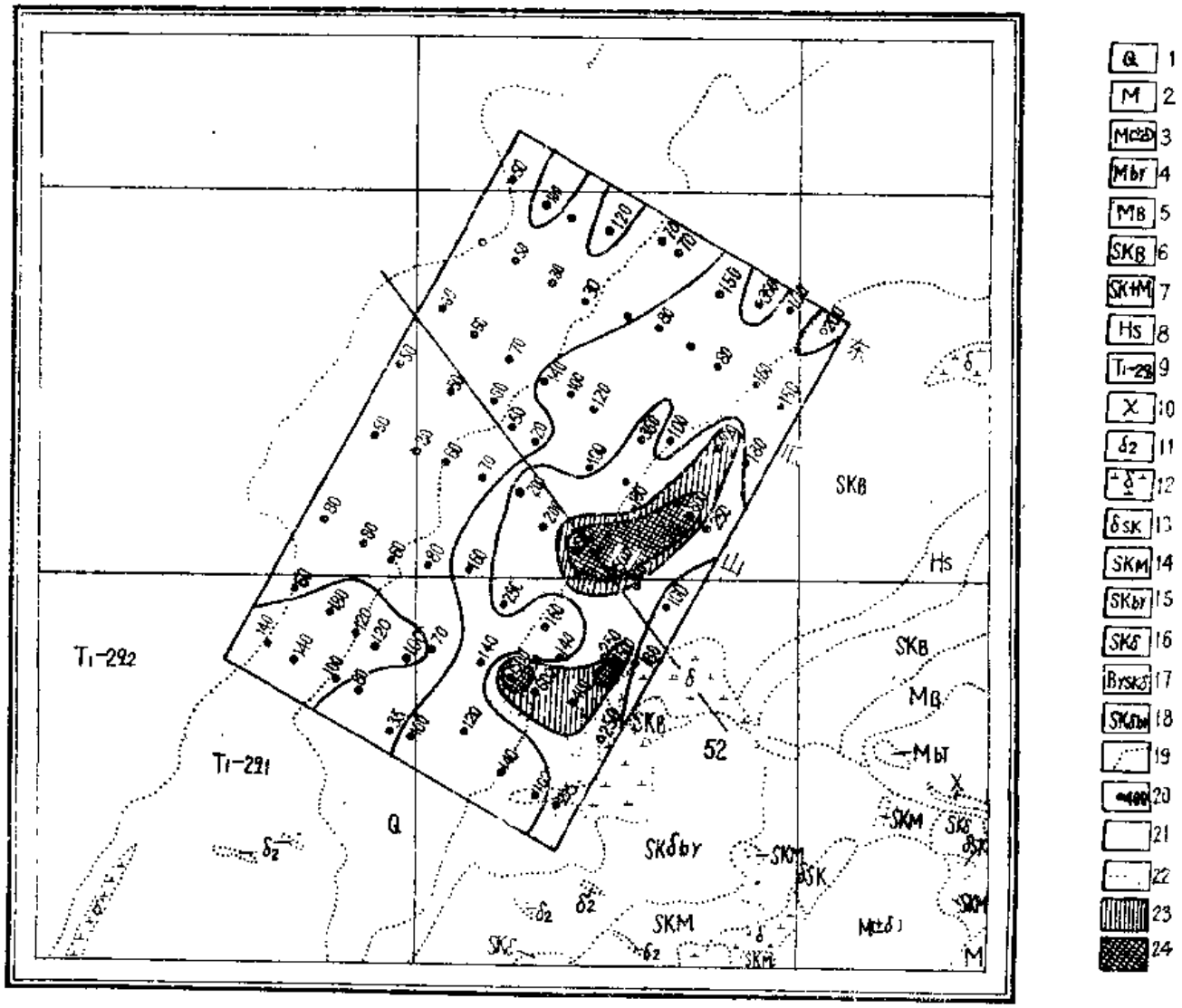


图 5　三号异常区土壤铜异常图

1—浮土夹陈石；2—薄—中厚层大理岩；3—大理岩含少量闪长岩；4—角砾状大理岩；5—条带状大理岩；6—条带状矽卡岩；7—矽卡岩大理岩互层；8—角岩；9—页岩夹透镜状灰岩；10—煌斑岩；11—晚期闪长岩；12—闪长岩；13—矽卡岩化闪长岩；14—块状矽卡岩；15—角砾状矽卡岩；16—内矽卡岩；17—侵入角砾岩；（多变质为内矽卡岩）；18—角砾状内矽卡岩；19—地质界线；20—采样点及铜含量(ppm)；21—24—分别为铜的100～200，200～400，400～800，＞800ppm

谢学锦（1974）在“用统计学方法评价铁帽的初步研究”一文中曾对四个未知铁帽作出了评价，文中的甲铁帽，就是东瓜山地区地表的铁帽，并预测它为有远景的铁帽。

1972年的工作，还整理了历年来在狮子山地区所做的土壤测量的部分资料。共圈出12个土壤铜异常，其中Ⅳ号土壤异常即位于东瓜山地区。

报告中指出，“东瓜山Ⅳ号土壤铜异常的规模较大，其范围南端于东瓜山岩枝的南北接触带开始，向北延伸，经小铜塘至大铜塘一线。这一地区覆盖普遍，以往只做过少量勘探工作，钻打得少，也打得比较浅，故未作出最后评价。自从在老鸦岭、大团山等地发现了较深部的盲矿床，矿床四周围岩中又发育着良好的原生晕，异常一般均能到达地表，地表异常除了与浅部矿化有关外，与深部矿化也有直接联系。这样，就使得对地表异常的评价有了进一步的认识，对那些地表异常规模较大，而浅部矿化不理想时，则应考虑深部有无规模较大的盲矿体存在”。报告认为：“今后对东瓜山地区的找矿，应从深部去考虑”。

无论是1965年工作的结果，还是1972年再次工作的结果，都指出：东瓜山地区是一个很有远景的地区，并建议打深钻，探索深部成矿的可能性。

1977年，在黄山全国区域化探会议的一次分组会上，我们有机会听取吴国瑜同志关于铜陵地区化探找矿效果的介绍。他谈到：1975年，地质队开始在东瓜山地区打深部普查钻，在距地表200～800米深处，打到了规模较大的似层状的铜矿体，并在接近地表的浅部100～250米内也有工业矿体存在。据当时少许钻孔控制的情况分析，估计矿床的规模比较大。

这是一个令人振奋的消息。它表明，几年来，我们在狮子山地区进行的地球化学研究，随着时间的推移，获得了令人满意的结果。

五、焦冲铜矿点的评价

焦冲铜矿点位于东、西狮子山矿区的东部。该区的地质情况与西狮子山矿区相类似。地表出露岩石主要为角岩，矽卡岩及大理岩，并有闪长岩呈复杂的岩枝分布。地表有数条含铜矽卡岩，但规模都不大。北部的一条含铜矽卡岩体见有古采掘的遗迹。地表矿化迹象较明显。1965年，地质队在此打普查钻的同时，进行了化探岩石测量*

岩石测量结果表明（图6），地表原先异常的规模很小，强度不大，无银异常，而有钼异常。以后采集钻孔岩心分析结果，钻孔中原生晕的规模也很小，异常呈长条状分布，互不连续。统计了4个钻孔异常中的Mo/Ag比值，有三个钻孔都大于16。这表明，该区矿化已剥蚀至根部，深部希望不大。

在此地区前后共打了三条勘探剖面、七个普查钻孔，仅打到了几条不具经济价值的小矿体。

六、结　语

狮子山地区的地球化学探矿工作是很有成效的。这主要是坚持了从已知出发，在已知矿床上研究了矿床原生晕分布的特征和规律，然后运用这些规律于矿区外围的找矿评价，

* 由321队化探组吴国瑜同志等进行工作

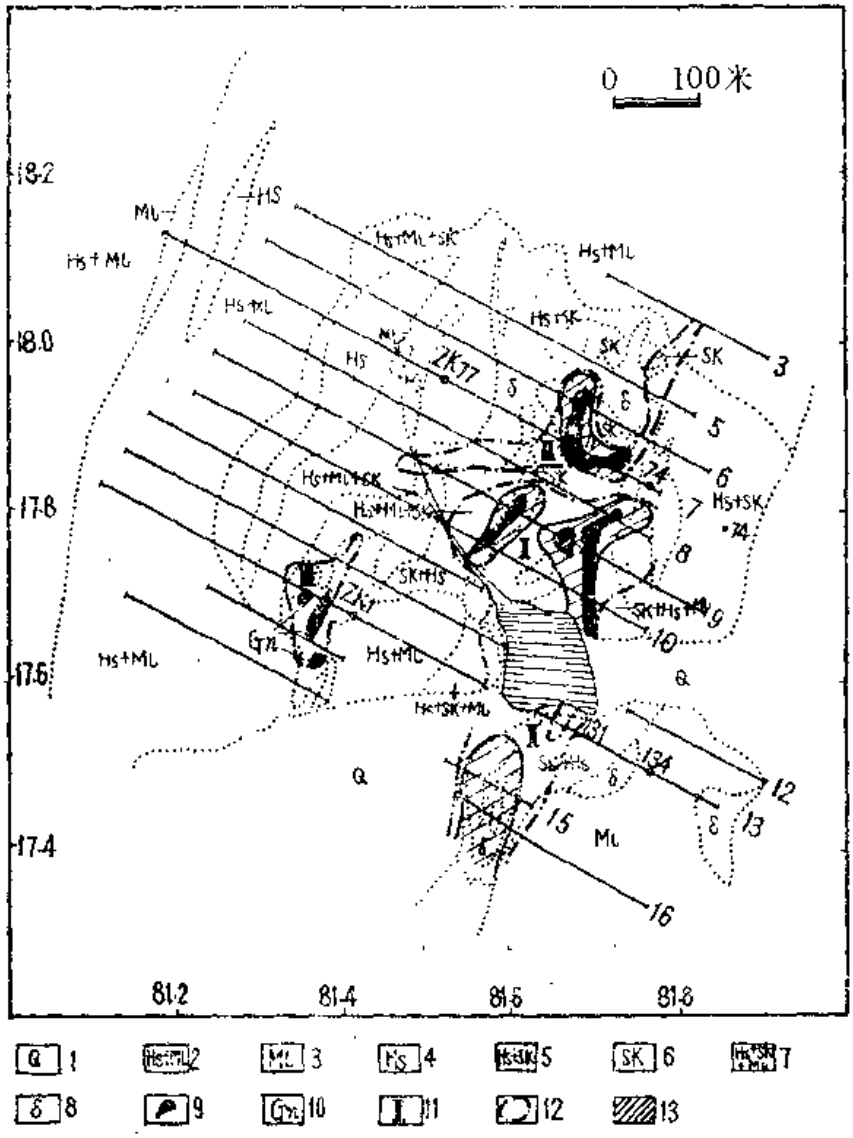


图 6 焦冲铜矿点岩石测量铜异常平面图

1—第四系； 2—角岩夹大理岩； 3—大理岩； 4—角岩；5—角岩夹矽卡岩矽；
6—矽卡岩； 7—角岩夹矽卡岩、 大理岩； 8—闪长岩 ； 9—含铜矽卡岩；
10—铁帽 ； 11—异常编号； 12—Cu200～400ppm；13—Cu＞400ppm

取得了良好结果。

大团山地表大理岩中⑨号铜异常和东瓜山矽卡岩中③号铜异常是1965年初次发现的，并指出了这两个地区深部可能有盲矿存在，应需进一步找矿。而大团山矿床的发现是1970年，当时由于没有及时利用化探成果，结果晚了五年才发现此矿床。

东瓜山矿床是1975年发现的，比大团山矿床的发现又晚了五年，而比化探异常的发现晚了十年。现在看来，不论是大团山矿床或者东瓜山矿床，地表化探异常无疑对深部矿体都起到了良好的指示作用。如果当时能及早利用化探资料，则这两个矿床的发现，可提前许多年。

七、评价经验

1．矿体暴露地表，并剥蚀至相当深度。这样的地区，地表：铜异常（原生或次生）往往含量很高(>1000ppm)，无低含量级次，异常的浓度梯度变化极不明显；铜异常的范围较小，仅仅在地表矿体（铁帽）上或紧靠矿体邻近出现异常，并伴有大片钼异常，无银异常或铅异常零散；Mo/Ag比值一般>12或更大。

这样的地区，深部找矿的希望不大。

2．地表仅出露一些小铁帽，或地表矿化不显著。这样的地区，地表：铜异常范围往往较大，含量中等，Cu200ppm含量的范围可达0.2平方公里以上；异常浓度梯度变化明显，从低含量级次至高含量级次有明显的递增趋势；除铜异常外还伴有大片银异常，无钼异常或钼异常小而零散；Mo/Ag比值一般＜2或更小。

这样的地区，属矿带未被剥蚀或刚开始剥蚀的征象，预示其深部找矿希望较大。

3．Mo/Ag比值这一指标，虽然是本区总结的一个有效的找铜的评价指标，可能还有局限性。但自从获得这一经验后，几年来，笔者在其他地区的工作中一直注意观察和运用这一指标在异常评价中的有效性，结果发现有普遍性。无论矽卡岩型铜矿床、热液铜多金属矿床或斑岩铜矿床，在许多情况下，银异常总是出现在矿体或矿带的前缘位置，而钼异常总是出现在矿体或矿带的尾部。

谢学锦（1974），利用东狮子山47线剖面的全部样品的原始数据，作了因子分析研究，发现Ag和Mo两个元素分别落于第2和第3因子中；并用不同水平上的第二因子与第三因子平均值的比值，证明矿带前缘比矿带尾部其比值高出一个数量级；用不同水平上的因子得分的规模的比值，则其差别更明显。这进一步表明了钼/银比值的垂直分带关系。

最近，A. A. 别乌斯和C. B. 格里戈良（1975）发表的文章中所列举的热液金属矿床的原生晕的例子，几乎都是这种分带模式。至于造成这种分带的机理，目前还不清楚，今后需专题研究。但目前，至少这一经验是可以用于找寻铜矿的化探异常评价中的。

比值的数值可能各地不一，需要先做试验。但是，矿带前缘Mo/Ag比值一般小，矿带尾部Mo/Ag比值一般大，这一点是明显的。

参 考 文 献

〔1〕 物探所南京研究室，1965年，狮子山矽卡岩型铜矿床原生晕方法的研究，九江化探会议文件。

〔2〕 物探所化探室，1978，安徽某地区地球化学探矿方法的研究及应用的初步总结，邵阳激电、化探会议文件。

〔3〕 物探所化探研究室，1974，用统计学方法评价铁帽的初步研究，物探与化探，第四期。

〔4〕 谢学锦等，1975，矽卡岩型铜矿床原生晕特征的一些研究，化探研究报导，第33页。

〔5〕 A.A.别乌斯，C.B.格里戈良，1975，矿床的原生地球化学晕及其在普查工作中的应用，化探资料选编，第二辑，中国地科院情报所。

沙溪斑岩铜矿地球化学异常及其找矿效果

朱炳球　徐外生

地质矿产部物探研究所

〔内容提要〕本文对矿区的土壤和岩石地球化学异常进行了对比研究，提供了异常的参数和矿异常特征的资料；讨论了矿区地球化学异常存在矿田、矿床及矿体原生晕异常的组份分带模型，并将组份分带模型作为化探的找矿标志之一；研究了黄铁矿单矿物中微量元素的分布及其找矿意义；讨论了斑岩体含矿性的地球化学标志。从化探的找矿效果来看，本文也是个良好的找矿例案。

一、简　　史

沙溪矿区见有古代开采的遗迹，当地有“小铜官山”之称。1959年经群众报矿重新发现该矿点。1960年，原三二七地质队在该区进行了土壤测量和地表评价工作。土壤测量结果发现了铜异常，但地表观察矿化规模较小，又没有见到原生矿，因而得出了否定结论。1966年，1/20万区域地质调查时也发现了该区的铜异常。1974年三二七地质队对该区以往化探资料重新进行了分析研究和现场踏勘。对1960年土壤测量结果，重新作了整理和圈图，并在铜异常的中心布置了第一批钻孔（ZK101孔等），见到了较厚的铜矿体，证实该区可能是一个很有价值的铜矿区。接着对该区开展了普查评价工作。1975年，三二七队又与物探所共同协作对矿区进一步做了详细的化探工作。根据化探异常圈定了矿化范围，并在异常较好的几个地段布置了钻孔，均见到了较好工业矿体，这就大大地扩大了矿区远景。至1977年该区已成为一个中型铜矿区。

二、矿区地质简述[1]

矿区位于郯庐深大断裂的东南侧，中生代庐枞火山盆地的西北边部。

区内出露地层主要为侏罗系中、下统象山群长石石英砂岩、粉砂岩及志留系泥质粉砂岩、石英砂岩、页岩和泥岩。矿区边部有少量白垩系的火山岩（图1）。岩浆岩相当于燕山早期，主要为闪长岩，石英闪长斑岩，斑状石英闪长岩等，呈岩株、岩枝产出，石英闪长斑岩为主要含矿岩体。岩石属碱钙性系列，其化学成分特点表现为碱质偏高，钙、镁偏低。与国内已知斑岩铜矿含矿岩体比较，岩石明显偏基性，Na_2O大于K_2O，碱钙指数为53。

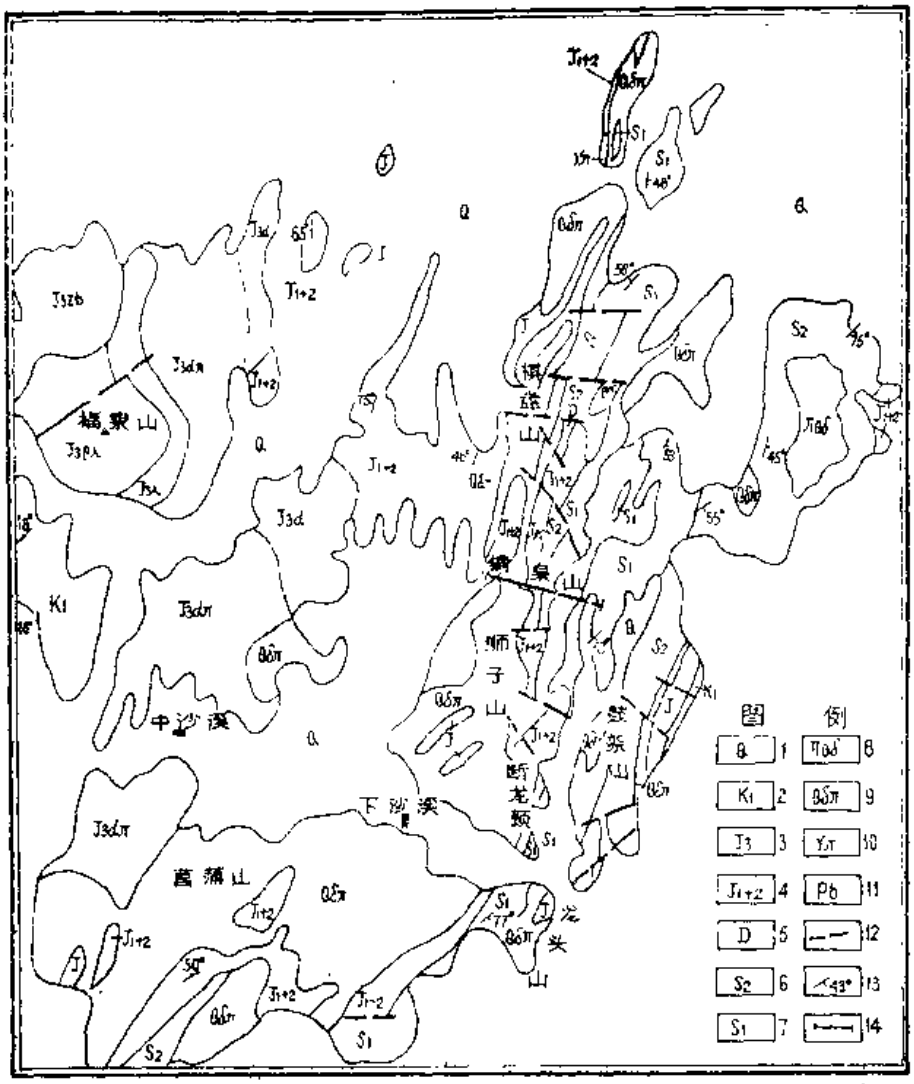


图 1 矿区地质示意图

1—第四系；2—白垩系红层；3—侏罗系上统（凝灰角砾岩、凝灰岩、安山岩、安山角砾岩及次火山岩）；4—侏罗系中下统砂砾岩；5—泥盆系上统石英砂岩；6—志留系上统砂岩、粉砂岩；7—志留系中下统泥岩、粉砂岩；8—斑状石英闪长岩；9—石英闪长斑岩；10—花岗斑岩；11—铅锌矿点；12—断层；13—岩层产状；14—Ⅰ线剖面位置

矿区围岩蚀变普遍。由内向外可以分为三个带：钾化带、石英～绢云母（水云母）化带和青盘岩化带。蚀变强弱与矿化强度有关，在蚀变强烈地段，常形成较富的工业矿体。与蚀变分带相一致的金属矿物也具有分带性。黄铁矿与含铜硫化物呈反消长关系。

矿体明显受北北东向的构造岩浆岩带控制，特别是与组成断块构造的断裂带有直接依附关系。矿体呈透镜体或似板状体，主要赋存于石英闪长斑岩中，少量产于砂、页岩中。矿石矿物主要为黄铜矿、黄铁矿，其次为磁铁矿、赤铁矿、斑铜矿、辉铜矿等。

矿石呈细脉浸染状。伴生有益组份 Au、Ag、Se 和 Fe，均可综合利用。

矿物测温结果（190℃～355℃）表明，矿床可能属中温偏高的热液矿床。

三、土壤地球化学异常

1975年由三二七队物探分队在矿区及其外围80平方公里面积内作了1:2万土壤测量（测网200米×25～50米），获得的结果示于图2。从图2可以看出土壤异常分布的特征（表1）。

异常面积大，铜80ppm的异常范围达7平方公里。这一异常圈定了本区铜矿化分布的范围，目前见矿地段都在这一异常范围内。比如，见矿好的铜泉山—狮子山Ⅰ号异常、鼓架山Ⅱ号异常、棋盘山Ⅲ号异常、断龙颈Ⅳ异常和凤台山Ⅴ号异常。

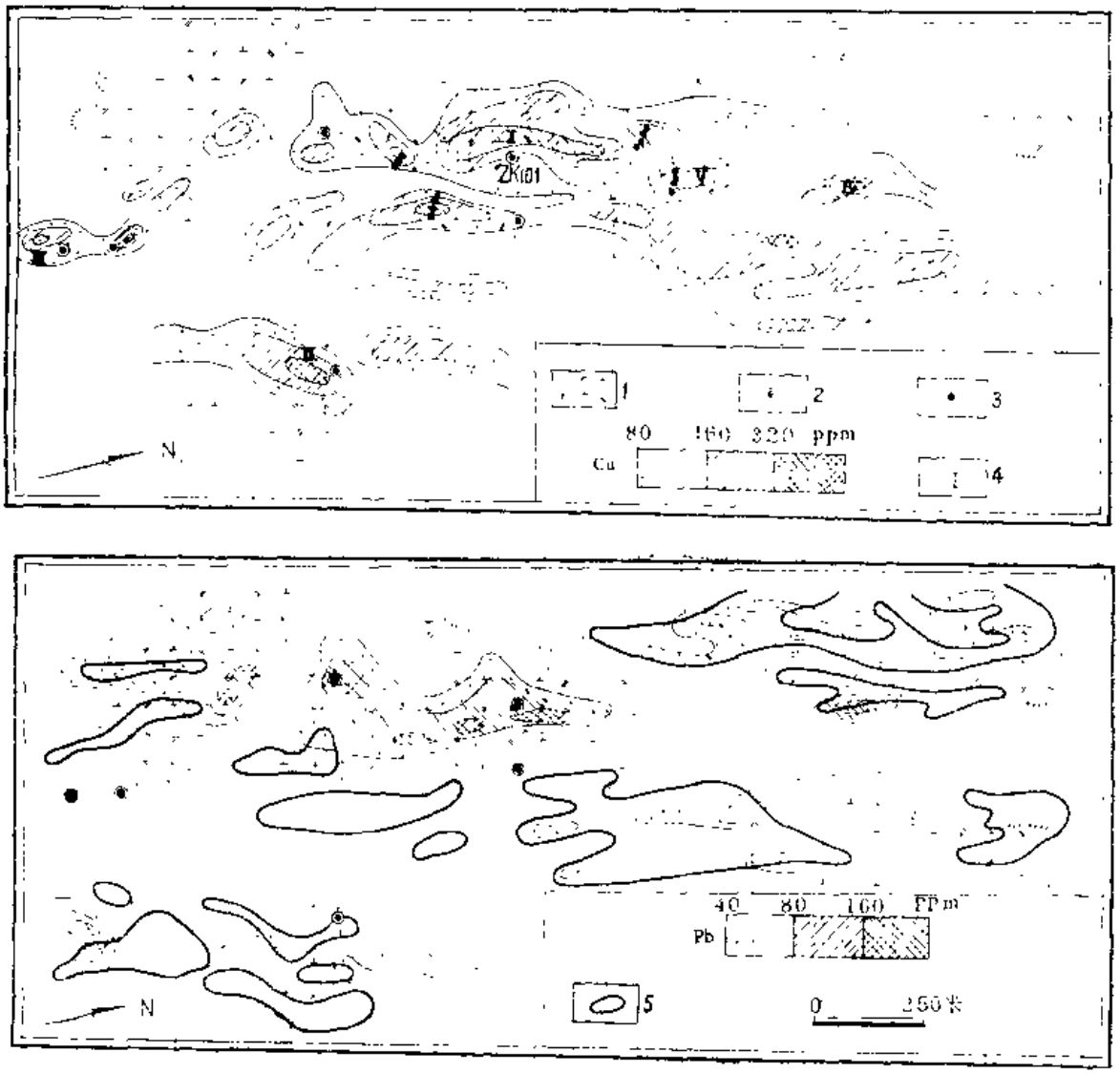


图 2 沙溪矿区土壤地球化学异常图

1—石英闪长斑岩；2—见矿钻孔；3—Mo10～20ppm；4—异常编号；5—Co>20ppm

铜异常规整，连续性好，异常具明显的内、中、外三带。外带80～160ppm，中带160～320ppm，内带≥320ppm。

异常中铜、钼含量与深部矿化直接有关。地表铜异常含量高达4000ppm的地段位于

土壤地球化学异常特征

表 1

异常名称	含量范围及平均值	异常元素的含量 (ppm) Cu	Mo	Pb	Zn	Co	Mn	Cu/Mo	异常面积 (S)KM²	异常形态	浓度梯度	主要元素组合	异常分带
Ⅰ铜泉山—狮子山异常(167)	含量范围	50—4000	5—60	20—700	50—400	5—500	100—5000	28	1.2	椭圆形	有明显浓集中心	Cu—Mo	中心带Cu、Mo边缘带Pb、Zn、Co
	平均值	198	7	28	73	10	900						
Ⅱ戟架山异常(80)	含量范围	50—1000		10—200	50—300	5—60	50—2500		1	椭圆形	有明显浓集中心		中心带Cu边缘带Pb、Zn、Co
	平均值	167		30	80	22	1670						
Ⅲ烘盘山异常(112)	含量范围	50—700	5—10	10—250	50—400	5—40	100—5000	32	0.8	等轴状	有明显浓集中心	Cu—Mo	中心带Cu、Mo边缘带Pb、Co
	平均值	160	5	30	85	20	1500						
Ⅳ断龙颈异常(50)	含量范围	50—600		15—2000	50—100	2.5—105	100—1500		0.9	椭圆形	有明显浓集中心		中心带Cu边缘带Pb、Co
	平均值	133		40	80	13	390						
Ⅵ龙头山异常(72)	含量范围	50—300		40—500	50—600	10—40	100—1500		0.9	椭圆形缺失内中带，只有零星高值点		Cu、Pb、Zn	中心带Cu边缘带Pb、Zn
	平均值	69		67	126	20	594						

注：（ ）内数字为参加统计的样品数。

见矿最好的ZK101孔旁。铜异常平均含量超过200ppm的地段，深部均见到了铜矿体。

钼异常往往出现在见矿好的铜异常中，呈点异常*，其最高含量为60ppm。

见矿好的铜异常中Pb、Zn含量不高（平均值Pb<40ppm；Zn<100ppm），Pb、Zn异常主要出现在Cu异常的边缘，无矿地段Pb、Zn含量都较高。比如，经钻探证实，仅见到矿化的龙头山VI Cu异常平均含量为69ppm，无Mo异常，而Pb、Zn含量却较高。

土壤异常具有分带特征。中心带为Cu异常，并伴有Mo异常；Pb和Zn的异常组成边缘带并伴有Co和Mn的异常。

此外，土壤剖面分层取样分析结果表明，Cu、Mo、Pb三元素在表层有富集的趋势（图3）。测定了本区18个土壤样品的pH值，其变化范围为5.3—7.1，属弱酸性至中性环境。铜在酸性环境下较活泼，中性时以铜的氧盐析出；钼在pH大于6.6时活动性较强，小于6.6时基本不活动。故推测本区土壤中Cu和Mo是处在活动性较弱的环境中，并可能以离子状态被粘土吸附。这对采用土壤地球化学方法是有利的，可以获得良好的结果。

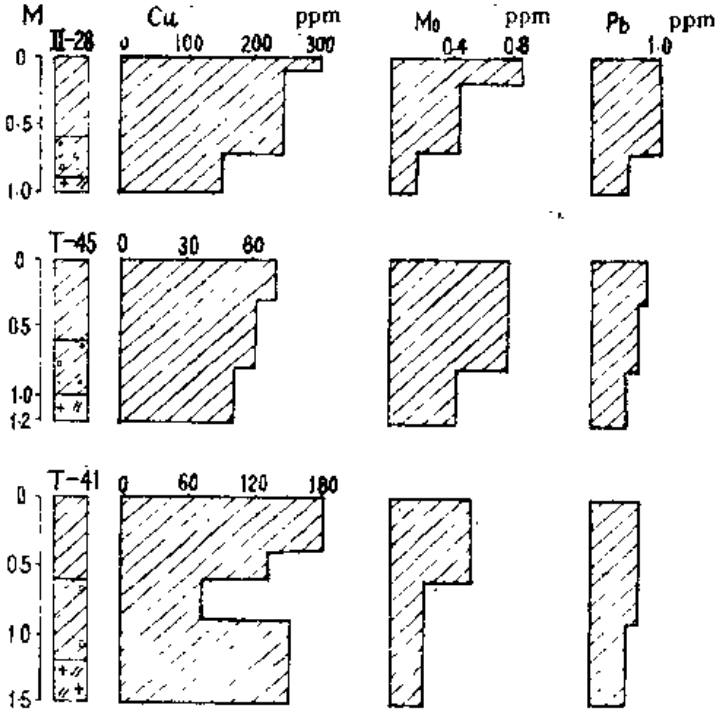


图 3　矿区土壤剖面中金属元素的含量变化

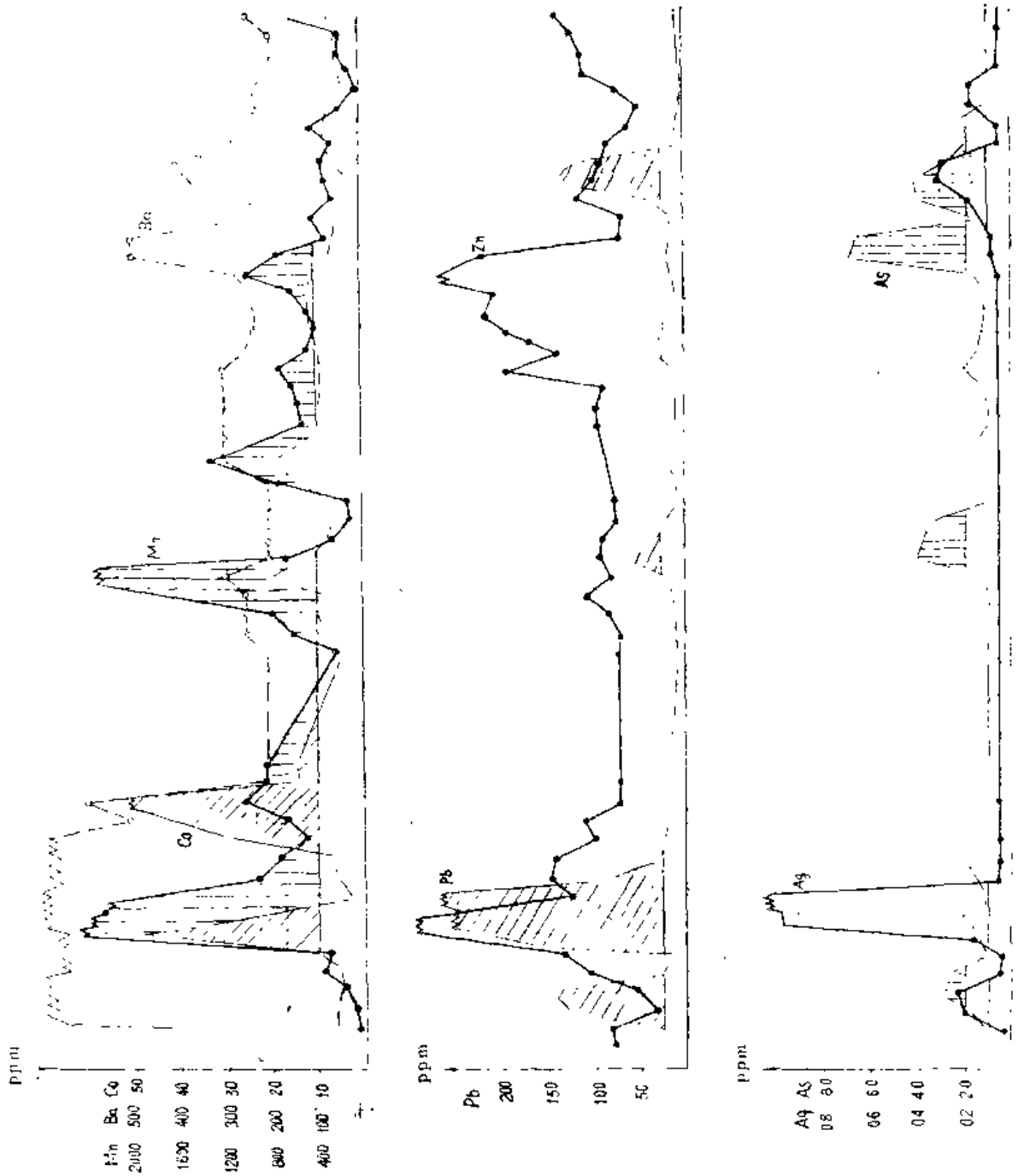
四、岩石地球化学异常

（一）地表原生异常

在矿区及外围八十平方公里内进行1:1万地质填图的同时采集了岩石样品。此外，还采了三条横穿主矿带和一条沿主矿带的剖面岩石样品。

图4是横穿主矿带的一条剖面岩石样品的分析结果。图上示出了两个地球化学异常

* 光谱垂直电极分析检测Mo的灵敏度较低(10ppm)。



带，构成了矿田异常。南东部的一个异常带位于本区主矿带上，是矿田异常的内部带，以Cu、Mo、Ag为主，伴有Pb、Zn、Co、Mn、Ba，并表现出逐渐向北西方向偏移的趋势；北西部的一个异常带位于主矿带西侧菖蒲山至打银山一带，为矿田异常的外围带，其Cu异常弱，无Mo异常，但Pb、Zn、Ag的异常较强，并出现很强的Co、Mn、Ba异常。从异常元素的组份特征对比可以看出，外围带（北西带）的矿化温度已明显偏低。

地质观察表明，北西带上发现有几处重晶石、方铅矿矿点。采自该地段的五个方铅矿、重晶石矿石样品光谱分析的结果表明，含Pb>1000ppm，Ba>10000ppm，Ag为n×10ppm，Zn100～600ppm，Mn1000～6000ppm，Cu60～500ppm。证明该点以Pb、Ag、

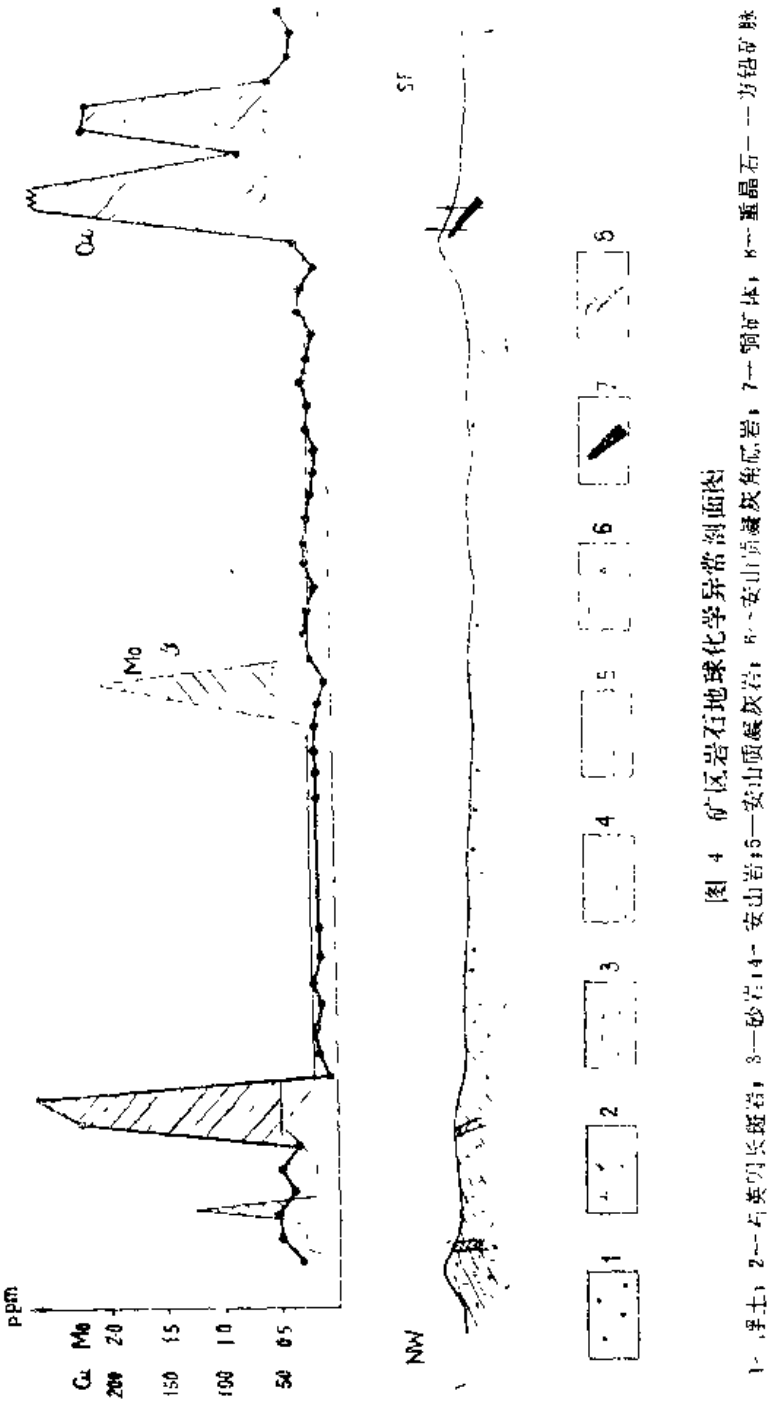


图 4　矿区岩石地球化学异常剖面图

1—泥土；2—石英闪长斑岩；3—砂岩；4—安山岩；5—安山质凝灰岩；6—安山质凝灰角砾岩；7—铜矿体；8—重晶石—方铅矿脉

Ba、Mn、Zn的高含量为特点。这两个带相距3～4公里，在空间上构成了矿田异常的一个总体。由于两个带中的元素组合大体一致，因而，在成因上可能是同源的。

从图 4 的南东段与图 5 可以看出矿床异常的分带。以Cu 异常为主的中心带，伴有 Mo 和Ag的异常，由 Pb、Zn、As、Co、Mn 的异常组成边缘带，后者围绕中心带Cu异常呈断续环状分布。两带之间呈交叠过渡关系。

根据异常的地球化学特征（表 2），将异常分为两类。第一类为（Ⅰ）—（Ⅳ）号，此类异常Cu异常规模较大、形态规整，具有明显的Cu、Mo、Ag异常组合，一般Cu含量200～400ppm，最高达3000ppm，Mo＞10ppm，Ag＞1ppm，其边缘常伴有Pb、Zn、Co、Mn 的异

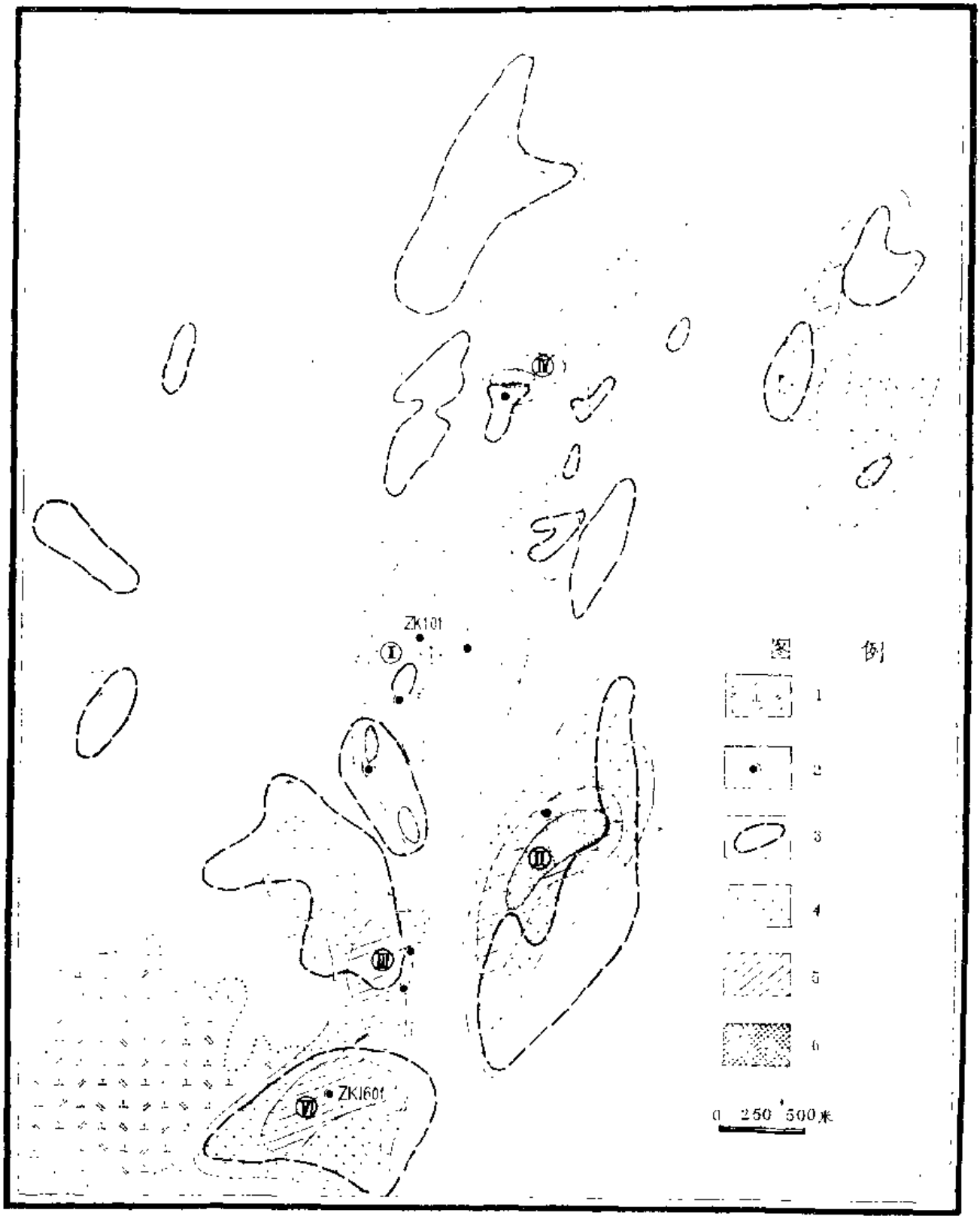


图 5 矿床岩石地球化学异常图

1—石英闪长斑岩；2—见矿钻孔；3—Pb≥30ppm；4—Cu100～300ppm；5—Cu300～900ppm；6—Cu>900ppm

常呈环状或半环状分布。实践证明，该类异常往往其深部有工业矿床。第二类（Ⅵ）—

地表岩石地球化学异常特征

表 2

名称	异常特征							地植物标志	地质特征	验证见矿情况
	主要元素组合	异常面积 KM^2	铜平均值 ppm	Pb+Zn/Cu	形态	浓度梯度	分带性			
Ⅰ铜泉山—狮子山异常	Cu、Mo、Ag	1.4	310 (29)	0.31	椭圆形	可分内、中、外三带有明显浓集中心	好（内带Cu、Mo、Ag，外带Pb、Zn、Co）	铜草、石竹、蝇子草、酸模	地表石英闪长斑岩岩株、岩枝，矿化强石英绢云母化发育。	见工业矿体ZK101见矿300M
Ⅱ鼓架山异常	Cu、Mo、Ag	1.2	500 (28)	0.31	椭圆形	可分内、中、外三带有明显浓集中心	好（内带Cu、Mo、Ag，外带Pb、Zn、Co）	铜草、石竹、酸模	异常北部有石英闪长斑岩，矿化蚀变普遍，孔雀石、褐铁矿网脉发育。	见工业矿体ZK1701见矿约200M
Ⅲ断龙颈异常	Cu、Mo、Ag	0.65	290 (18)	0.47	椭圆形	可分内、中、外三带有明显浓集中心	较好	铜草	石英闪长斑岩呈岩株，蚀变为石英绢云母化，见褐铁矿脉。	见工业矿体ZK3702见矿190M，ZK4101见矿82M
Ⅳ棋盘山异常	Cu、Mo、Ag	0.48	390 (18)	0.32	梭子状	可分内、中、外三带有明显浓集中心	好	铜草、石竹	石英闪长斑岩呈岩株，矿化普遍，具石英绢云母化，见沥青状褐铁矿、孔雀石，褐铁矿网脉发育。	见工业矿体ZK2801见矿63M
Ⅵ龙头山异常	Cu、Pb、Zn	0.34	240 (11)	2.2	椭圆形	缺失内带，无明显浓集中心	差	少量铜草	石英闪长斑岩零星出露矿化，蚀变不强。	局部见矿化，未见工业矿体
Ⅶ蒿蒲山异常	Cu、Pb、Zn	0.70	240 (20)	1.7	椭圆形	缺失内带，无明显浓集中心	差	少量铜草	角闪闪长斑岩具硅化，绢云母化，见重晶石、方铅矿脉。	已打两钻未见矿体

* 括弧内数字为样品数。

（Ⅶ）号异常，该类异常Cu异常的规模较小，具有Cu、Pb、Zn组合，Cu一般<200ppm，连续性差，缺失内带或只出现零星高点，但Pb、Zn的含量较高，Pb>100ppm、Zn>200ppm，分带性不明显，这类异常经工程揭露证实为矿化或无矿异常。

（二）钻孔原生异常

对矿区1、9、17线三条勘探剖面的钻孔岩芯进行了系统采样分析，研究了矿体周围三度空间内地球化学原生异常分布的特点（图6）。

Cu异常具有明显的浓度分带。将Cu异常划分为内、中、外三个浓度带，Cu≥800ppm的内带异常包裹矿体，清楚地反映了矿体的形态；Cu≥200～800ppm的中带异常反映了矿带范围；Cu100～200ppm的外带异常，反映了弱矿化范围。异常浓度随着远离矿体有规律的递减。统计计算了自内至外各浓度带的浓度衰减*（每百米的平均浓度衰减量），其衰减倍数为1、0.13、0.30。表明这类矿床铜异常的浓度衰减比较慢。

Ag是组成铜矿体原生晕的重要元素，Ag异常不仅形态上与Cu异常一致，而且Ag**的0.1ppm与Cu800ppm的等值线相一致，紧邻矿体。0.2ppm以上的Ag异常离矿体前缘的距离约60米，0.1～0.2ppm的Ag异常离矿体前缘的距离约200米。Ag×1000/Cu比值计算结果：矿体前缘比值大于1，矿体内或矿体下盘均小于0.5。这说明Ag在铜矿体的前缘含量高、延伸距离较大，为铜矿体的前缘异常。单矿物分析结果表明，Ag主要赋存在铜矿物中，黄铜矿中含Ag平均达23.8ppm，斑铜矿中含Ag高达405ppm，因而，在无Pb异常干扰的情况下Ag可做为铜矿体的近矿标志。

对1线勘探剖面按等间距抽取332个样品，用11个元素（变量）进行了因子分析，经方差极大旋转后的因子载荷矩阵（表3）获得了六个因子：第一因子为Co、Zn、Mn、Ni，与黄铁矿化有关；第二因子Cu、Ag组合是铜矿的主要成矿因子；第三因子Sr、Ba，与重晶石石英脉有关；第四因子Pb和第五因子Mo分别反映了Pb、Mo矿化；第六因子B可能与气成热液活动有关。Cu、Ag组成一个因子，相关系数为0.66。因而，认为Ag异常与铜矿化直接有关，不仅在空间上与矿体紧密相邻，而且在时间上与矿体可能同时形成。这就有理由认为，Ag是斑岩铜矿的有效指标。

Mo与铜矿体在空间上紧密伴生。铜矿体中Mo异常呈分枝状分布，沿矿体的倾斜方向向下有较强的钼异常。据岩芯观察，不多的辉钼矿呈薄膜状零星散布于岩石裂隙中。Cu与Mo相关系数为0.065。因子分析结果表明Mo为单独的一个因子。这些都说明Mo与Cu在成因关系上不密切。

从图6和图7可以清楚看出：剖面上异常元素具有分带性。Cu、Ag、Mo异常位子矿体部位，Pb、Zn、Co、Ba等元素异常位于矿体上盘及边缘。图6可看出Pb、Zn异常离矿体的垂直距离约200米；Co异常范围与Pb、Zn异常位置相当，与黄铁矿化的范围基本一致。Ba异常主要位于矿体前缘。

在矿区普查评价过程中，根据岩石和土壤地球化学异常特征，结合地质情况布钻的见矿率达到80%以上。化探异常较好的Ⅰ—Ⅴ号异常深部均见到了工业矿体，取得了很好的

---

* 浓度衰减量 $=\frac{\text{两相邻浓度带浓度平均值之差}}{\text{两浓度带的宽度之差}}\times 100$；

** Ag的检出灵敏度为0.05ppm（物探所分析）

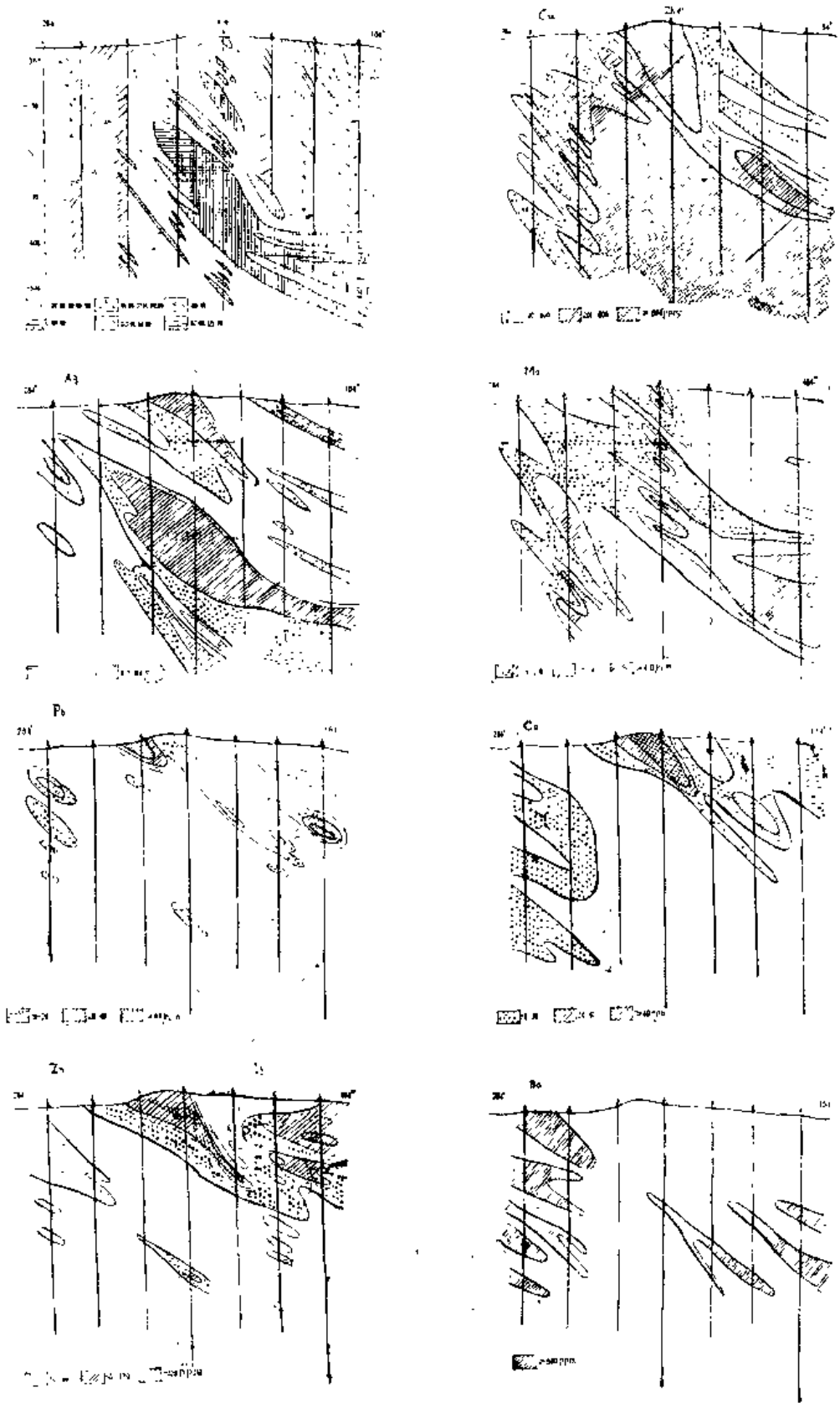


图 6　一线勘探剖面原生异常图

找矿效果。从而表明在普查勘探阶段，使用化探方法可以迅速缩小找矿靶区，同时还能大

大提高工程的见矿率。

方差极大旋转后因子载荷矩阵　　表 3

元素 / 因子	Ba	B	Cu	Pb	Mn	Ni	Mo	Ag	Zn	Co	Sr
F_1	092	061	−084	029	848	685	019	098	848	936	−154
F_2	−116	−099	891	−013	−074	−106	025	905	257	007	239
F_3	888	−035	022	−006	169	000	016	068	−133	−123	814
F_4	002	043	−082	972	081	−029	−009	069	177	035	−012
F_5	023	−005	051	−010	048	−036	998	−018	−003	024	−005
F_6	025	986	−177	045	062	060	−005	045	−020	001	−071

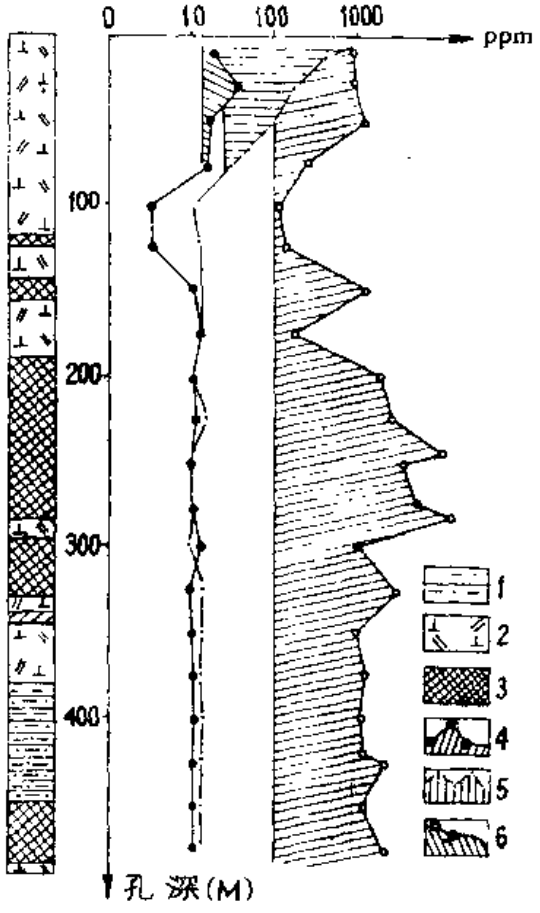


图 7　沙溪矿区钻孔岩石中元素分布图

1—砂岩；2—石英闪长斑岩；3—铜矿体；4—钴异常曲线；
5—铅异常曲线；6—铜异常曲线

五、岩体含矿性评价的地球化学标志

斑岩体是寻找斑岩铜矿的重要地质标志之一，但不是所有的斑岩体都含矿。如何应用地球化学方法对斑岩体的含矿性作出初步的快速评价，这对寻找斑岩铜（钼）矿床是有意义的。为此，我们对矿区含矿岩体的地球化学标志进行了研究。

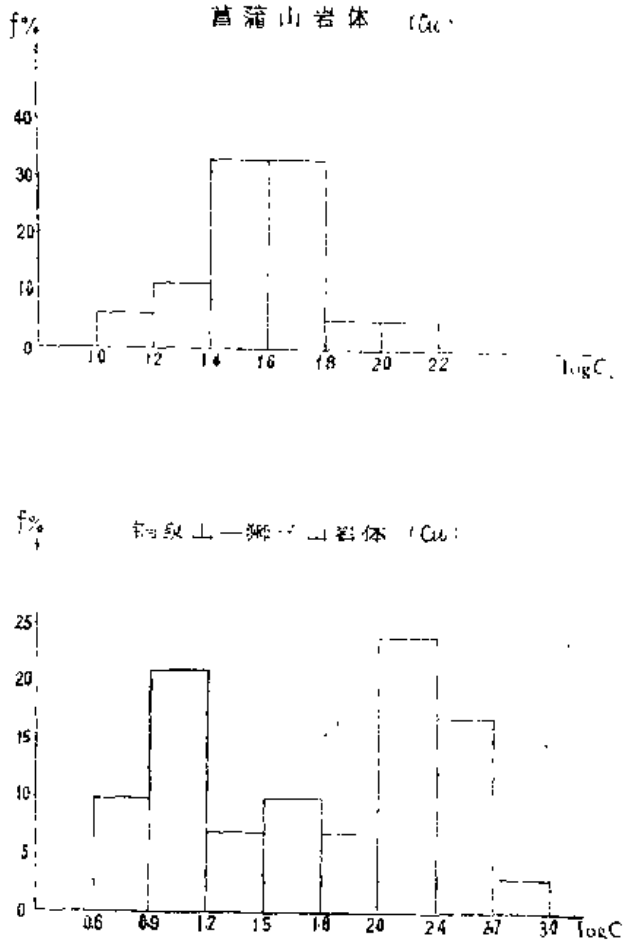


图 8　岩体频率分布直方图

按地质特征划分，对两个不同岩体分别采样。样品要有代表性，采用随机取样，使样品尽量均匀分布，每个岩体约采集50个左右的样品。

用原子吸收光谱分析测定了Cu、Pb、Zn、Ni、Co和Mn等元素。资料整理时舍弃了Cu＞1000ppm的个别高点，以消除特高点对平均值和离差的影响。但当大于 1000ppm 的 Cu 含量点有一定比例时不应舍弃，应全部参加统计。

将所得数据经统计结果列于表 4，对此含矿岩体和无矿岩体的特征，提出下列地球化学评价标志：

1．平均值（$\bar{X}$）。铜的平均值大小是矿化的重要标志。凡含矿好的岩体，Cu 平均值普遍较高，Cu 的算术平均值大于100ppm，几何平均值大于60ppm。而矿化或无矿岩体算术平均值一般小于50ppm。这一参数是很明显的。

2．标准离差（σ）和变异系数（$\sigma/\bar{X}$）。标准离差是衡量元素含量变化幅度的标志。

当平均值相同的情况下，标准离差越大，说明元素含量的起伏变化越大，越有利于局部地段富集。表中可见，含矿岩体的算术标准离差大于 150，无矿岩体小于 50；含矿岩体与无矿岩体的变异系数也有差异，前者大于 1，后者小于 1，但不同岩类如火成岩与火山岩似乎不能相比。

3．分布模型。当岩体在没有后期矿液叠加时，元素在岩体中的分布模型趋于正态分布，在频率分布直方图上往往呈现单峰。若受到后期矿液叠加时，元素的分布模型在频率分布直方图上呈现为双峰或多峰（图 8）。这表明除成岩过程中铜的分布外，还有后期含矿热液的叠加。这也是区别斑岩体有无成矿作用的一种标志。

4．Cu、Mo组合。Mo是斑岩铜矿的主要伴生组份，几乎所有斑岩铜矿中均有辉钼矿存在。因此，Cu、Mo组合也是含矿岩体的一种标志。

岩体特征值一览表　　表 4

岩体名称	Cu 的平均值 ($\bar{X}$) 标准离差(σ)				变异系数	分布	Cu—Mo	备注
	算术 (ppm)	几何 (ppm)	算术	几何	(算术 $\sigma/\bar{X}$)	模型	组合	(参加统计样品数)
铜泉山—狮子山石英闪长斑岩	146	61	160	4.6	1.09	双峰	明显	见工业矿体(40)
断龙颈黑云母闪长斑岩	170	88	229	3.2	1.35	双峰	不明显	局部已见工业矿体(25)
沙湖山斑状闪长岩	228	150	226	3.2	1.0	双峰	不明显	未验证(29)
龙头山石英闪长斑岩	33	25	10	1.4	0.30	单峰	不明显	见矿化(39)
团山安山斑岩	15	7	21	3.5	1.38	单峰	不明显	见矿(17)
葛藤山角闪闪长斑岩	67	56	37	2.0	0.55	单峰	不明显	未见矿(17)
渣巴山粗安斑岩	29	15	43	1.1	1.48	单峰	不明显	见矿(34)

上述几点，可以作为斑岩铜矿岩体含矿性评价的地球化学标志。

六、黄铁矿中微量元素的找矿意义

黄铁矿是自然界中分布极为普遍的一种矿物，在一定意义上又是某些元素的载体矿物，且多与工业意义的矿化活动紧密伴生。因而，能否利用黄铁矿中微量元素的分布特征指示找矿，也是地球化学工作者所重视和研究的一个问题。我们根据矿区30多个黄铁矿单矿物样品，这些样品系采自不同深度、不同产状及不同矿化部位，对资料[2]进行了整理，获得下列认识：

1．含矿地段与无矿地段的黄铁矿中微量元素含量有明显差异。从表 5 可见，产于含矿地段的黄铁矿内主要成矿元素Cu及微量元素Au、Ag、Co、Se、Te的含量均较高。

表 5

类型	含量范围	Cu (ppm)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Co (ppm)	Se (ppm)	Te (ppm)	样品数
含矿地段黄铁矿	最高含量		14.6	52.5	1920	183	118	17
	最低含量		0.8	4.7	70	47	3.7	
	平均值	1190(4)	7.7	22.3	554	106	19	
无矿地段黄铁矿	最高含量		4.4	6.6	720	159	8	6
	最低含量		1.4	2.3	40	35	2.8	
	平均值		3.1	5.8	425	81	5.1	

注：括弧内数字为样品数。

2．不同产状的黄铁矿中微量元素含量有差异。黄铁矿中 Cu、Au、Ag、Co、Se 的含量以

细脉状的最高，浸染状的其次，大脉状的最低（表6），Pb、Zn的含量则相反。可见主要成矿阶段的黄铁矿中Cu、Au、Ag、Co和Se等元素含量较高。这是一种很有意义的标志。

不同产状黄铁矿中微量元素的含量(ppm)　　表 6

产状	含量范围	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Co	Se	Te	Ge	样品数
细脉状黄铁矿	最高含量	1940	490	20	16.4	6.89	1900	54	17.8	7	6
	最低含量	730	10		0.1	<2.0	80	11	3.9	1	(Cu两个样
	平均值	1340	185		3.9	3.2	490	37	10.3	3.7	品,Zn一个)
浸染状黄铁矿	最高含量	1640	870	140	2.2	6.3	360	50	30.8	3	8
	最低含量	630	10		0.1	2.5	80	5	3.9	1	(Cu两个样
	平均值	1040	386		0.7	2.8	166	25	10.6	2	品,Zn一个)
大脉状黄铁矿					0.4		160	17	5.1		1

3. 同种产状的黄铁矿随着不同标高，由深部至浅部Au、Ag、Se、Te的含量有逐渐降低的趋势（表7）。同样，自矿体中心部位向边缘Ag、Co、Se的含量亦有逐渐降低趋势（表8）。这说明，随着成矿温度的降低，黄铁矿中微量元素的含量逐渐减少。

不同标高黄铁矿（同种产状）中微量元素的变化　　表 7

标高 (M)	Au	Ag	Se	Te(ppm)
−30	0.8	4.7	105	6.5
−100	4.4	4.9	35	7.1
−200		15.3	52	8.6
−280	3.6	33.2	52	
−380	16.2	52.5	108	118

自矿体中心向边缘同种产状黄铁矿中微量元素含量的变化　　表 8

元素 (ppm)	←中心→					
	37线	17线	9线	1线	28线	沙湖山
Ag	3.15	3.19		4.38	3.4	
Co	360	120	160	1556	150	80
Se	10	43	25	33	26	5

这只是初步研究。如果上述特征具有普遍意义，则有可能利用黄铁矿中微量元素的分布特征作为斑岩铜矿找矿的另一种评价标志。

七、结　　论

通过总结矿区斑岩铜矿地球化学异常特征及初步工程验证有如下认识：

1．实践表明矿异常的特征为：有Cu、Ag、Mo元素组合；Cu异常一般大于200ppm，Pb、Zn含量较低；铜异常有明显浓集中心，异常连续性好，浓度分带明显；异常具有组份分带；有铜草、石竹、蝇子草、酸模等明显指示地植物群落出现。

2．矿区地球化学异常存在着矿田和矿床以及矿体原生晕的不同的组份分带。矿田异常的内部带以Cu、Ag、Mo为主伴有Pb、Zn、Co、Mn异常，外围带Pb、Ag、Zn、Mn、Ba的含量较高，两带有明显界线；矿床异常以Cu、Mo、Ag组成中心带，Pb、Zn、Ag、Co、Mn组成边缘带，边缘带异常围绕中心带呈环状、半环状分布，两带成交叠过渡关系；Cu、Ag异常则直接构成了铜矿体的原生晕。实际资料表明，Ag是铜矿体的近矿标志。Mo与Cu在空间上紧密伴生，但在成因上并非同一次矿液活动的产物。

3．化探与地质密切结合，对矿区的重新发现和扩大远景起了重要作用，表明在普查勘探过程中化探是一种有效的找矿手段。

4．文中提到的黄铁矿中微量元素的地球化学特征和岩体含矿性的地球化学评价标志，可能是另一种新的地球化学找矿标志，值得注意，并继续加以研究。

在我们工作的过程中得到了安徽省三二七地质队、安徽省物探大队和安徽省地质局实验室的大力帮助，在此，表示衷心感谢。

参加本项工作的还有物探所的吴承烈、古平等、郑元香和安徽三二七队的崔英化等同志。

参 考 文 献

〔1〕 安徽省地质局三二七地质队：安徽庐江沙溪铜矿区铜泉山矿床普查评价报告1977年(内部)。

〔2〕 安徽省地质局实验室鉴定组：三二七地质队沙溪铜矿岩石、围岩蚀变及伴生元素赋存状态，1977年，(内部)。

化探在大平山铜矿床的发现和勘探中的作用

张作训

江苏省地质局第一地质队

大平山土壤铜异常，是在1961年由江苏省物探队209队在该区进行1:1万土壤测量时首次发现的。1969年华东冶金勘探公司814队又重新检查，做了1/2千土壤测量和一条综合电法剖面，证实该异常可能由含铜硫化物引起。至直1970年底，我队在该异常上布钻验证，首钻就见到了较厚的铜矿体，从此才进一步肯定了异常的性质。

勘探工作开始后，地质部物探研究所化探室、江苏省物探队及我队在本矿区继续作了土壤和岩石测量。这一工作结果，对指导勘探和查明控矿因素，起了主要作用。

一、矿区地质概况

矿区位于宁芜火山岩盆地的东部边缘。出露地层主要有象山群（$J_{1-2}x_s$）和龙王山组（J_3l）。象山群为砂页岩地层，呈一向北西倾斜的单斜；龙王山组主要为粗安质火山碎屑岩，产状平缓，以角度不整合盖在象山群之上（图1）。

区内浅成侵入岩发育，主要有石英闪长斑岩，钠长斑岩，呈岩株或岩枝状产出。其次有辉石二长斑岩，呈岩脉产出。

矿区上要构造线为北北东方向，表现在地层走向，岩体长轴方向和压性断层；其次北西向和东西向构造也较发育，前者表现为张扭性断层和岩脉的方向，后者表现为压扭性断层的方向。

铜矿体赋存在粗火山碎屑岩的中下部。矿体呈扁豆体或透镜体产出，产状平缓，与火山岩倾斜一致。各矿体上、下叠置，组成一个向北西陡倾斜的狭长矿带，全长1100米，最大宽度240米，最大累计厚度120米。矿带走向北北东，与矿区主要构造线平行。矿体膨大部分位于北北东和北西向构造交叉处。

矿石呈细脉浸染状构造，主要有用矿物为黄铜矿、黄铁矿。矿石品位较低，铜平均品位0.479%，围岩含铜平均0.038%，矿石与围岩二者呈过渡关系。

矿区围岩蚀变有青盘岩化，绢云母化，碳酸岩化，钾钠长石化，并有一定分带现象。矿体产于绢云母、碳酸盐、钾钠长石化带中。

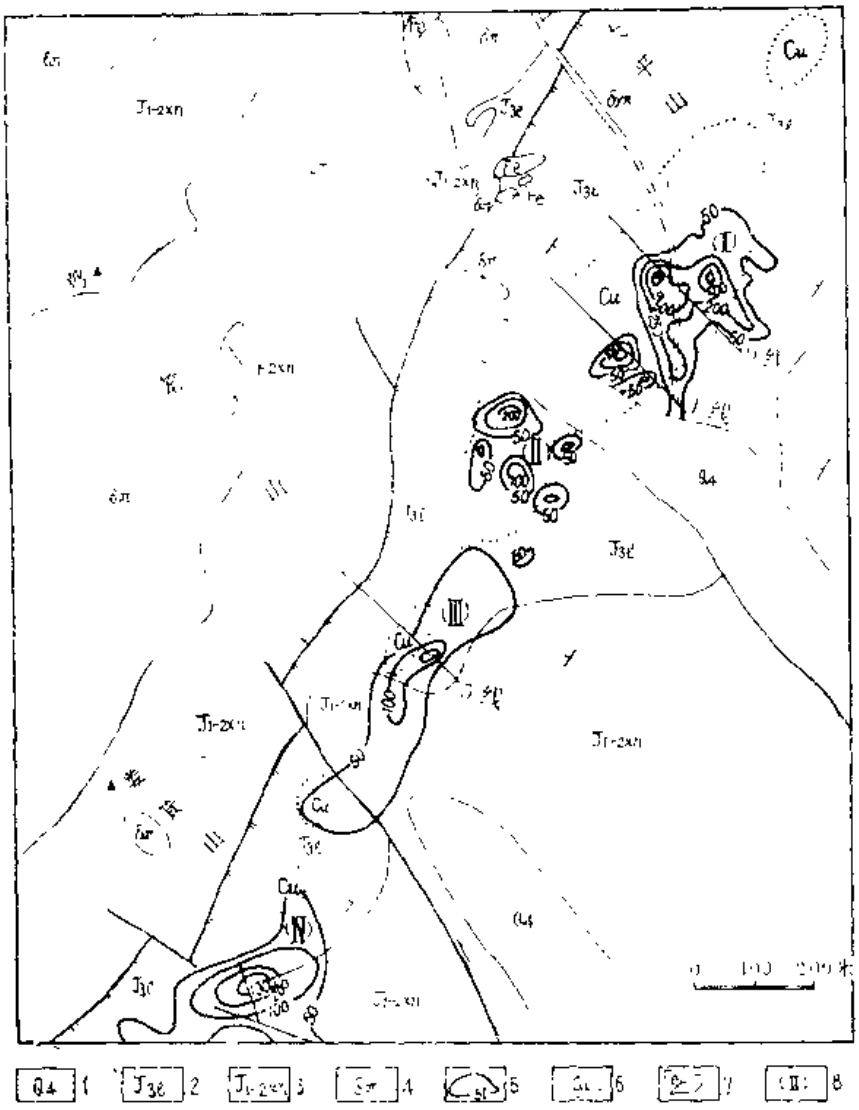


图 1　大平山铜矿区土壤铜异常等值线图

1—第四系冲积物；2—上侏罗统龙王山组；3—下、中侏罗统象山群；4—闪长斑岩；5—土壤铜含量等值线；6—铜矿体投影边界；7—镜铁矿；8—异常编号

二、土壤测量结果

如前所述，该矿床是根据次生铜异常发现的。土壤测量采用的网度是10×20米。在大平山地区获得两个铜异常群（Ⅰ、Ⅱ号异常）。Ⅰ号异常分布在大平山南坡坡脚处；Ⅱ号异常分布在鸡笼山山脚，两个异常群之间被第四系冲积物隔开（见图1）。

1号异常较大，铜最高峰值3500ppm，一般500ppm以下。Ⅱ号异常值低，分布零星。由于地形坡度较缓、异常位移较小。以50ppm为异常下限圈定的异常边界经钻探验证，在异常边界范围内大部分地段均见到了工业铜矿体。

在勘探工作的同时，在矿区南部娄箕山作了1:5千土壤测量。采用20米×50米测网，亦发现了一个铜异常群（Ⅲ、Ⅳ号异常），呈北北东向带状展布。该异常是大平山异常的南延部份，铜最高峰值2500ppm。对Ⅲ、Ⅳ号异常进行钻探验证，仅局部见到了小铜矿体。

三、岩石测量结果

在勘探过程中做了大量岩石测量工作。先后在六条勘探线的地表和钻孔岩芯中系统采集了岩石样品，样长 2～5 米，每个样品为连续拣块的混合样。经光谱分析出现了多种元素的异常（Cu、As、Ag、Co、Mo、Zn、Mn、B）。其中铜、砷、银三种元素密切相关，是主要成矿期的元素组合。

铜原生晕的形态与矿体一致。铜异常含量在垂直火山岩层面的方向递减很快，而顺层方向则减慢，并有一定延伸（图2、3）。这一点对矿体的连结具有指导作用。

砷和银晕的形态也与铜矿体形态基本一致，只是银异常分布的范围比铜小（这是因为分析灵敏度不够），集中在铜矿体的下部（图4、5）。在砷含量较高的地段，采用化学定量分析，较准确地测出了高含量的样品，因此，在砷含量等值线剖面图上出现明显的浓集中心。这一成果，对阐明矿液来源和原生晕形成的机理提供了依据(图6、7、8)。

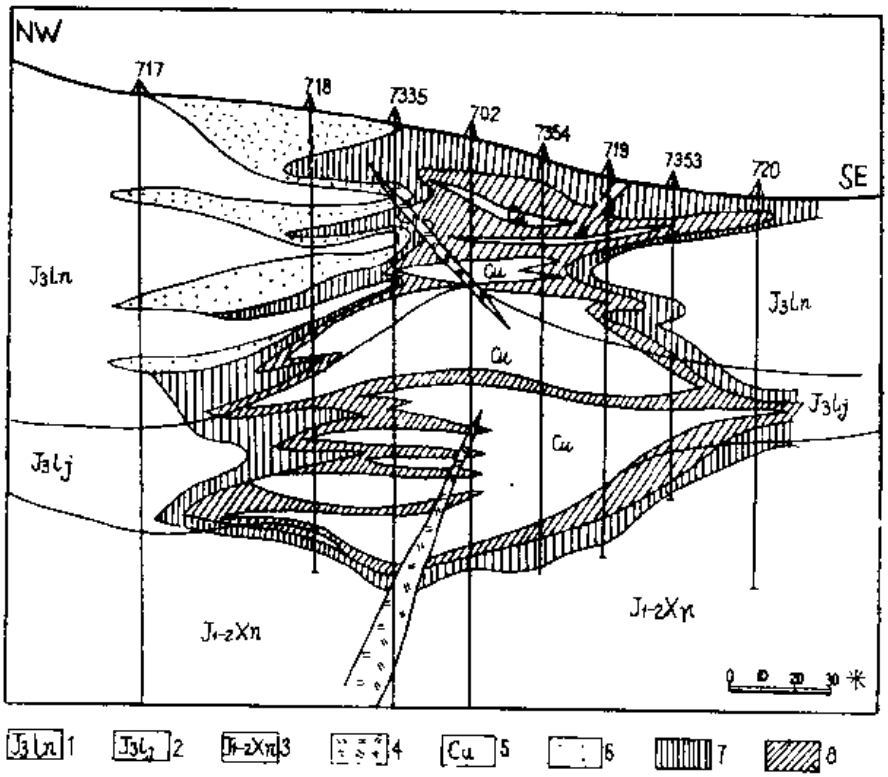


图 2　零线剖面铜原生晕图

1—龙王山组角砾凝灰岩；2—龙王山组集块角砾岩；3—象山群砂页岩；4—辉石二长岩脉；5—铜矿体；6—Cu25～200ppm；7—Cu200～800ppm；8—Cu≥800ppm

钴、钼、锌、锰、硼的异常与铜、银、砷异常及铜矿体的形态不一致。从图 9 和图10可以看出，钴和钼异常与晚期构造有关。进而推论，它们是在主要成矿作用之后的另一次热液活动的产物。

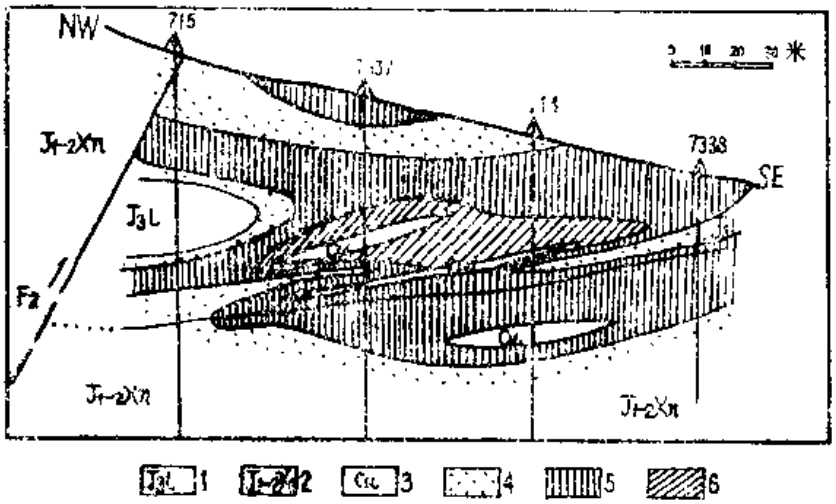


图 3　5线剖面铜原生晕图

1—龙王山凝灰岩；2—象山群砂岩；3—铜矿体；4—铜25—200ppm；5—铜200～800ppm；6—铜≥800ppm

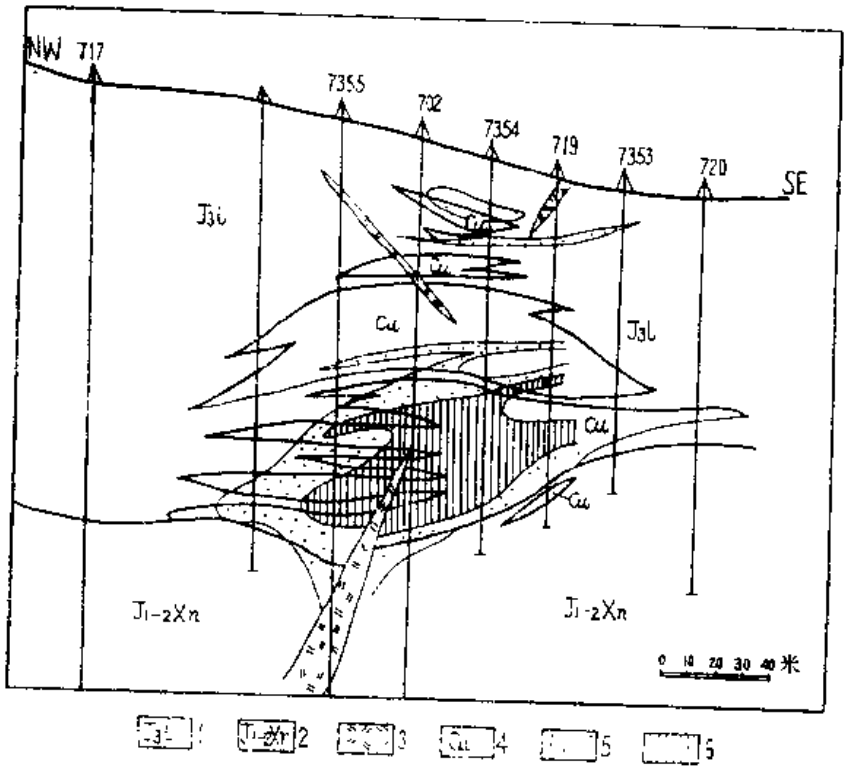


图 4　零线剖面银原生晕图

1—龙王山组火山岩；2—象山群砂页岩；3—辉石二长斑岩；4—铜矿体；5—银0.2～1ppm；6—银≥1ppm

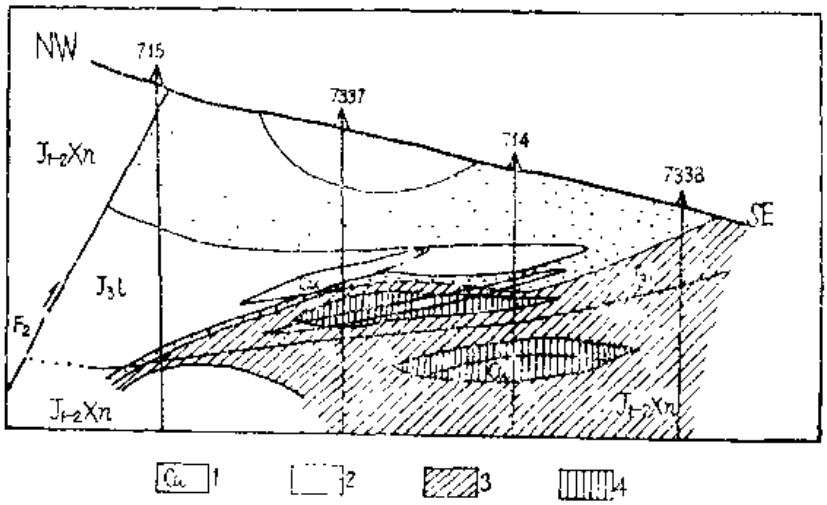


图 5　5 线剖面砷原生晕图

1—铜矿体；2—砷25～200ppm；3—砷200～400ppm；4—砷>400ppm

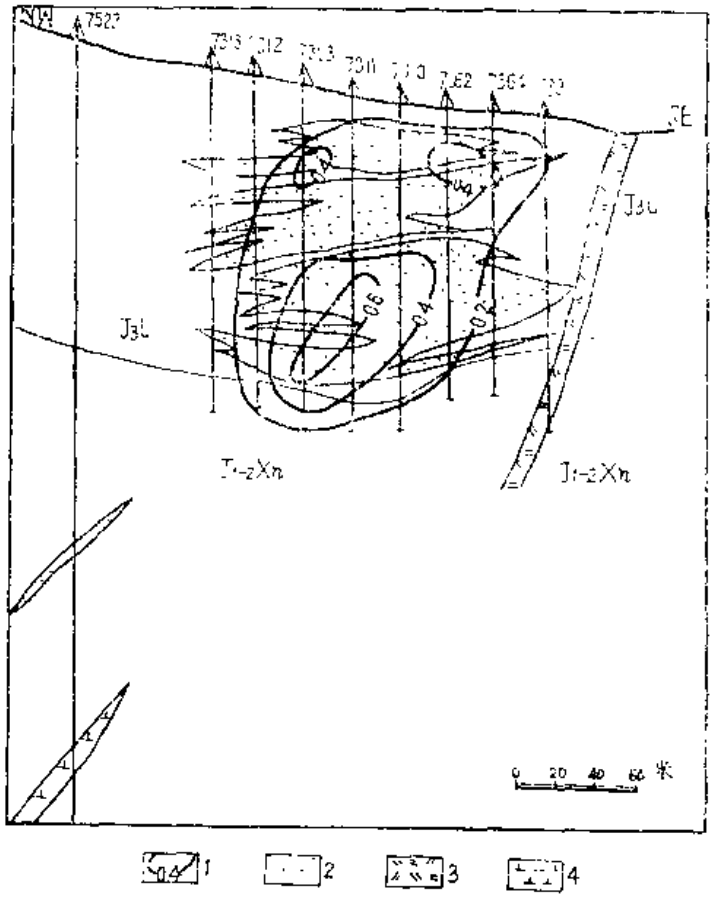


图 6　零＋1 线剖面砷含量等值线图

1—砷含量等值线（%）；2—铜矿体；3—辉石二长斑岩；4—闪长斑岩

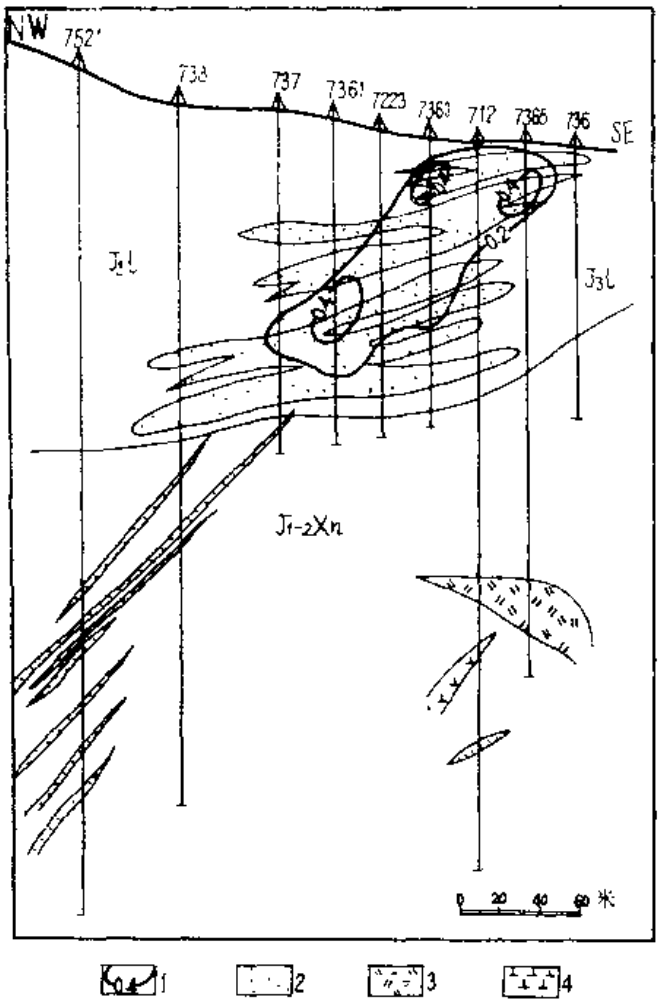


图 7　1 线剖面砷含量等值线图

1—砷含量等值线；2—铜矿体；
3—辉石二长斑岩；4—闪长斑岩

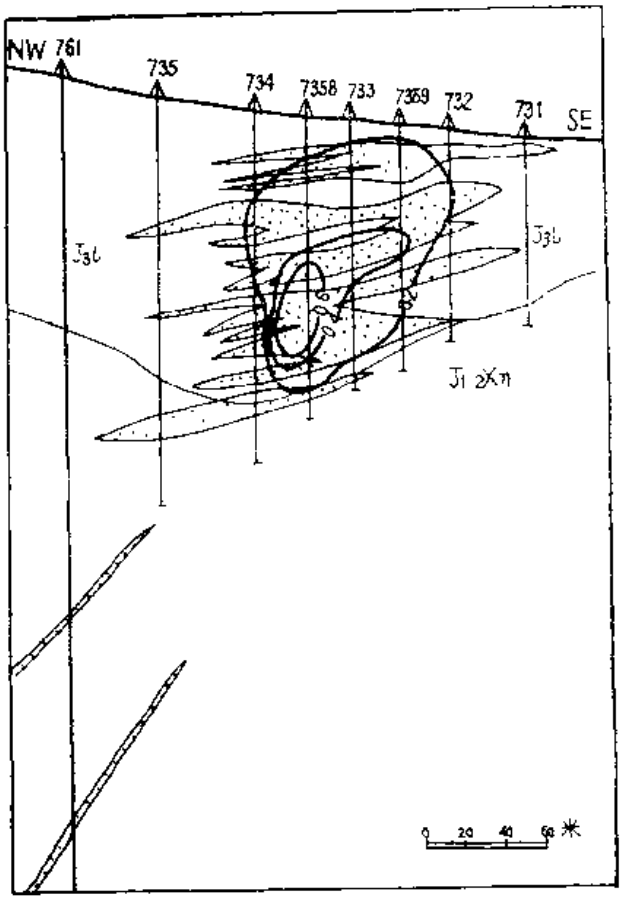




图 8　1 + 1 线剖面砷含量等值线图

1—砷含量等值线；2—钼矿

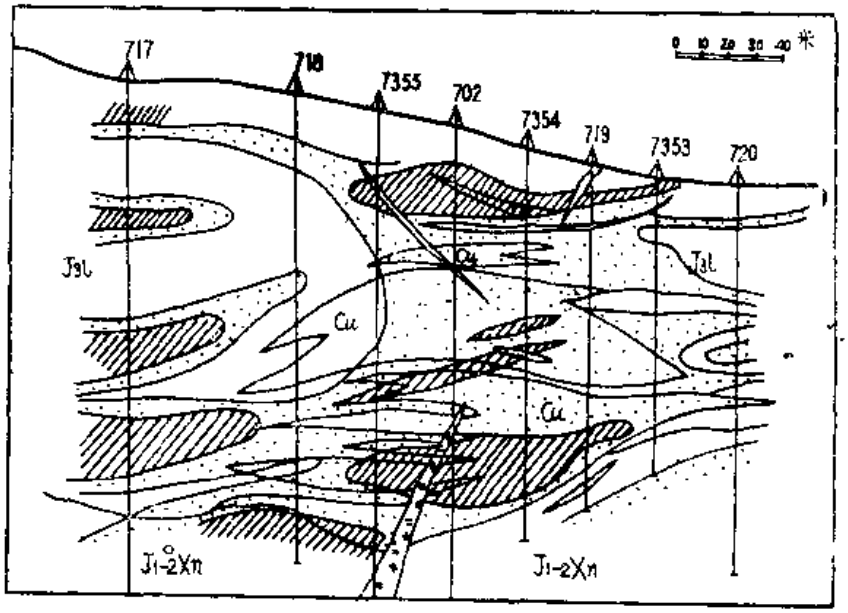




图 9　零线剖面钻原生晕图

1—铜矿体；2—钴10～20ppm；3—钴20～80ppm

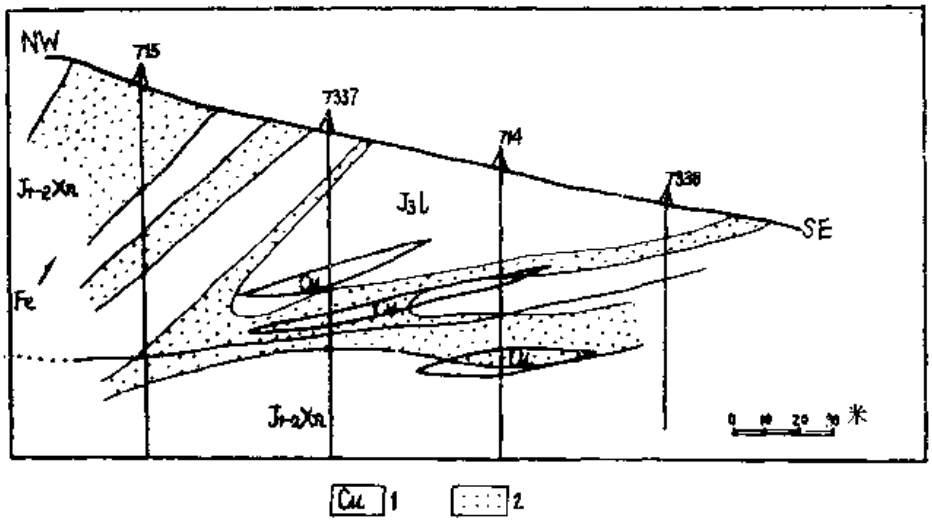


图 10　5 线剖面钼原生晕图

1—铜矿体；2—钼1～4ppm

四、讨　　论

1．用含量等值线勾划出的砷的原生异常其总体轮廓与铜矿体大体相似，在矿带中心还显示出一个陡倾斜的高浓度区(图6、7、8)。这个陡倾角的高浓度区指示了含矿热液通道的大致位置。它是由一个不宽的陡倾斜的裂隙带组成，从深部向上切穿象山群砂岩和龙王山组火山岩。裂隙走向为北北东，倾向北西，在 0 线—1 线间矿体膨大处另有一组北北西方向的裂隙与其相交。看来矿液是沿陡倾斜的裂隙带上升，并在火山岩中有利部位成矿，因而矿体的形态都是中心膨大，向两侧分叉尖灭。

在勘探过程中，对大平山矿床的成因有这样几种说法：（1）铜矿与火山岩同生；（2）火山岩下存在隐爆角砾岩筒；（3）自侵入体向铜矿的侧向水平分带说等等。但是，这些说法都不能从地球化学工作的结果中得到证实。相反，原生晕的资料尤其是砷异常分布模式以及矿液通道的发现表明，本区矿床可能属热液成因类型。

在勘探工作即将结束时，我们根据矿液通道的线索和设想，在0＋1线，1线和1＋1线三条剖面的北西方向打了 761、7521、7522 等几个深孔、均在预定的位置上见到了铜矿脉。但由于象山群砂页岩中裂隙不发育，岩性不利于交代，矿脉太薄，不具有工业意义。

2．含铜矿液是沿火山岩中裂隙和火山碎屑之间的孔隙流渗和扩散，并以充填或交代方式沉淀出含铜矿物，因此，岩石中裂隙发育的程度和孔隙度对成矿有着直接的控制作用。粗碎屑火山岩中孔隙度大，所以矿化作用也较强，而细碎屑火山岩和熔岩孔隙度小，矿化作用也较弱。由于岩性的差异影响了矿液在不同方向的渗滤效应，使原生晕在顺层方向上递减缓慢，其晕拉长，而垂直层面递减很快，其晕变短。实际上，铜矿体也总是顺层发育的。

3．剖面岩石测量结果发现，在大平山矿段（图2）铜矿体较大，但铜矿体的原生晕并不大（这是指晕相对于矿体来说）。而在鸡笼山—娄箕山矿段（图5）铜矿体较小，但铜矿体的原生晕却较大。这一事实与以往其他矿区所总结的原生晕的规模与矿体的规模成

正比关系不一致。这种反常现象是由大平山矿区特定的地质条件所决定。

如前所述，大平山铜矿的矿液通道是矿体下盘的一个不太发育的裂隙带。当矿液从象山群砂页岩中沿裂隙上升，到达龙王山组中、下部的粗火山碎屑岩中，温度、压力急剧减低，热液活动能力骤减，虽然岩性有利于成矿，可以形成较大的矿体，但在矿体周围却不能形成较大的原生晕。而当不存在粗火山碎屑岩时，热液在细火山碎屑岩中活动空间较小，温度、压力降低较慢，虽然岩性不利于形成矿体，但却形成了较大的原生晕（分散矿化）。

4．大平山矿段和鸡笼山—娄箕山矿段地表土壤铜异常都是由于浅部的贫铜矿体或矿化围岩暴露地表所引起。它们所处的地质环境主要差别是：在大平山矿段，火山碎屑岩较厚，深部粗火山碎屑岩发育；而鸡笼山—娄箕山矿段，只发育细火山碎屑岩，厚度很薄。

因此，对异常的评价还应考虑火山岩的发育特点。从大平山的经验来看，在火山碎屑岩层厚度大，深部发育粗火山碎屑岩层的地段出现异常，深部有可能找到工业矿体；反之，在火山碎屑岩层很薄、粒度较细的地段，虽然地表有较大的异常，也不一定有工业矿体存在。

5．从土壤测量结果可以看出，铜异常的发育情况与岩石的风化剥蚀及第四系掩盖的程度有关。异常往往出现在向阳坡，异常中心地段常见强烈风化的岩石裸露地表。由于气候湿润，淋滤作用很强，铜的炭酸盐矿物少见，铜可能呈氧化物或离子状态被吸附在粘土矿物中，因此肉眼一般看不到含铜矿物。在大平山与鸡笼山之间的小溪两侧冲积物发育，虽然工业矿体埋深只有3.5米至11米，但在冲积物中没有任何异常反应。因此，在地质条件有利的地段，异常之间被第四系冲积物掩盖区，仍是找矿有利地段。

五、几点体会

本区的化探工作是很有成效的。它不仅为本矿床的发现提供了行之有效的方法，而且在系统的钻孔岩石测量工作之后，根据原生晕的地球化学资料，对查明控矿因素和解释矿床成因，提出了有力的证据。

本矿区的化探工作经验表明，对化探异常的评价仅根据异常的特征还不够，必须结合具体地质情况进行分析，才能得出较确切的解释和正确的结论。

参考资料（内部）

〔1〕 大平山铜矿地质勘探总结报告 江苏省地质局第一地质队 1975.3

〔2〕 江苏大平山铜矿床地球化学特征的初步研究。 地质部物探研究所五室 1976

青海草原牧区地球化学找矿方法的研究

邵　跃　羌荣生　李玉清

地质矿产部物探研究所

青海双朋喜地区属高原草原牧区。该区一般海拔3800米左右，地形比较平坦，相对高差约50米，土壤盖层一般厚1—2米，低洼处可厚达5米以上。地表牧草茂盛，腐植层一般厚50公分，雨量较少，且多集中夏季，10月份后大雪封山，至翌年4月解冻。本区虽然雨量稀少，但由于有大量雪冰补给，土壤的湿度较大。像这样的景观地球化学区的化探工作过去我们未研究过。

1967～1968年，我们和青海省地质局物探队及第七地质队协作，在该区内的双朋喜铜矿区开展了地球化学找矿工作。使得我们有机会，对高原草原牧区的次生地球化学环境进行了化探方法的研究。在试验工作取得成果的基础上，开展了面积性找矿工作，并取得了成效。

本文简要叙述这一工作成果。

一、地　质　简　况

双朋喜矿区位于岗察岩体的西南部。由燕山期斑状花岗岩、花岗闪长岩和闪长岩组成的火成岩体长约16公里，宽3公里，出露面积约50平方公里。岩体四周围岩主要有下二叠系的大理岩、灰岩、粉砂岩、砂岩、板岩等，局部地段有上石炭统的薄层板岩和上二叠系—三叠系的夹含砾细砂岩的粉砂岩。铜矿体产在花岗闪长岩与下二叠系第四组厚层块状含砾大理岩夹粉砂岩的接触带上的矽卡岩中，为含铜磁黄铁矿体（见图1）。

二、试　验　工　作

据说，双朋喜矿区是1958年由群众报矿发现的。该矿床在地表有一个小铁帽出露，范围很小。以后，根据地表铁帽布钻，打到了原生矿体。这样，才确定了该区有进一步工作的前提。在对该矿床普查评价的初期，也曾使用过土壤测量方法。因该区为草原牧区，覆盖普遍，故用洋镐挖至80公分取样。当初简单地认为，覆盖厚，采样深度大一点可能好一些。工作之前，未作试验。所得结果不理想，土壤中铜异常较零乱，含量低，未取得预期结果。

考虑了前次工作的结果，此次工作改用手摇麻花钻取样，在大量生产性工作之前做了

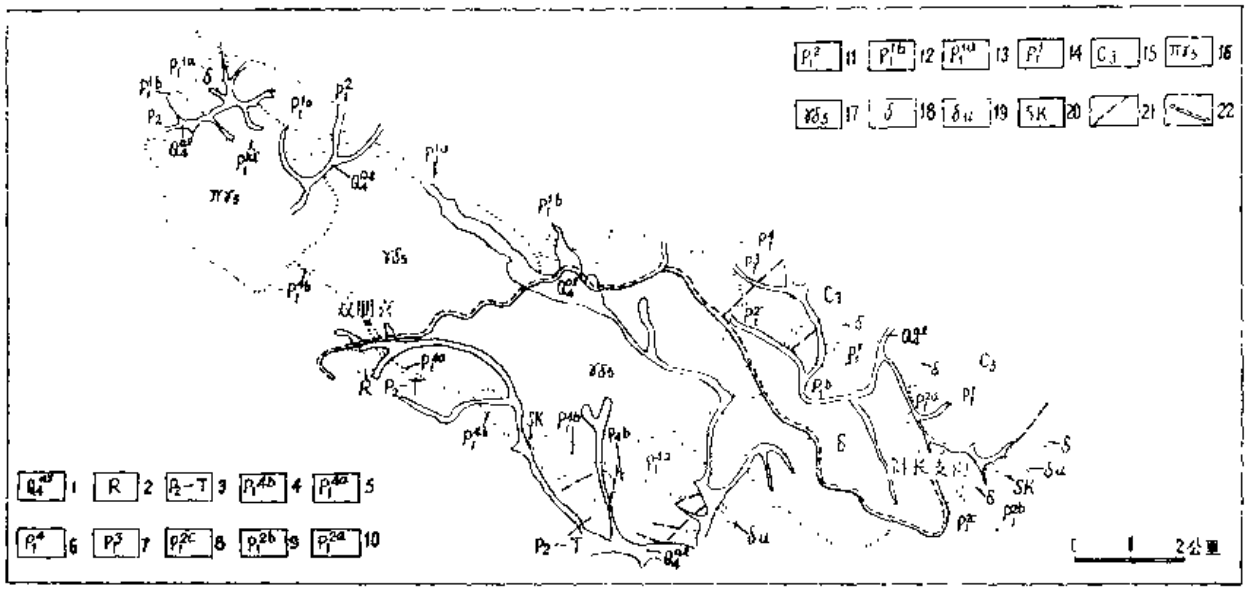


图 1　某地区岗寨岩体地质示意图

1—第四系冲积层；2—第三系紫红色砂砾岩；3—灰黑色粉砂岩夹含砾细砂岩；4—深灰色厚层块状含砾灰岩夹粉砂岩；5—灰色粉砂质页岩与细砂岩互层；6—灰黑色粉砂质页岩与钙质砂岩互层夹结晶灰岩；7—深灰色厚层块状砾岩；8—灰黑色粉砂质页岩细砂岩；9—灰黑色粉砂岩夹结晶灰岩；10—灰黑色粉砂岩；11—灰黑色粉砂岩板岩；12—灰白色中厚层大理岩夹粉砂岩；13—灰黑色粉砂质板岩夹大理岩透镜体；14—深灰色—灰色结晶灰岩或灰白色大理岩；15—灰黑色灰黄色薄层板岩；16—斑状花岗岩；17—花岗闪长岩；18—闪长岩；19—闪长玢岩；20—矽卡岩；21—断层；22—简易公路

一些采样深度试验的工作。

1．在矿化不太明显的斜长支沟地区选择了几个点，从地表向下，每隔 20 公分取一土样，直至风化基岩。表 1，是五个取样点上不同深度取样的分析结果。从表 1 上可明显看出：五个点上所有风化基岩样品中铜的含量都是高的；接近风化基岩的样品铜含量也是高的；靠近地表40公分（腐植层）以内的样品铜含量虽不及风化基岩的高，但相对来说，还是比较高的，是异常；从第 4 号样品至 6 号样品、也就是深度从80公分至120公分的地段，

采样深度试验结果　　表 1

样品编号	Cu (ppm)	样品编号	Cu (ppm)	样品编号	Cu (ppm)	样品编号	Cu (ppm)	样品编号	Cu (ppm)
110/58.5-1	60	110/58.5B-1	80	110/58.5C-1	70	110/57.5C-1	70	110/75.50-1	55
2	55	2	80	2	110	2	75	2	60
3	35	3	70	3	40	3	50	3	40
4	25	4	25	4	40	4	20	4	45
冻土层									
5	30	5	40	5	60	5	35	5	35
6	35	6	50	6	70	6	25	6	25
7	30	7	95	7	85	7	200	7	250
8	170	8	75						
9	90	9	480						
10	230								
11	170								

说明：第一号样品距地表20公分；以后每隔20公分取一样品；最后一个样品为风化基岩。

铜含量普遍降至背景范围。

2．在矿区作了三条土壤深度取样的剖面，取样点距 10 米，从地表向下每隔40公分取一样品，直至风化基岩。图 2 是矿区第 9 勘探线土壤剖面取样分析的结果（其余两条结果大体一致）。从图上可以看出，土壤剖面上存在着一个完整的次生异常，整个异常比矿体范围大得多．土壤中最强的次生铜异常出现在矿体正上方。

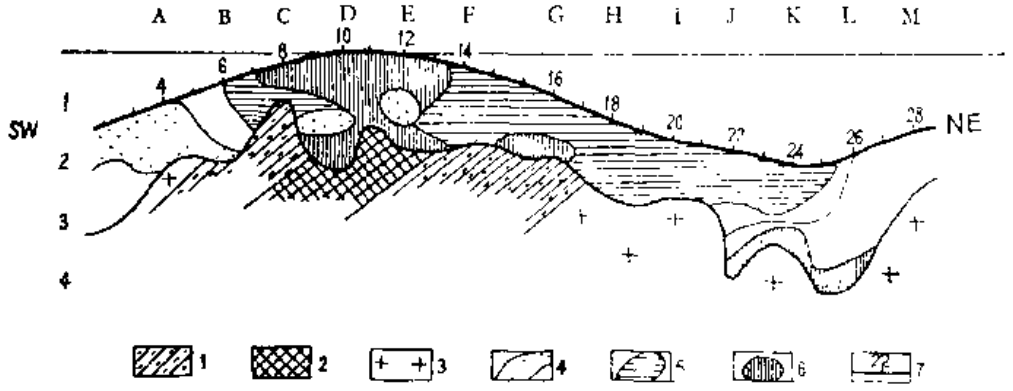


图 2　9 线不同深度的采样试验剖面示意图

1—砂岩；2—矿体；3—花岗闪长岩；4—Cu40～100ppm；
5—Cu100～400ppm；6—Cu>400ppm；7—采样点位置

在采样过程中发现本区土壤，在 100 公分处有一层约 20 公分厚的冻土层。此层质细硬，油黑色，有冰凌。通过冻土层，下面又出现黄土层。如果覆盖层不到 100 公分，一般无冻土层，阳坡一般冻土层也不发育。在接近冻土层上部的黄土层中水份充足，黄土层的颜色普遍变浅，致使金属元素大量被淋失。

图 2 上，22、23、24、25、26五个采样点以及表 1 上列的数据都表明，地表异常与下部风化基岩的异常有时会出现“脱节”现象。这种异常“脱节”的现象可被解释为主要是淋失作用造成的。

全部试验样品作了Cu、Pb、Zn、Ag、Bi、As、Mo、Sn、B、W 等十个元素的分析。其中除Cu、Ag、Bi、W四个元素有异常含量出现外，其它元素含量均很低。Cu、Ag、Bi 三个元素的异常含量与铜矿化关系密切，有指示意义。在铜含量高的异常地段均伴随有 Bi和 Ag 的异常。Bi的含量较高，而Ag的含量较低。

3．对试验工作的结果提出几点认识。

本区土壤中次生分散晕发育良好。土壤测量方法仍为本区一种有效的找矿手段；

局部覆盖超过 1.2 米的地方可能有冻土层。由于冻土层起了隔水层的作用，在靠近冻土层上面的黄土层中有淋失现象，造成上下异常“脱节”，此时，采取表层 40 公分的样品可能比80公分的样品更具有代表性；

Cu、Ag、Bi可作为指示元素，Cu、Bi异常伴随出现时可能是近矿指示；

普查阶段为了迅速发现异常，确定找矿远景区（带），采取表层（40公分）样品即可。但在详查阶段为了圈定矿化富集地段，进而找盲矿，采取风化基岩样品可能更好。

根据我们的经验，本区用手摇麻花钻钻取风化基岩样品，平均每四人台班可取70个样品。

三、面积性测量工作结果

双朋喜矿区

在双朋喜矿区为配合地质队找矿，进行了面积性土壤测量。采用100×10～20米线点距，每个采样点上用手摇麻花钻，钻取深部风化基岩的样品。

结果在含矿接触带上出现了一个规整的次生铜异常。此异常长700米，宽250米，面积约0.175平方公里。铜异常有明显的浓度分带，异常分布的态势与地表小铁帽的分布趋势是一致的，铁帽在异常中部，异常的范围比铁帽大得多（图3），在铜异常的位置上伴有Ag

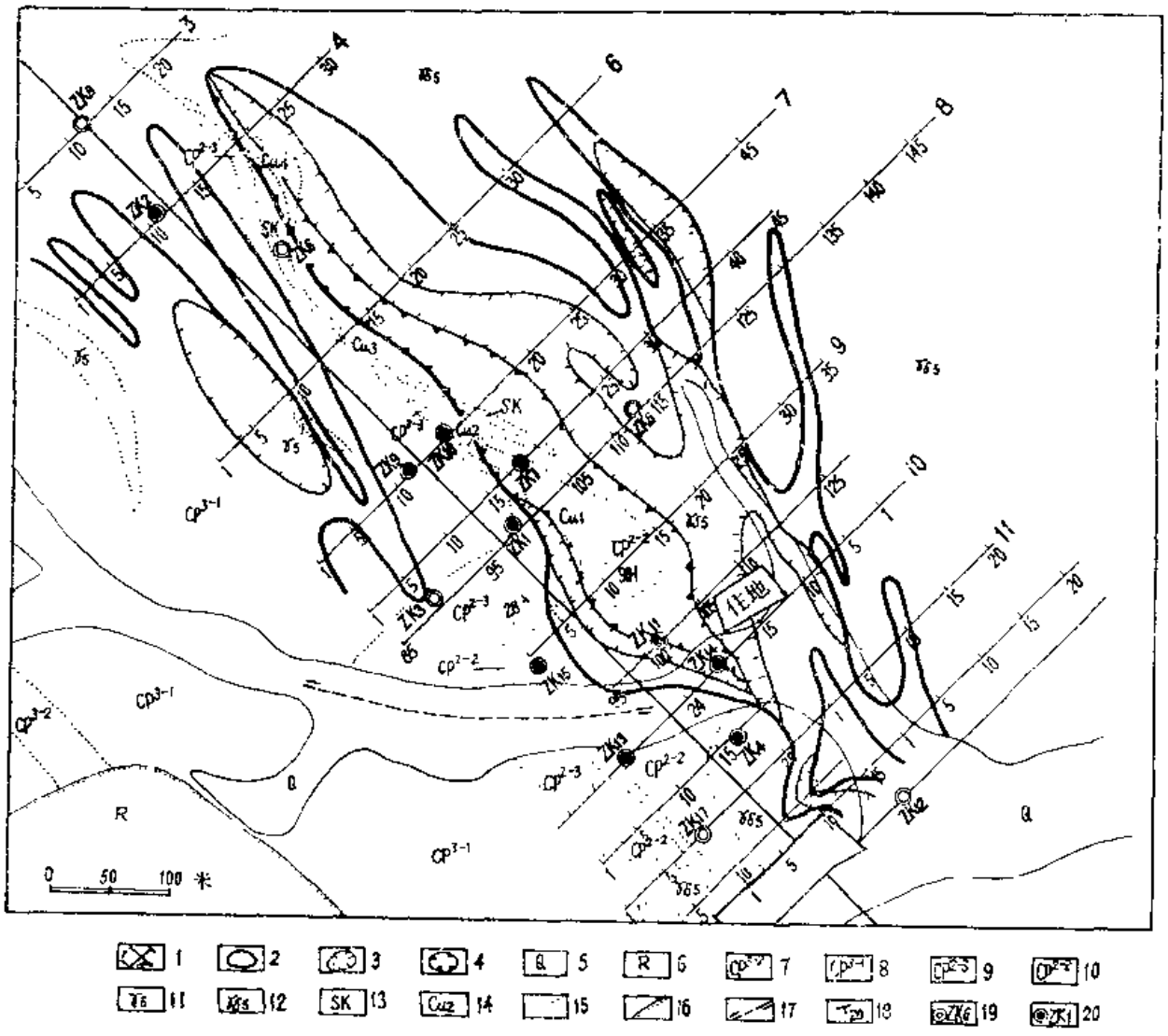


图 3 双朋喜矿区地质图及土壤铜异常图

1—基测线及编号；2—Cu40～100ppm；3—Cu100～400ppm；4—Cu40>400ppm；5—第四纪冲积层；6—第三系紫红色砂砾岩；7—石炭二叠系灰黑色硅质板岩；8—石炭二叠系灰白色钙质长石石英砂岩；9—石炭二叠系灰白色大理岩；10—石炭二叠系灰黑色粉细砂岩；11—燕山期花岗岩；12—燕山期花岗闪长岩；13—矽卡岩；14—矿体及编号；15—地质界线；16—不整合地质界线；17—断层；18—产状；19—未见矿钻孔位置及编号；20—见矿钻孔位置及编号

的弱异常。因此认为，此异常与铜矿化有关，虽然异常的规模不大，但仍然反映了本区有一定规模的矿化，至少比地表铁帽要大得多，估计在沿地表铁帽走向方向的北西一南东两端，矿体应有延伸，应在两头打钻，追索深部盲矿体。

总体来看，异常沿接触带分布。但异常南东端，与此西端相比其地质情况稍有不同。在1号铁帽的南东端由于花岗闪长岩向西突出，致使接触带急剧向西转，铁帽也有西转的趋势。因而1号铁帽南东端的这部份异常就位于花岗闪长岩中。从地形观察，这部份花岗闪长岩中的异常刚好位于山坡上，因而有人怀疑，这部份异常可能是由于1号铁帽的风化物沿山坡向下分散所致。

经过对各种资料对比分析后，对异常作如下解释推断。

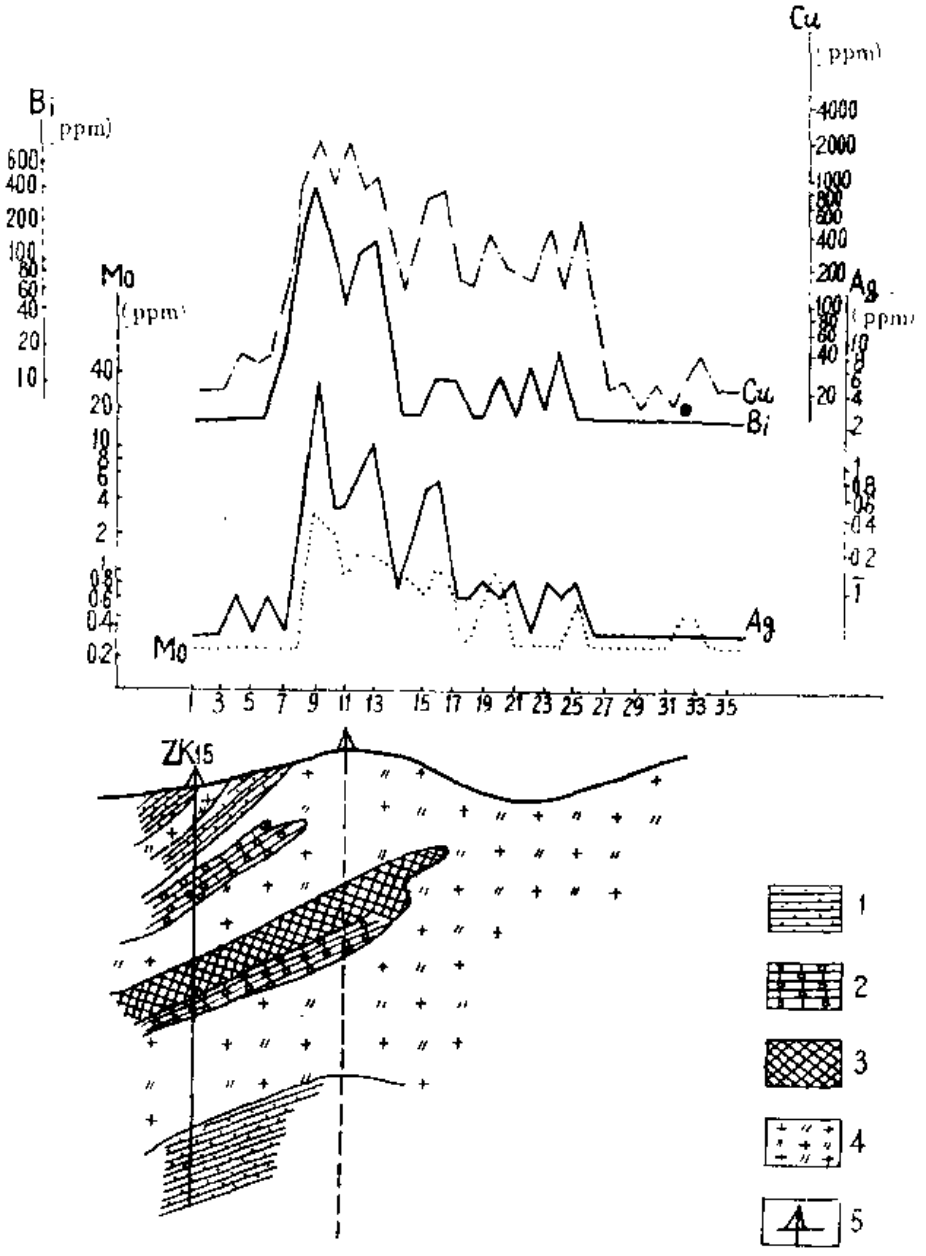


图 4 9 线化探推断剖面示意图

1—砂板岩；2—矽卡岩；3—矿体；4—花岗闪长岩；5—设计钻孔

1．在采样过程中确实发现在靠近接触带附近的土壤剖面中，在表层几十公分内有少量零星铁帽小碎片，但往深部则逐渐减少。靠近B层下部土质较纯，坡积物很少。样品采自风化基岩。风化基岩是容易辨认的，因而，异常是可靠的，是反映了基岩矿化的情况。

2．从实际情况上分析，1号铁帽南东端有一点向西转的迹象，但不明显。奇怪的是，铁帽为什么不继续向西延伸，而且，沿接触带的矿化也突然终止；这表明，1号铁帽向南东方向有可能伸入到花岗闪长岩中，此处花岗闪长岩可能是超伏在矿体之上的。

3．仔细对比观察了邻近的第8线勘探剖面及ZK15孔的地质情况，认为上面所说的这种可能性是存在的。这样，才能解释地表花岗闪长岩中的大片异常。为此，制作了一张推断设计剖面图（图4）。推测此处大理岩可能舌状伸入火成岩中，并形成铜矿体，因而造成了矿体前上方火成岩中大片的Cu异常和弱的Bi异常，并建议在9线第11号点处打钻，预计100米左右即可见矿。

四、验证结果

由于9线第11号点位于一个斜坡上，不便于按置机台，故向南东方向移动水平距40米的9.5线第102号点。此点与9线11号点位置相当，定为ZK11孔。

该孔约打了400米，在孔深102米处打到了铜矿体，假厚度14米。该孔在102米以上全部为花岗闪长岩，穿过矿体后见矽卡岩数米，以后又为花岗闪长岩。

验证结果，证明根据化探异常作出的这个地质推断是正确的。

五、斜长支沟矿点的地球化学评价

斜长支沟矿点位于岗察岩体的南东部，在双朋喜矿区的东面，距离双朋喜矿区约9公里。岩体主要为闪长岩，围岩情况与双朋喜矿区类似。该区地表出露一个较大的由磁黄铁矿体氧化的铁帽露头，长300余米，宽约40米。早先的地质工作对该铁帽作过评价，根据地表铁帽采样含Cu0.1%和在铁帽上打的一个百米浅钻岩芯采样分析结果Cu含量0.1—0.2%，主要为磁黄铁矿。因而认为，该铁帽为含铜磁黄铁矿体，铜的品位不高。

此次工作，地质队要求在该区进行物化探工作，对铁帽重新作出地球化学评价。要求能解决两个问题：（1）地表铁帽在深部向两端是否延伸？（2）向深部铜含量是否能增高，而成为铜矿体？

在已知铁帽地段划出2平方公里的面积进行土壤测量，采用100×10－20米线点距，用手摇麻花钻钻取风化基岩样品。结果，在已知铁帽地段圈出了一个长600米，宽约400米的铜异常（见图5）。此铜异常向东分两枝，北部的一枝异常沿伸很长，断续达1公里多，南部的一枝异常规模小一些。铜异常的特征是含量较低，浓度分带不明显。此外，Ag的含量极低(T——0.05ppm)有一些Zn和As的弱异常，Pb含量低未出现异常。

根据李善芳（1964）在铜陵地区的经验表明，有工业价值的铜矿床，铜矿石中Ag×1000/Cu的比值应大于1，并且土壤中也有明显的Ag异常，铜矿石中Ag含量高可能是成矿温度的一种指示。本区由于磁黄铁矿体中含Ag很低，Pb和As含量也很低，预示磁黄铁矿形成的温度较高，未达到铜大量析出的温度，因而铜含量较低。

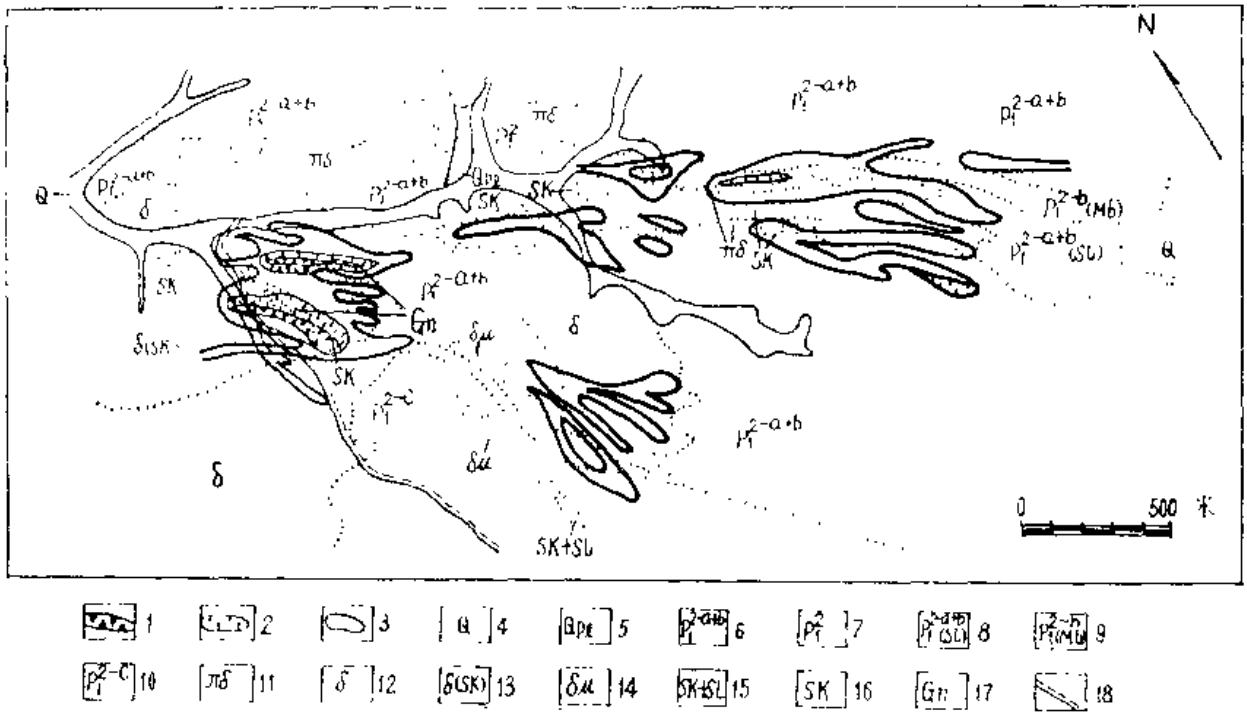


图 5　斜长支沟铜异常平面图

1—Cu>400ppm；2—Cu100～400ppm；3—Cu40～100ppm；4—第四系；5—第四系坡积物；6—灰黑色粉砂质页岩＋灰黑色粉砂岩夹结晶灰岩；7—灰黑色粉砂岩夹结晶灰岩＋灰黑色粉砂质页岩；8—灰黑色粉砂质页岩＋灰黑色粉砂岩夹结晶灰岩＋砂板岩；9—灰黑色粉砂岩夹结晶灰岩＋条状大理岩；10—灰黑色粉砂质页岩夹薄层细砂岩；11—细粒闪长岩；12—闪长岩；13—矽卡岩化闪长岩；14—闪长玢岩；15—矽卡岩＋砂板岩；16—矽卡岩；17—铁帽；18—公路

从异常展布的态势来看，估计磁黄铁矿体向东应有较大延伸，尤其是北部分枝的异常，深部可能有磁黄铁矿体。

1968年，地质队在该区打了4个钻孔，(因具体位置不明图5上未标出)，在北枝异常地段深部均打到了磁黄铁矿体。经采样分析，铜品位仍在0.1—0.2%，不够工业要求。

这一工作，虽然未进一步找到铜矿体，但证实了早期的地质评价和此次的地球化学评价是正确的。

六、讨　论

李善芳和邵跃等（1964）在我国南方几个矽卡岩型铜矿床进行的原生晕研究的结果表明，一个有规模的铜矿床应具有：（1）铜矿石中银的含量较高，Ag×1000/Cu应大于1；（2）铜矿体前缘异常中除有明显的Cu异常外，还应有明显的Ag异常；（3）Cu异常的规模以100或200ppm等量线圈划的异常面积应大于0.2平方公里并且异常浓度分带明显；（4）异常中如出现较高含量的Mo和Bi是尾部异常的特征，预示矿带有较大剥蚀，Mo和Bi一般出现在铜矿体的尾部。

双朋喜矿区的地球化学异常特征是：（1）铜异常规模若以100ppm等量线勾划的异常面积约0.11平方公里；（2）伴有弱的Ag异常，但也伴随有较高含量的Bi异常；（3）矿石中含Bi比含Ag高，Ag×1000/Cu和Bi×1000/Cu前者平均为1.6，后者平均为23.8；（4）元

素组分简单，仅有Cu、Bi、Ag和W，按别乌斯和格里戈良（1976）提出的分带序列，Cu、Bi、W为矿下晕的组份特征，则双朋喜矿区的异常应该是以矿下晕的特征为主。

从地质情况来看，双朋喜矿床的地质特点是产在一个大花岗闪长岩体的边部接触带上。这个岩体暴露的面积较大，表明已被大量剥蚀，因而矿带也有可能遭到剥蚀，现在的矿床可能是残留下来的矿带根部的小矿体。

上述特点，均反映了双朋喜矿区尽管地表有小铁帽出露，深部也有一些储量的盲矿体，但规模不会很大。这与勘探的结果是一致的。

七、结　语

西北高原草原牧区是和东南内地不一样的另一种地球化学景观区。通过本次工作，初步证明了运用土壤测量方法，不论在普查阶段采取表层（40公分）样品或者详查阶段采取风化基岩样品，都可以获得良好结果，因而，化探方法仍不失为本区找矿的一种有效手段。

在一个新区工作，在大规模工作开始之前，坚持先做一点试验性的工作，是很有必要的。通过采样深度的试验，才发现本区覆盖在1米以上的地区可能有冻土层。由于冻土层起了隔水层的作用，致使在接近冻土层上面（60—100公分深处）的黄土层中有一淋失层，金属元素大量被淋失。任天祥（1970）也发现和注意到了这个问题。采样时，应注意和避免，才能获得好的效果。

从方法效果来看，不论在双朋喜矿区的找矿或斜长支沟的矿点的评价，化探都起到了积极的作用。然而，双朋喜矿区毕竟是一个小矿，斜长支沟也只是一个含铜磁黄铁矿体，铜的品位不高。但是，总结这一经验，对今后的异常评价工作也还是有益的。

1．异常规模和矿化规模是正比关系。双朋喜矿区地表化探异常规模不大，含量不高因而矿床的规模也不大。

2．双朋喜矿区化探异常的元素组份分带以Cu、Bi为主，伴有W，Ag的含量较低，As和Pb的含量很低，是明显的矿下晕的特征。它反映了：（1）当初成矿的温度较高，不利于大量铜矿的形成；（2）矿带已被大量剥蚀，剩下了矿带根部的一些小矿体。

3．以往资料表明（邵跃，1964），早期磁黄铁矿含As低，晚期磁黄铁矿含As高，含铜也高。斜长支沟的磁黄铁矿体由于含Ag、As、Pb极低，表明可能是早期形成的磁黄铁矿，因而含铜不高。

4．此次工作进一步证明，一个相当规模的铜矿床应含有较高的Ag，因Ag与铜的关系密切。

大冶铜录山铜铁矿床成矿元素地球化学分带特征及其找矿意义

周 亚 特

湖北省地质局第一地质大队

鄂东南地区地表出露六大岩体，环绕这六大岩体和一些小岩株，分布着数十处矿床和数百个矿点。从地质平面图上看，这些矿床和矿点在图上的分布，显示出明显的水平分带。铁矿床和铁矿点几乎分布在岩体的西部，岩体中部以铜铁矿床为主，岩体东部多分布铜、硫、多金属矿床和矿点。由于存在这种明显的区域的矿床水平分带，以往许多地质学家曾指出，鄂东地区的找矿方向，即应在岩体西部找铁，岩体中部找铜铁和在岩体东部找铜、硫、多金属矿产。根据这一思想，自1972年至1976年，我队及冶金系统的地质队曾在铁山岩体西部投入了大量地质工作，但找铁矿的效果甚微，无重大突破。

地质部物探所邵跃（1978年8月）来湖北工作时，曾建议鄂东地区找矿工作可以从研究矿床微量元素的地球化学分带入手，根据元素的地球化学分带规律，来指导找矿。他认为“鄂东六大岩体周围矿产分布的水平分带是很明显的，因而要注意研究矿床的垂直分带。一般水平分带与垂直分带是一个地质现象的两个方面的反映。如果鄂东南地区的矿床也存在着垂直分带现象，则可利用这一规律来找矿”。

过去几年的实践表明，仅仅根据矿化的水平分带来划分和选择找矿远景区是很不够的。为此，我们选择了区内有一定代表性的铜录山铜铁矿床，研究了矿床主要成矿元素在三度空间内的分布特征，目的是，探索和运用元素地球化学分带规律找矿的可能性，为区内找矿预测提供地球化学依据。

一、矿床地质概况

铜录山铜铁矿床位于阳新岩体西北端，是我国著名的大型中高温接触交代矿床。

矿区北部原为大冶湖。矿区中、南部花岗闪长岩类岩石广布（图1）。区内沉积岩为下三叠系灰岩、白云岩，由于热力作用而变质为大理岩、白云质大理岩。大理岩在地表极少出露，呈藕节状、岛链状被岩浆岩穿插、包裹。

接触带附近透辉石矽卡岩，柘梅子石矽卡岩和金云母矽卡岩发育，热液蚀变有硅化、蛇纹石化、金云母化和碳酸盐化。

矿区构造复杂。在8线以南为一走向北东（22°）的背斜，8线以北为一向东倾斜的单斜构造。接触带附近常迭合有成矿前及成矿后的断裂构造。

矿区分布着北东方向22°和68°两组不同构造方向的十二个矿体，产于接触带附近。矿

体倾向南东，倾角较大，一般50°～80°。Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ三个矿体规模较大，一般由多个矿体组成，呈雁行迭瓦式排列。单个矿体长约400米，最大延伸830米，厚度数米至数十米不等。矿石类型以铜铁矿石为主，单一的铜矿石和铁矿石次之，有少量钼矿石和铜硫矿石。伴生有益组份为钴、金、银等。

大冶铜绿山铜铁矿床0—55线矿体不同

勘探线剖面编号	工程号	见矿平均高程（海拔）	Cu×50/Fe比值	矿体号	根据比值进行的预测		钻探验证分析
					矿体剥蚀程度推断	矿体延伸预测	
26	坑道	20	0.25	I_1	矿根部	无延伸	证实无延伸
24	坑道	20	0.64	I_1	矿根部	无延伸	证实无延伸
22	CK175	0	7.76	I_1			
	CK186	−50	6.98	I_1	矿上部	有延伸	未验证
20	CK200	−20	3.35	I_1	矿上方		
	CK178	−25	1.74	I_1	矿中部		
	CK101	−35	2.44	I_1	矿中部		
	CK215	−235	0.86	I_1	矿尾部	无延伸	CK2001未见矿
16	CK209	−5	2.79	I_1	矿中上方		
	CK92	−10	2.42	I_1	矿中上方		
	CK165	−75	1.26	I_1	矿中下方		
	CK93	−120	1.24	I_1	矿中下方	小延伸	未验证
	CK26	+20	4.22	Ⅱ	矿上方		
	坑道	−5	2.02	Ⅱ	矿中下方	有延伸	未验证
14	CK91	−25	2.21	I_1	矿中		
	$CK87_{-2}$	−25	2.33	I_1	矿中		
	CK158	−155	1.39	I_1	矿下方	小延伸	未验证
	$CK87_{-2}$	−210	1.54	I_3	矿中	有延伸	CK1401验证见矿
	$CK87_{-3}$	−245	1.95	I_3	矿中	有延伸	CK1401验证见矿
12	CK3	−30	2.44	I_1	矿中上		
	CK116	−60	2.26	I_1	矿中上		
	$CK16_{-2}$	−165	0.75	I_1	矿尾	无延伸	证实无延伸
	CK82	−105	Cu	I_3	矿头		
	CK116	−180	1.27	I_3	中下方		
	$CK16_{-3}$	−240	1.38		下方	小延伸	证实无延伸（反常一例）

二、元素地球化学分带特征

铜录山铜铁矿床的垂直分带从直观上观察较复杂，且不明显，人们对它的认识也不一致。有人认为矿床具有典型的逆向分带特征。最近，我们对矿区钻孔及开采坑道中矿石的

高度Cu×50/Fe比值变化及盲矿预测一览表 **表 1**

勘探线剖面编号	工程号	见矿平均高程（海拔）	Cu×50/Fe比值	矿体号	根据比值进行的预测		钻探验证分析
					矿体剥蚀程度推断	矿体延伸预测	
10	CK81	-40	Cu	I	矿头		
	CK86	-120	1.53	I	中	无延伸	
	CK86	-165	0.14	I	尾		证实无延伸
	CK124	-105	Cu	I_3	矿头		
	CK118	-130	3.08	I_3	中上	有延伸	证实无延伸 反第一矿
	CK118		3.22	I_3	中上		
8	CK213	细小铜矿脉		XI		有延伸	
6	CK172			XI			
4	CK149	-5	4.76	XI	矿上方		
	CK154	-10	1.53	XI	中下		
	CK120	-130	0.88	XI	尾		
	CK235	-150	1.02	XI	尾	无延伸	证实无延伸
2	CK280		Cu	XI	矿头		
	CK286		2.03	XI	中	有延伸	CK201 验证见矿
0	CK226		Cu	XI	矿头		
	CK270		2.90	XI	中	有延伸	CK002 见矿
	CK002		0.61	XI	尾	无延伸	未验证
1	CK115	+10	0.73	III_1	尾	无延伸	证实无延伸
	CK114	-245	Cu	III_2	头		
	CK217	-405	2.57	III_2	中	有延伸	未验证
	下层矿	-425	2.30	III_2	中		
3	$CK15_{-2}$	+5	0.51	III_1	尾	无延伸	未验证
	CK77	-130	10.40	III_2	矿上	有延伸	CK302 见矿五层
5	CK100	-135	4.05	III_{2-1}	矿上		
	CK228	-245	0.68	III_{2-1}	尾	无延伸	CK501 未见矿

续表 1

勘探线剖面编号	工程号	见矿平均高程（海拔）	Cu×50/Fe 比值	矿体号	根据比值进行的预测		钻探验证分析
					矿体剥蚀程度推断	矿体延伸预测	
5	CK216	-385	1.69	$Ⅲ_{2-2}$	中	有延伸	CK501见矿
5	CK216	-480	1.19	$Ⅲ_{2-2}$	矿下	有小延伸	CK501见矿
7_A	CK178	-50	Cu	$Ⅲ_3$	矿头		
	CK180	-155	4.19	$Ⅲ_2$	矿上		
	CK181	-180	2.36	$Ⅲ_2$	中	有延伸	未验证
7	CK113	+15	0.58	$Ⅲ_1$	矿尾	无延伸	已证实
	CK19	-140	2.65	$Ⅲ_2$	矿中上		
	CK188	-365	2.12	$Ⅲ_2$	中		
	CK207	-390	9.7	$Ⅲ_2$	中		
	CK232	-590	1.31	$Ⅲ_2$	中下	小延伸	未验证
7_B	CK182	-75	1.54	$Ⅲ_2$	矿中		
	CK183	-105	2.55	$Ⅲ_2$	矿中		
	CK184	-155	2.77	$Ⅲ_2$			
	CK185	-190	1.51	$Ⅲ_2$	矿中	小延伸	未验证
9	CK147	-105	3.57	$Ⅲ_2$	矿头		
	CK191	-145	2.68	$Ⅲ_2$	中上		
	CK160	-275	2.05	$Ⅲ_2$	中		
	CK220	-335	0.85	$Ⅲ_2$	尾	无延伸	CK901未见矿
11	CK54	-240	2.86	$Ⅲ_2$	矿中上		
	CK85	-265	0.87	$Ⅲ_2$	尾	无延伸	未验证
13	CK221	-175	1.65	$Ⅲ_2$	矿中		
	CK163	-245	1.99	$Ⅲ_2$	矿中		
	CK90	-270	2.54	$Ⅲ_2$	矿中		
	CK222	-340	1.32	$Ⅲ_2$	矿下部	小延伸	CK1301见矿
15	$CK7_{-3}$	-5	1.08	Ⅳ	矿中		

铁、铜、银的品位（化学分析结果）作了它们间的比值的研究，发现矿床具有明显、可信的元素垂直顺向分带的地球化学特征。在整个矿带及矿体中，银、铜偏于上部，铁偏于下部，从上至下具有银、铜至铁的垂直分带规律。

（一）铜与铁比值

求出矿体不同高度的矿石中铜、铁平均品位，用Cu×50/Fe计算比值。从对矿区的32条勘探剖面上的矿体计算的结果表明，其中31条剖面上的矿体其上部Cu×50/Fe比值高于矿体下部Cu×50/Fe的比值。一般矿体上部Cu×50/Fe比值大于3，矿体中部比值1～3，

续表 1

勘探线剖面编号	工程号	见矿平均高程（海拔）	Cu×50/Fe 比值	矿体号	根据比值进行的预测		钻探验证分析
					矿体剥蚀程度推断	矿体延伸预测	
	CK14	60	0.91	Ⅳ			
	CK1	−125	1.05	Ⅳ			
15	CK66	−235	4.6	Ⅳ	矿 中	有延伸	CK1501见矿50米
19	$CK6_{-2}$	−15	1.69	Ⅳ	矿中下		
	CK52	−165	1.86	Ⅳ	矿中下		
	CK71	−285	1.05	Ⅳ	矿中下	小延伸	CK1901见矿
23	$CK49_{-2}$	−65	3.53	Ⅳ	矿中上		
	CK58	−145	1.44	Ⅳ	中		
	CK38	−245	1.85	Ⅳ	中	有延伸	未验证
27	CK36	−30	1.83	Ⅳ	矿 中		
	CK44	−100	10.1	Ⅳ	矿 中		
1	CK285	−235	0.87	Ⅳ	矿 中		
	CK205	−365	1.64	Ⅳ	矿 下	有延伸	CK2701见矿
31	CK260		Cu	Ⅳ	矿 头		
	$CK278_{-2}$	−300	2.69	Ⅳ	中 上	有延伸	未验证
		−625	7.74	Ⅳ	中 上	有延伸	未验证
35	CK225	−390	1.41	Ⅳ	矿 中		
	$CK283_{-2}$	−590	1.75	Ⅳ	矿 中	有延伸	CK3501见矿
39	CK28	−45	1.01	Ⅳ	矿 下		
	CK224	−65	0.81	Ⅳ	矿 尾	无延伸	已为工程证实
43	CK255	−70	0.97	Ⅳ	矿 尾	无延伸	已为工程证实
55	$CK128_{-2}$	−40	1.38	Ⅳ	矿 中		
	CK307	−160	1.15	Ⅳ	矿 下	小延伸	已为工程证实
07	槽	+85	1.42	Ⅶ	矿 中		
	CK50	0	0.92	Ⅶ	矿 尾	无延伸	已为工程证实

矿体下部比值小于 1，比值的变化有一定规律。

表 1 是铜录山铜铁矿床32条勘探剖面上矿体不同标高Cu × 50/Fe 比值变化的情况，以及根据比值结果予测矿体有无延伸的情况。由表 1 可以看出，予测结果与钻探结果是较为吻合的。

还研究了矿化横向分带的特征。选择了−125米中段34条穿脉，研究了矿体上盘、矿体中和矿体下盘矿石中Cu × 50/Fe 比值的变化，计算的结果见表 2 。

从表 2 可以看出，矿体横向方向上Cu × 50/Fe 比值的变化与矿体沿倾向方向的变化大

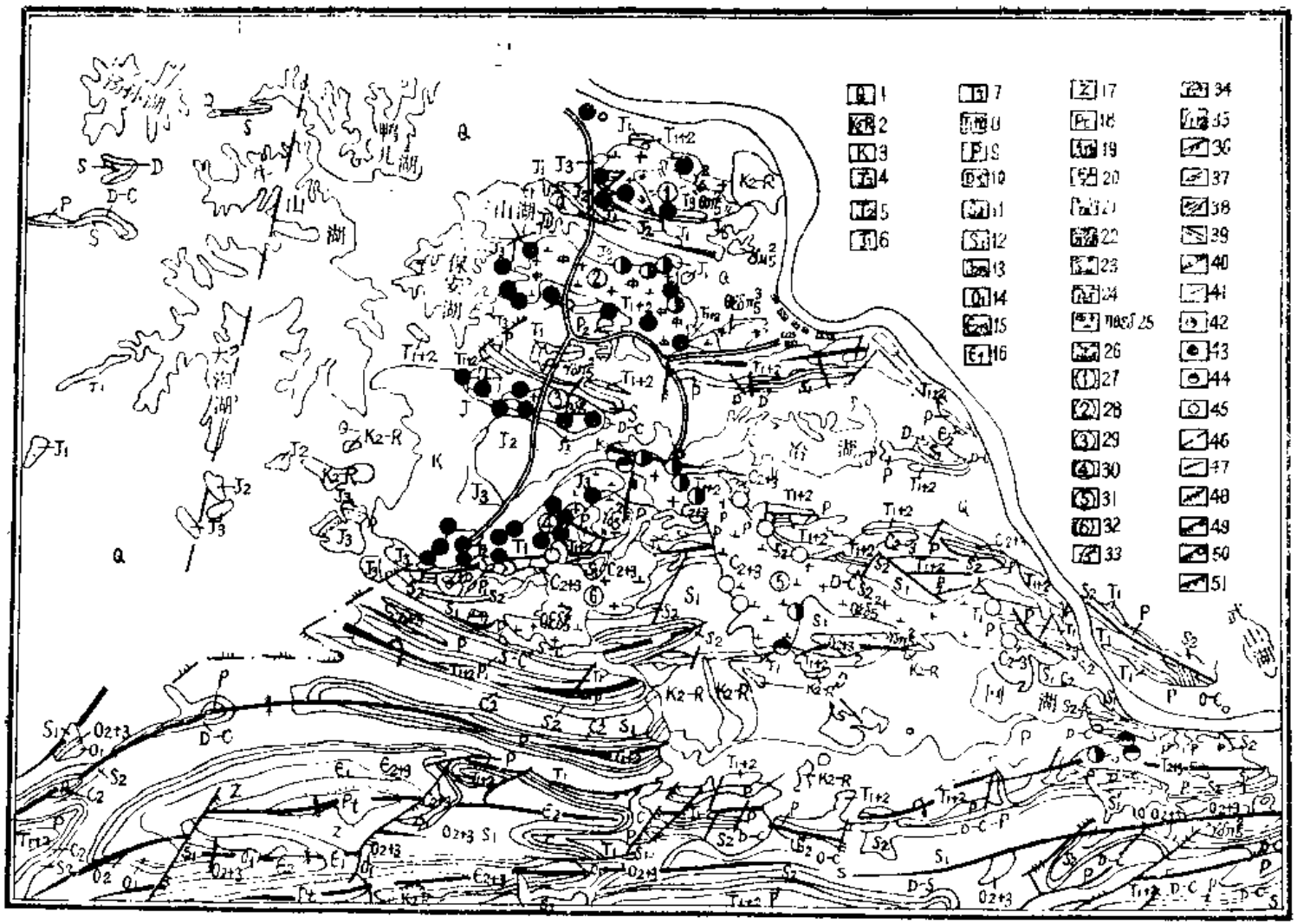


图 1　鄂东南地质构造及铁矿床分布略图

1—第四系；2—第三系—白垩系；3—白垩系；4—侏罗系上统；5—侏罗系中统；6—侏罗系下统；7—三叠系上统；8—三叠系中、下统；9—二叠系；10—泥盆系—石炭系；11—志留系中统；12—志留系下统；13—奥陶系中、上统；14—奥陶系下统；15—寒武系中、上统；16—寒武系下统；17—震旦系；18—板溪群；19—太古界；20—花岗岩(γ)；21—花岗闪长岩(γs)；22—斑状花岗闪长岩(πγσ)；23—石英二长岩(Qu)；24—石英闪长岩(Qs)；25—斑状石英正长闪长岩(πθεσ)；26—石英正长闪长岩(θεσ)；27—鄂城侵入体；28—铁山侵入体；29—金山店侵入体；30—灵乡侵入体；31—阳新侵入体；32—殷祖侵入体；33—燕山早期；34—燕山晚期；35—大别期；36—压扭性断层；37—张扭性断层；38—扭性断层；39—山字型西翼扭性断层；40—中生界陆相地层分布区；41—性质不明断层；42—铜铁矿；43—铁矿；44—铜钼矿；45—铜矿；46—推测新华夏系梁子湖沉降带；47—张性断层；48—压性断层；49—实测新华夏系压扭性断裂；50—推测新华夏系压扭性断裂；51—东西向断层

铜录山铜铁矿床—125中段穿脉矿体不同部位Cu×50/Fe比值变化统计表　　表 2

穿脉号	矿体号	矿上盘Cu×50/Fe比值	矿中Cu×50/Fe比值	矿下盘Cu×50/Fe比值
-1	Ⅲ	9.37	1.64	
2	Ⅲ	1.42	3.12	2.05
2	Ⅲ	1.13	2.68	
3	Ⅲ	7.89	2.21	1.17
4	Ⅲ	11.89	2.27	
5	Ⅲ	10.25	2.13	
6	Ⅲ	5.13	2.72	
7	Ⅲ	1.0	2.21	1.26
8	Ⅲ	5.07	2.49	0.23
9	Ⅲ	8.09	2.37	0.22
10	Ⅲ	9.31	3.77	0.16
11	Ⅲ	13.66	5.95	0.26
12	Ⅲ	14.63	8.12	
13	Ⅲ	12.8	7.73	0.23
14	Ⅲ	7.46	1.81	
15	Ⅲ	14.16	3.88	0.49
16	Ⅲ	14.16	2.1	0.71
17	Ⅲ	10.35	1.63	
18	Ⅲ		2.01	0.46
19	Ⅲ		1.98	0.20
平均	Ⅲ	8.77	3.14	0.54
3	Ⅳ			
4	Ⅳ		1.37	1.49
5	Ⅳ	10.19	3.23	1.71
6	Ⅳ	8.49	2.39	
7	Ⅳ	4.56	1.56	
8	Ⅳ		2.52	
9	Ⅳ		1.34	
10	Ⅳ		2.32	0.43
11	Ⅳ	2.92	2.28	0.39
12	Ⅳ	32.72	1.15	0.57
13	Ⅳ	67.98	2.53	5.08
14	Ⅳ	3.08	6.87	
15	Ⅳ	2.85	1.12	
16	Ⅳ	3.52	0.90	3.01
2	Ⅳ	0.83	0.55	
平均	Ⅳ	13.71	2.15	1.81

（据铜录山矿化学分析资料整理）

体是一致的。矿体上盘比值高，矿体下盘比值低，反映了成矿元素水平方向上的分带特征。

（二）银与铜比值

A. A. 别乌斯和C. B. 格里戈良（1975）描述过苏联在萨雷切库斑岩铜矿床上利用钻孔中原生 Ag/Cu 比值，研究了含矿溶液的运移方向。这是因为，银是热液铜矿床矿上晕(前缘)的标型元素，银往往位于铜矿体的前上方、头部。研究了铜录山矿床矿石样品中的Ag/Cu比值，发现也具有从矿体下方至矿体前上方由小变大的趋势。因而在铜录山矿区，有可能运用矿石中Ag/Cu比值，来研究铜、铁矿床矿液可能的移运方向。

沿矿带纵向（图 2）、从北向南研究了Ⅳ号，Ⅲ号及Ⅰ号矿体不同高度矿石中Ag×2000/Cu比值的变化，其结果列于表 3。从表 3 可以看出：

单个矿体，Ag×2000/Cu比值在矿体前上方比矿体尾部要高；

Ag×2000/Cu比值在Ⅰ号矿体的各个部位都要比Ⅲ号和Ⅳ号矿体的各个部位高，从南

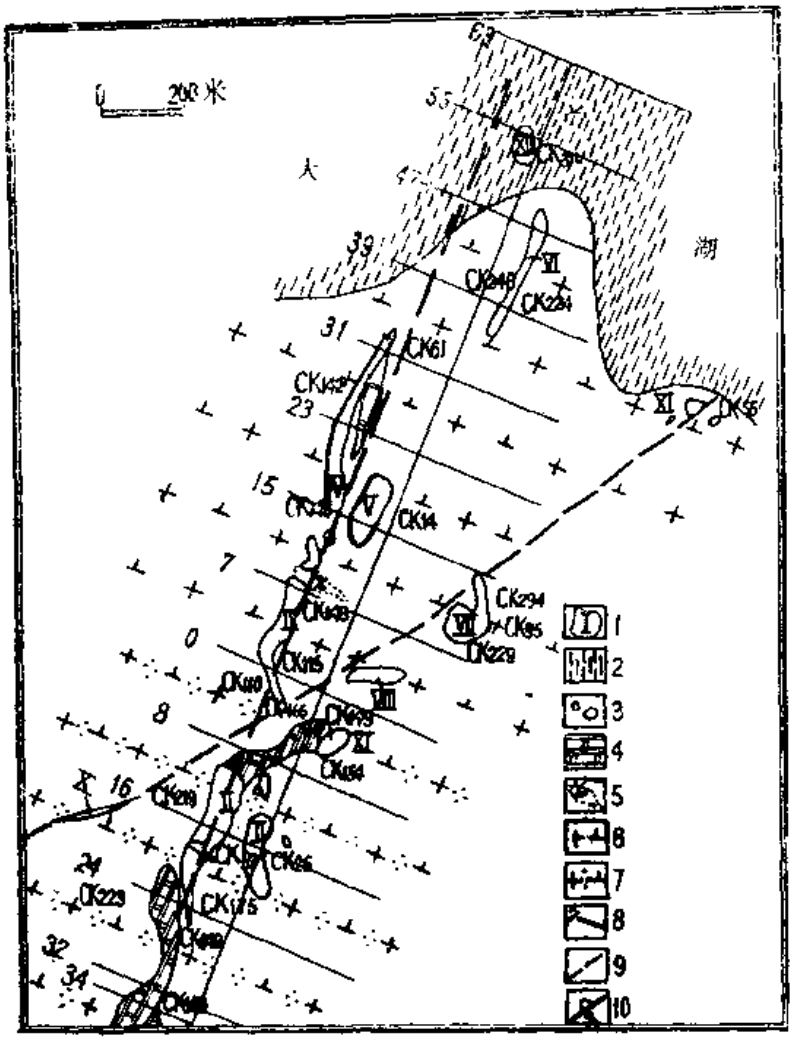


图 2　铜录山铜铁矿床矿体分布略图

1—矿体及其编号；2—粘土；3—老窿堆积；4—大理岩；5—钠长斑岩；6—花岗闪长斑岩；7—斑状花岗闪长岩；8—勘探线及其编号；9—构造线；10—倒转背斜轴

至北，比值逐渐降低；

Ⅰ号矿体中银含量比Ⅲ号和Ⅳ号矿体中高。

综上所述，表明：本区矿化不论沿轴向或沿纵向 Ag 元素趋向于整个矿带及矿体的前上方，Cu 相对趋于下方；本区矿液移运方向是由北向南，由下向上；Ⅰ号矿体位于矿液移运方向的“出口”，出露最高，剥蚀较强；Ⅳ号矿体位于矿液移运方向的“入口”，埋藏较深。

图 3 是这一研究工作结果的示意图。

三、元素分带特征的找矿意义

上文谈到，铜录山铁铜矿体的不同部位其 Cu × 50/Fe 比值变化是一致的。矿体头部（前上方）比值＞3；矿体中部比值3～1；矿体尾部（后下方）＜1。因此，可以利用矿体不同部位的比值来预测矿体的延伸情况。

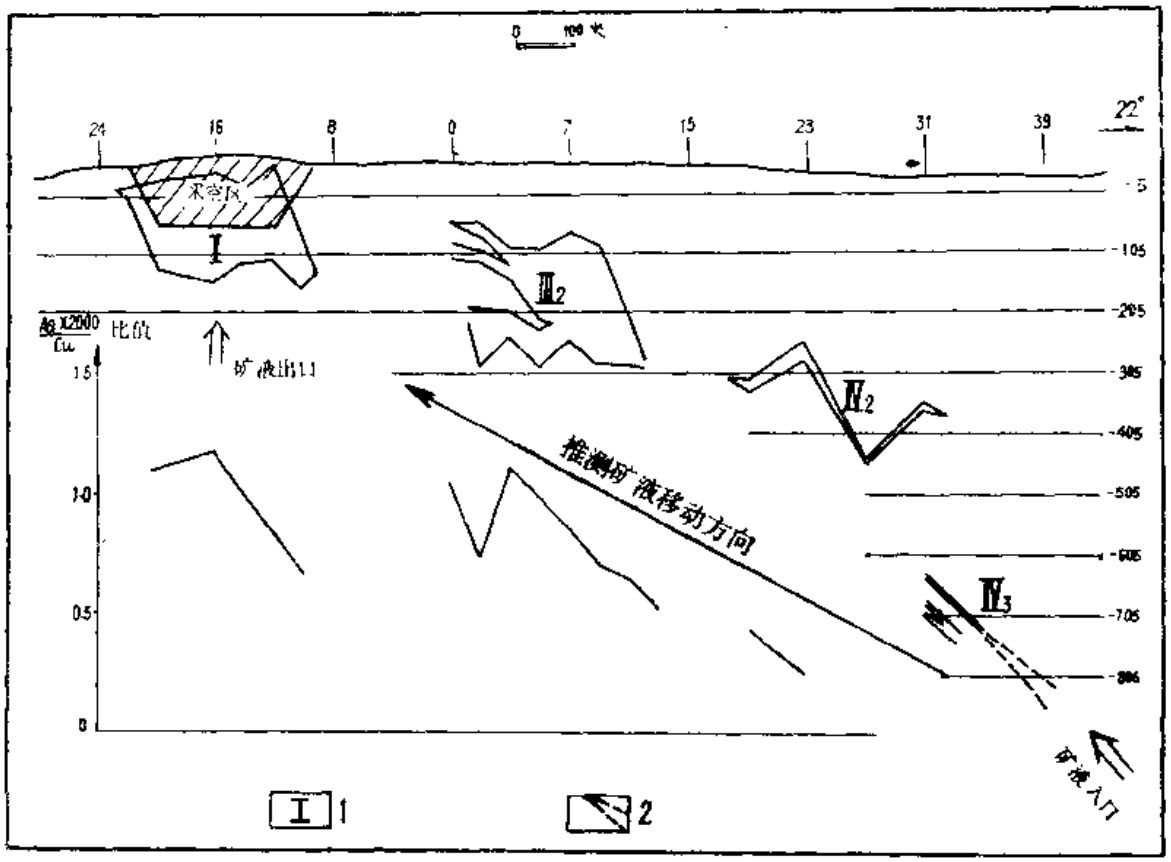


图 3 矿体纵向排列及Ag×2000/Cu比值变化与矿液流动方向示意图
1—矿体编号；2—已控矿体界线及推测矿体延伸界线

铜录山矿带纵向不同矿体及同一矿体不同高度矿石中Ag×2000/Cu比值变化对比 表 3

矿体编号	矿体上方		矿体中部		矿体尾部	
	比值变化范围	平均	比值变化范围	平均	比值变化范围	平均
Ⅰ	1.26—2.89	1.93	0.60—1.40	1.04	<0.20—1.00	0.78
Ⅲ	0.60—1.76	0.93	0.40—1.00	0.71	低于分析灵敏度	
Ⅳ	0.20—0.60	0.46	低于分析灵敏度		低于分析灵敏度	

注：Ag分析灵敏度为0.2ppm

我们利用比值预测矿体有延伸的26处，与目前工程揭露的情况吻合的占85%；预测矿体无延伸的15处，目前工程揭露的情况其符合率占100%。这表明，运用矿体中Cu×50/Fe比值判断矿体有无延伸，指导工程布置有实用价值。

表 4 表达了这一预测情况。

特别有意义的是，矿石中Cu×50/Fe比值的变化不受矿体厚度和形态等因素的影响。例如，15线剖面（图 4），矿体延伸至CK66时，出现分枝、变薄，呈现出有尖灭的趋势，此时，如按地质常规的推断，则深部可能无矿，或者矿体很小。但是，计算CK66 孔矿石中Cu×50/Fe的比值高达4.6，属矿体前上方的特征，表明矿体向深部还有较大延伸。1979 年 8 月，我们提出了这一看法，同年十月施工的 CK1501 孔确证在当应的部位上，达到了

利用Cu×50/Fe比值预测矿体有无延伸与工程揭露对比表　　表 4

预测情况	工程证实有延伸	工程证实无延伸	预测成功率	尚未证实
预测矿体有延伸26处	12	2	85.7%	12
预测矿体无延伸15处	1	13	100 %	2

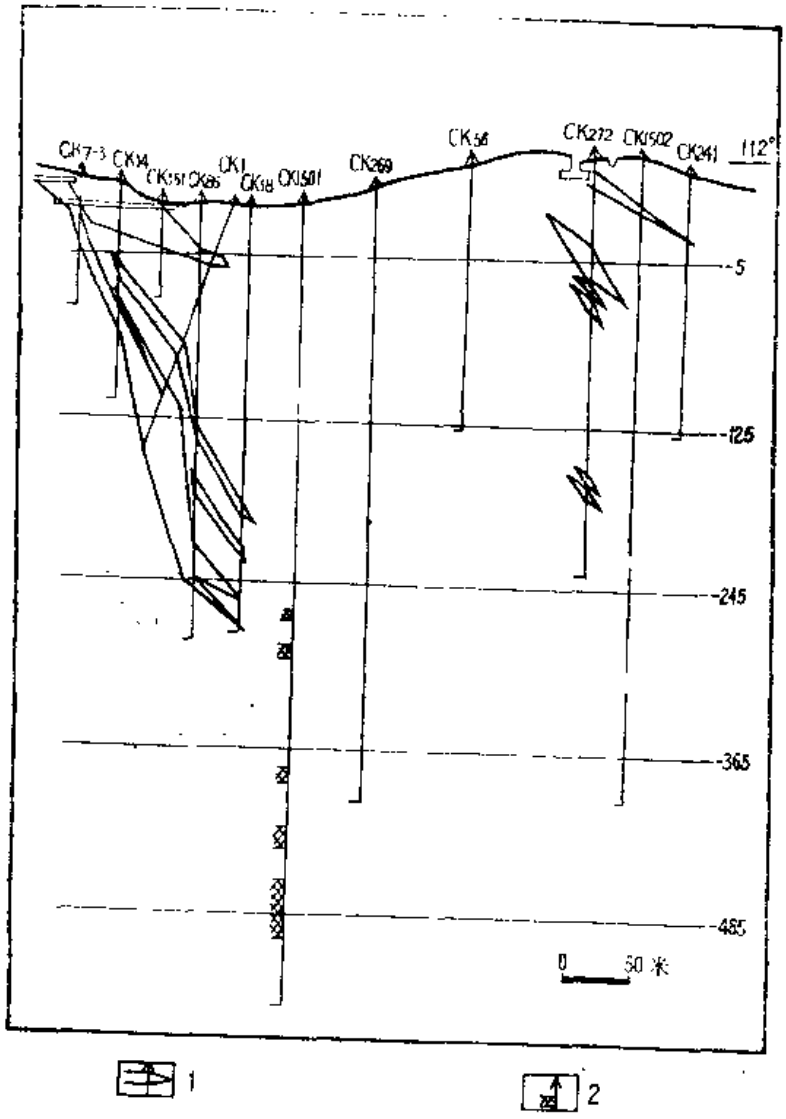


图 4　铜录山15线矿体Cu×50/Fe比值与矿体延伸关系示意图

1—1966年前施工钻孔及圈定矿体边界；
2—1979年施工钻孔发现的矿体

累积厚度达 89.62 米的多层铜铁矿体，除证明了矿体有延伸外，还发现了下部平行的新矿体。又例如，9 线剖面（图 5），矿体由CK208孔延至CK220孔时，厚度逐渐加大，因而地质推断矿体向下还有较大延伸，但是，计算了CK220孔矿石中Cu×50/Fe 比值仅为0.85，属矿体尾部特征，表明矿体向下无延伸，或 延伸极少。这一预测，在后来施工的CK901孔，在原地质上预测应该见矿的部位上，确未见到工业矿体，证实了根据比值推断的正确性。

Ag×2000/Cu比值结果表明，本区矿化作用、矿液移运方向系由北向南，由下而上，

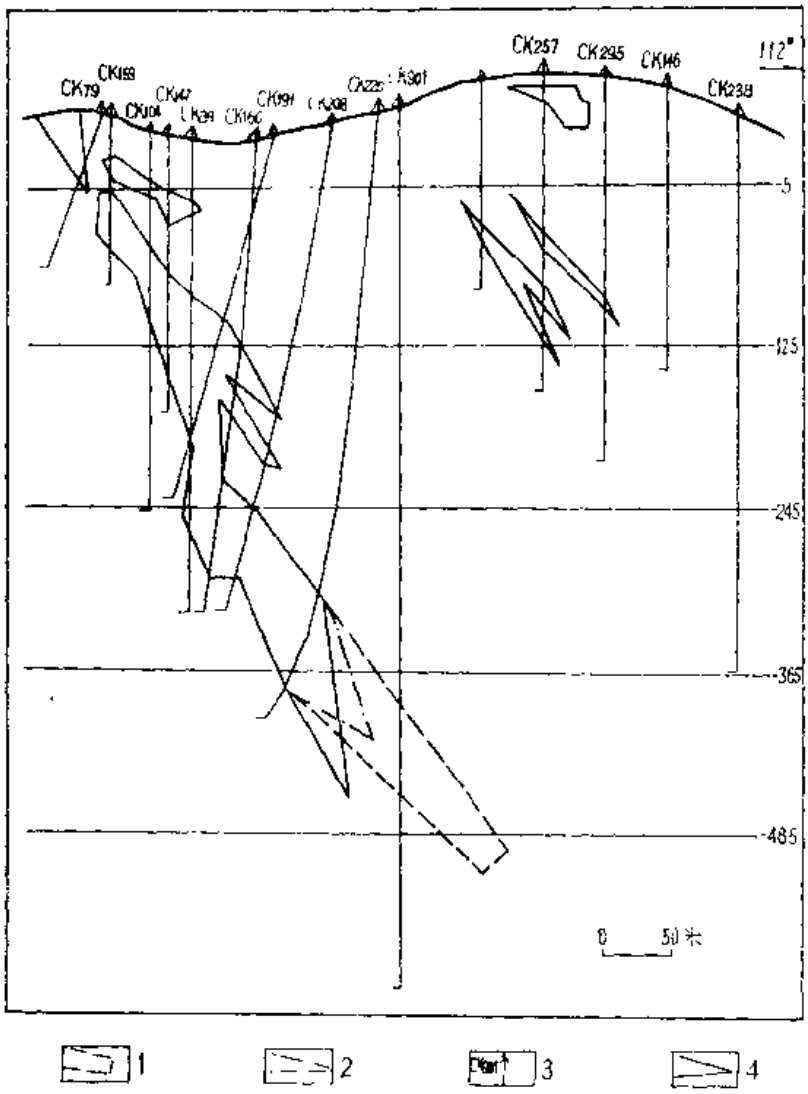


图 5　铜录山 9 线剖面地质法与比值法推断矿体延伸对比图

1—1979年以前地质推断矿体尖灭部位；2—根据Cu×50/Fe比值推断矿体尖灭部位；3—1979年施工钻孔；4—工程控制矿体尖灭部位

因而表明矿带北部（矿液的“入口”方向）深部可能还赋存有盲矿体，指出了Ⅳ号矿体北部找矿前景。这一设想目前尚未完全证实。

研究铜录山铜铁矿床元素地球化学分带不仅是为了铜录山矿床本身，更重要的是为了证实本区矿床的确存在着元素的顺向分带规律。此外，为本区区域找矿评价提供了元素地球化学分带的依据，也为邵跃（1978）根据矿床水平分带对鄂东地区提出的普查找矿设想提供了依据。本文叙述的这一研究结果表明，这种设想是可行的。

四、几点体会

铜录山铜铁矿床成矿元素地球化学分带特征的研究获得的初步成功表明：研究矿床元素的分带，在找矿勘探中确有重要作用，应当引起地质工作者的重视；当矿床矿石及矿物分带特征不够清楚时，运用元素地球化学的方法（包括比值）有可能获得良好结果。

在研究矿床矿化分带时，如能先从未遭剥蚀和氧化的单个矿体入手，在得到有关矿体矿化分带的初步结果后，再深入研究整个矿带的元素分带模式，由简到繁，往往可以得到事半功倍的效果。

成矿作用过程中的元素，在三度空间内的分带性与矿床或矿体（矿化）在三度空间内的分布特征有一致性。利用这种一致性可以指导普查找矿并作为区域评价的地球化学依据。

竹山银洞沟铅锌矿原生晕找矿效果

冯钜昌　李兆荣　张锡朋

湖北省地质局第五地质队

银洞沟铅锌矿是在检查群众报矿时发现的一个矿点。当时，在该区一个老硐（银洞）中发现了一条 0.6 米的含铅锌矿糖粒状石英脉。但在随后的普查施工的探槽中却未见到类似的矿化。以后，在探槽中采集了岩石样品，经分析，发现了明显的银、铅、锌、铜等元素的原生异常（见图 1）。

正当队上全面整理岩石测量的结果时，省局胡惠民副总工程师到现场，观察了异常地段的地质情况，指出，本区岩石蚀变强（强硅化带）、矿化显著，化探异常明显，类型好（属酸性火山岩多金属矿床类型），具有找矿前景。接着，我队组织力量上钻验证，亦投入了激发极化法。激发极化法的工作结果，与化探异常和蚀变带可以对应得起来。

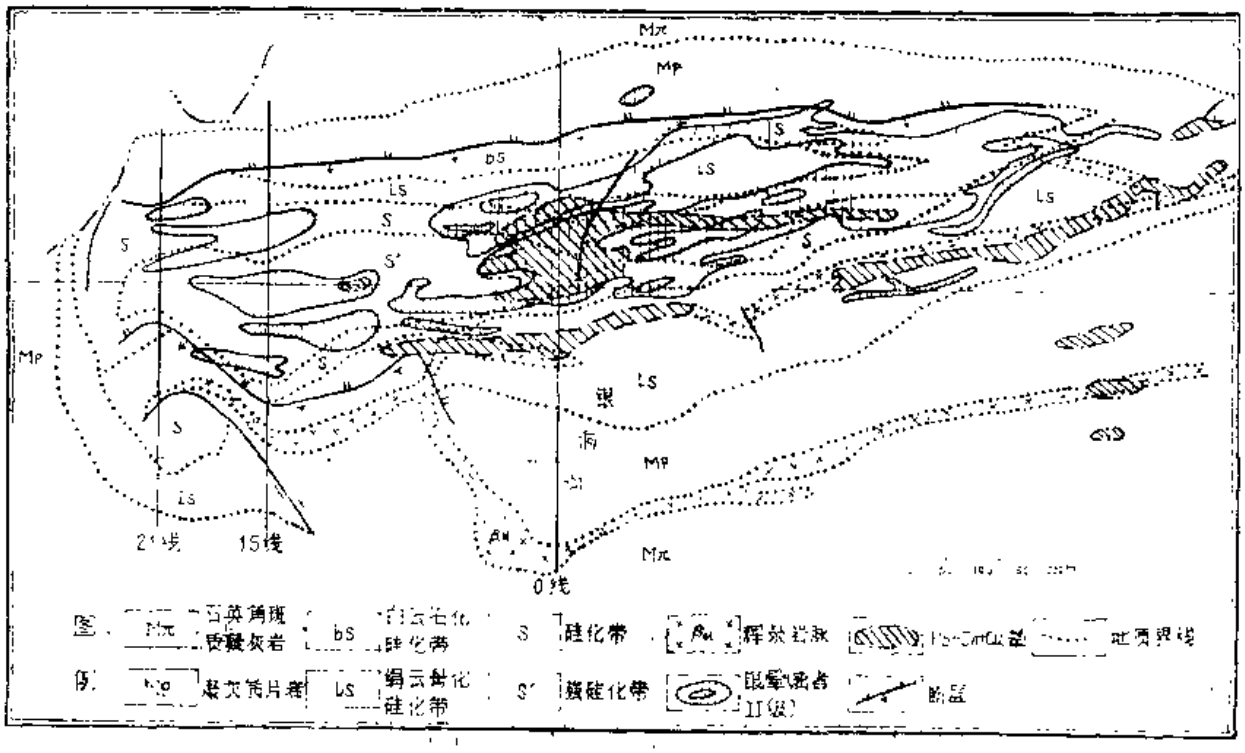


图 1　银洞沟铅锌矿化探异常图

打钻结果，深部见到了具有工业意义的盲矿体。这样，就为本区找矿打开了局面。

一、矿床地质特征

银洞沟矿区位于武当地背斜西缘西北角，公路断裂南盘。大地构造属秦岭纬向构造带东段。

矿区是一个走向东西，西端浅部向北倒转，深部向南倒转，东端向南倒转，向北倾斜的背斜。背斜轴在浅部沿走向作"S"形扭动。背斜核心由钾化带、钾化硅化带组成；两翼依次为硅化带、绢云母化硅化带等蚀变岩石和未蚀变的石英角斑质凝灰岩。

矿区岩石，初步认为是震旦系底部、郧西群酸性变质火山岩—石英角斑岩和石英角斑质凝灰岩夹白云岩透镜体。本来这套火山岩是富钠质的，但由于蚀变强烈，使原岩中钠长石含量从36%被交代只残留了<0.25%，甚至完全消失（图2）。

矿体与蚀变带的关系密切。铅锌矿体基本上赋存在钾化硅化带与硅化带之间，银矿体赋存在硅化带中。铅锌矿体是由纯铅锌矿脉，含铅锌的糖粒状（或块状）石英脉等小脉群组成。这些小脉的形成，初步认为是背斜翼部的劈理被充填的结果。小脉厚1毫米至十几厘米不等，但以1～2厘米左右的为主体，脉旁、脉间常见星散状矿化。银矿体目前仅知的是一种含铅锌很微的石英脉。

本区的蚀变模式及矿化趋势可用图2表示。

矿石物质成分见表1。

表 1

组份 / 类型	主要矿物成份		平均品位			
	矿石矿物	脉石矿物	Pb+Zn	Cu	Ag	Au
铅锌矿矿石	闪锌矿、方铅矿、黄铜矿（含银矿物正在研究之中）	石英 钾长石 方解石 绢云母	3.5%	少量	几拾 <150 克/吨	微
银矿矿石	自然银、螺状硫银矿、微量方铅矿、闪锌矿	石英	微		100—2000 克/吨	0.n—30 克/吨

二、岩石测量结果

图1是地表岩石测量结果。从图上可以看出，地表原生晕中Ag的异常范围大、浓度高，异常出现的位置与硅化带符合。Cu、Pb、Zn的异常比较零乱，异常范围也小。但是，用Cu+Pb+Zn的叠加晕圈定的异常比较清晰，异常位置相对偏南一点。

异常总的是呈东西向带状分布，与岩层走向一致。

图3是激发极化法工作的结果。从图上可以看出，J1号激电异常较大，与Ag异常的位置吻合。这样，Ag异常、激电异常和硅化蚀变带三者是一致的。这说明深部，在不太深处可能有多金属盲矿体存在。这一推断，后为验证的钻孔所证实。

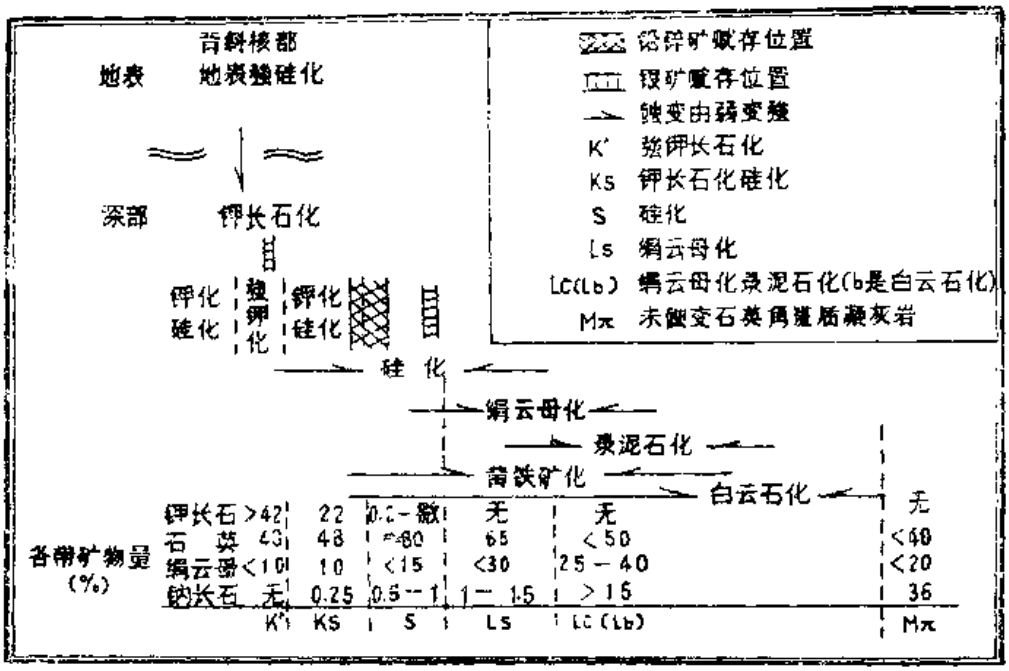


图 2 蚀变模式和矿化趋势图

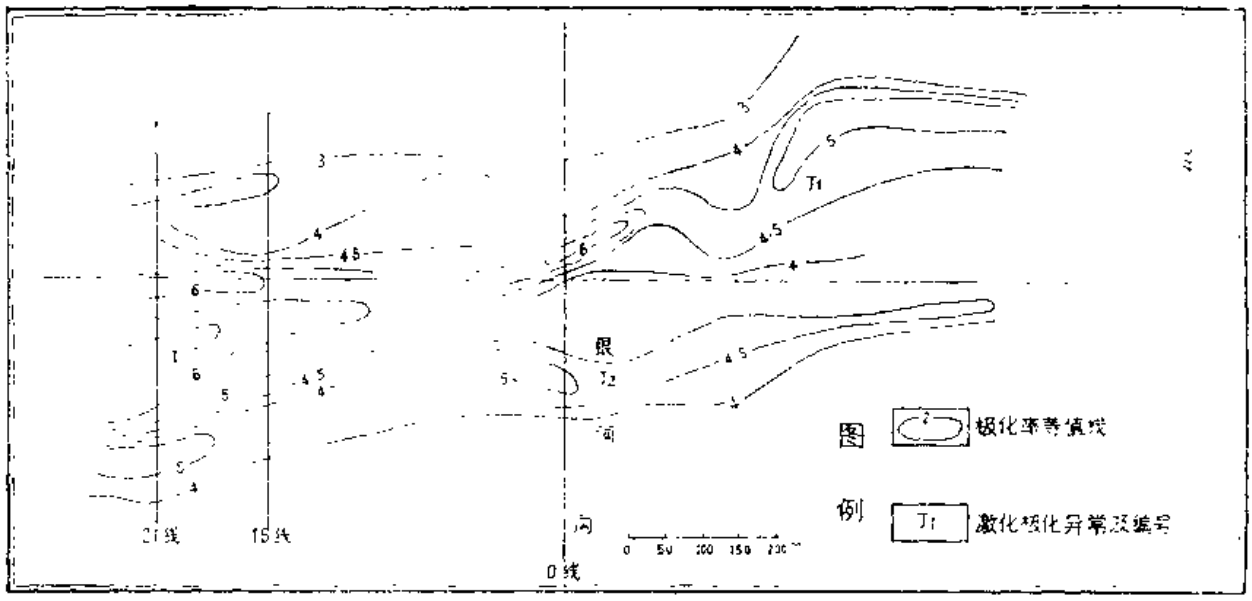


图 3 银洞沟矿区激电异常图

注" "激发极化"应为"激发极化

为了研究矿床原生晕的特征，以后又选择了矿区21线、15线和〇线三条勘探剖面，采取了钻孔岩芯样品。

钻孔中原生晕与地表原生晕的结果是一致的。剖面上Ag异常的范围也很大，浓度高，异常基本上到达地表。但Cu+Pb+Zn的叠加晕比Ag异常小，并且异常偏下，基本上未到地表。图4和图5是21勘探线上Ag和Cu+Pb+Zn的原生异常图。

图6，是根据勘探剖面上原生晕制作的矿床原生异常分带示意图。从图上可以清楚地看出上面所描述的分带关系。这样，原生晕中异常元素的组份分带与本区矿床矿物分带是一致的。

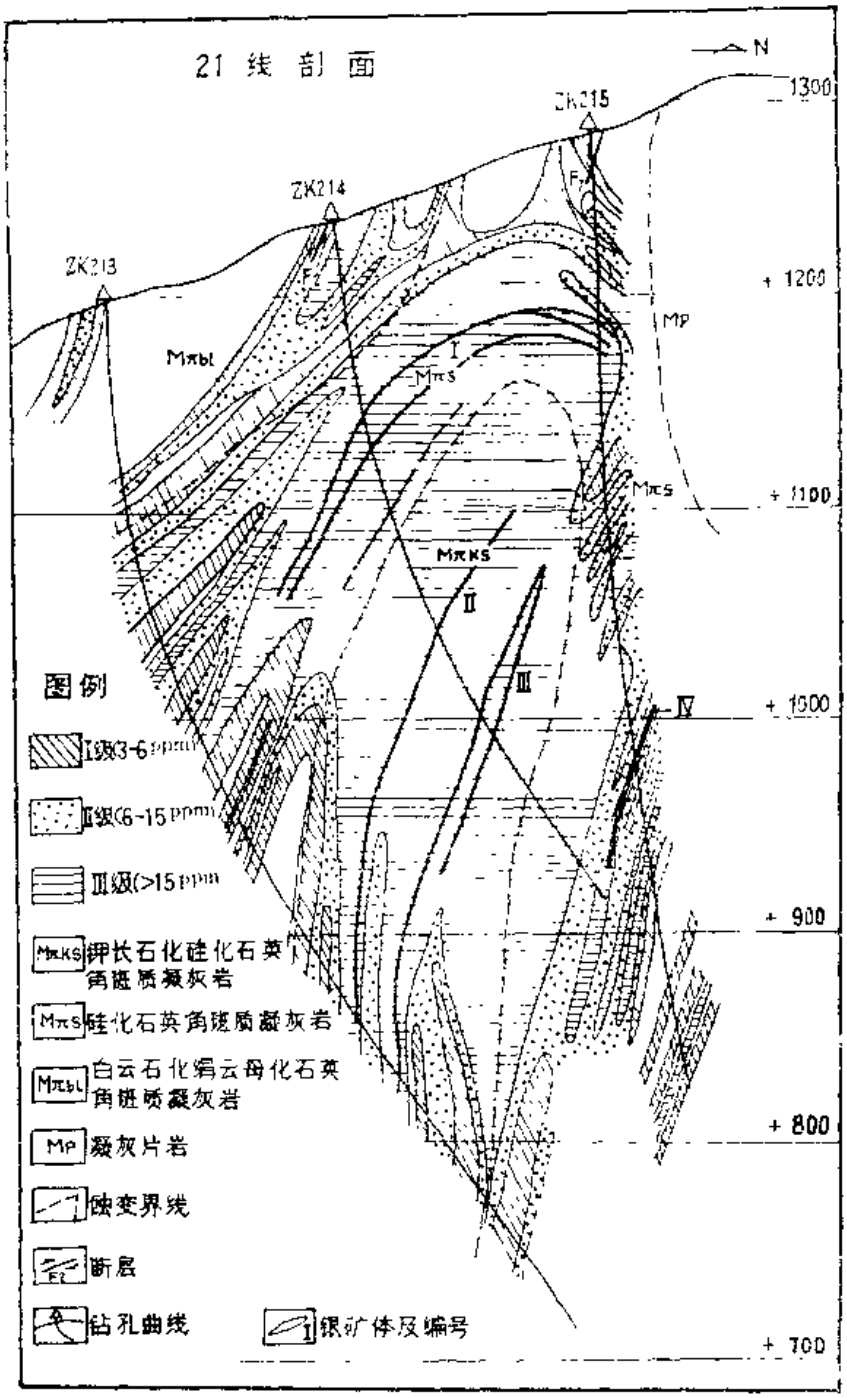


图 4. Ag晕等浓度图

本区单独的银矿体一般出现在＋900 米标高以上，而铅锌矿体则出现在＋1000 米标高以下。虽然两者有一部分是重叠的，但看来，似乎是属于两个不同的系列，也可能形成时的温度和时间不甚一致。

无论地表或剖面上的原生晕，Ag 和 Cu＋Pb＋Zn 的原生异常均与钾化带、钾化硅化带、硅化带以及硅化绢云母化带有关。异常含量分布也与蚀变强弱有关。比如，Ⅱ、Ⅲ级强异常多出现在钾化带或钾化硅化带，而Ⅰ级弱异常则往往出现在硅化带和硅化绢云母化带。

从剖面原生晕分布的趋势可以看出，异常向两边有侧伏趋势。这一点，从矿化蚀变及深部钻孔见矿的情况都说明这种可能性是存在的。

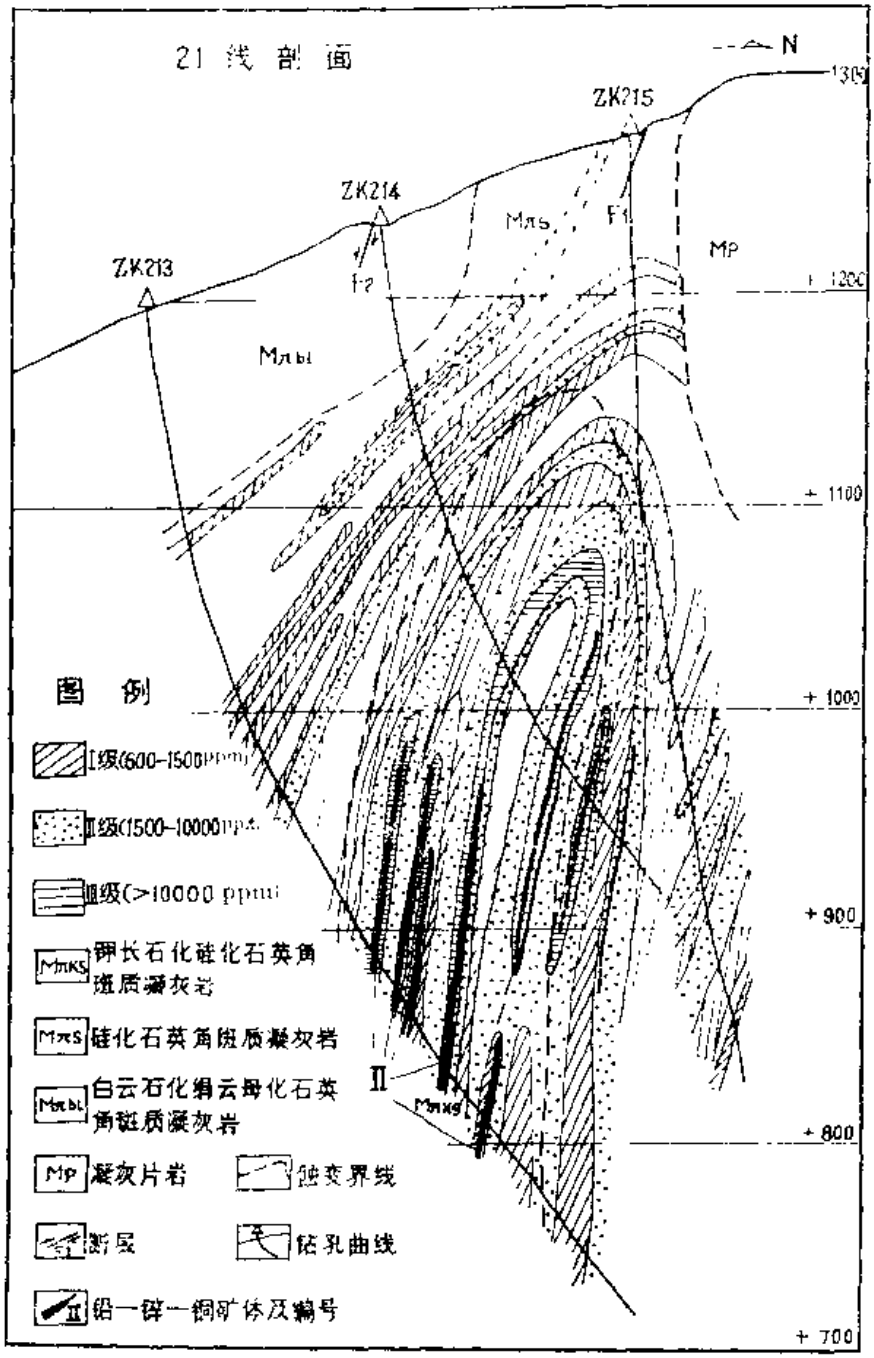


图 5 铜＋铅＋锌垒加拿等浓度图

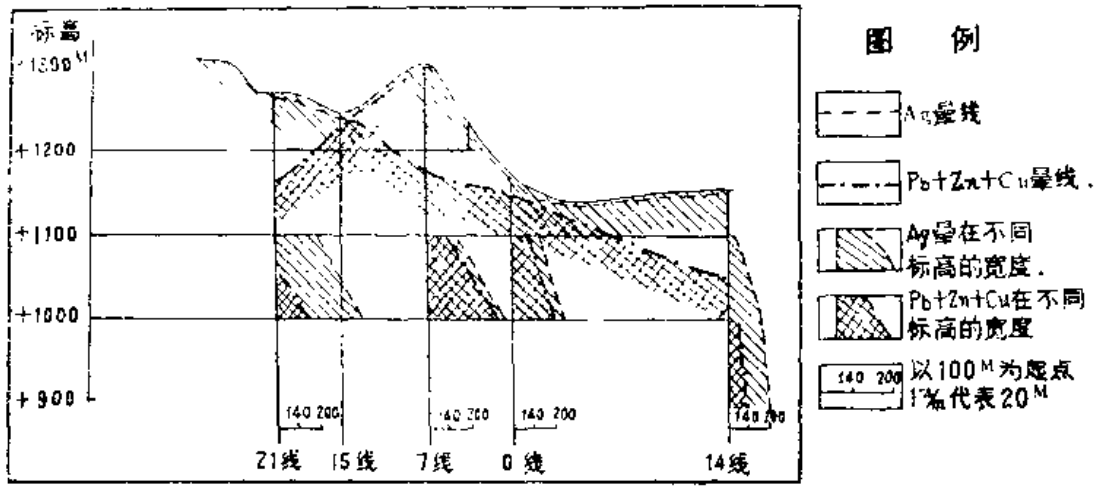


图 6 晕在各剖面线发育的标高及不同标高上的宽度

元素比值与矿体关系 表 2

比值	前缘晕	铅锌矿体
Ag/Cu	>1 —— <3	>0.2——<1
Ag/Pb	>0.2——<1	<0.2
Ag/Zn	>0.2——<0.5	<0.5

研究了原生晕中各元素对的比值。观察了晕中各元素对比值与矿化剥蚀深度的关系。看来，Ag/Cu、Ag/Pb和Ag/Zn三对指标在矿带前缘及矿带中有明显变化，矿带尾部的资料目前还没有(表 2)。

利用钻孔中异常样品的 Ag/Cu、Ag/Pb及Ag/Zn比值，根据其数值大小勾划出的前缘晕的范围和矿带范围，与目前矿体赋存的标高是一致的（见图 7）。这说明，利用晕中元素对的比值有可能估价矿带剥蚀的水平。

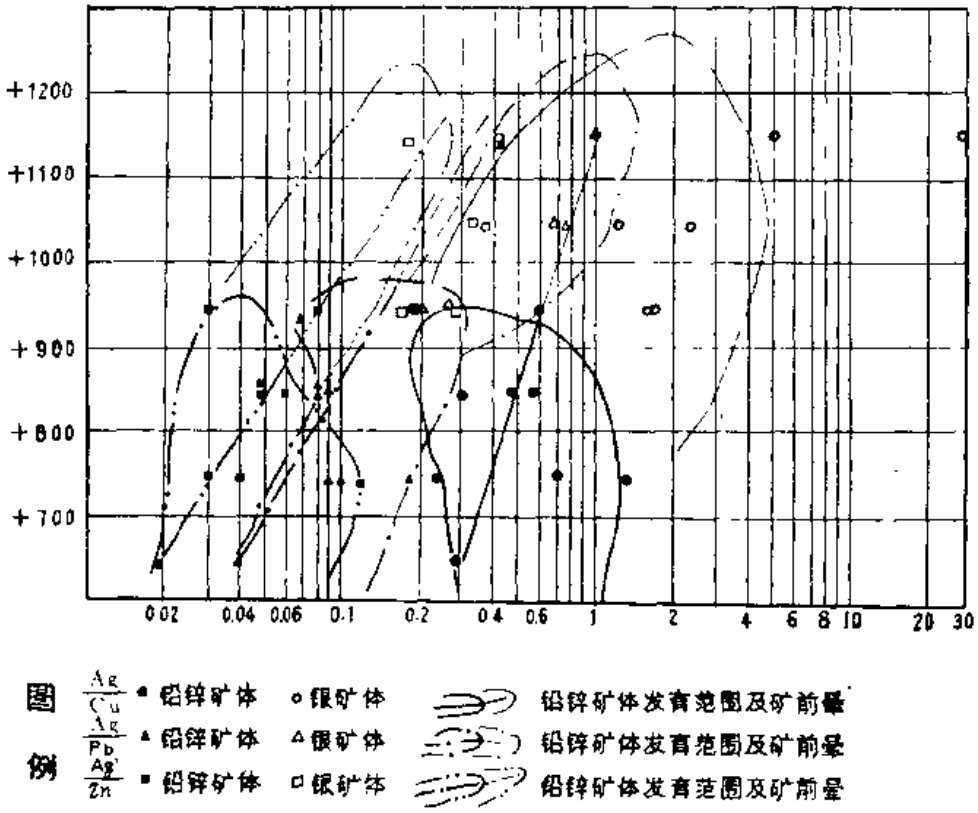


图 7 矿体范围与元素比值

三、黄铁矿单矿物中的微量元素

研究了黄铁矿单矿物中的微量元素的分配情况。这些样品系采自各蚀变带，并经过显微镜下的挑选，作光谱分析。发现，从矿体到蚀变带的黄铁矿中 Ag、Cu、Pb、Zn及Co 的含量作有规律的递减（表 3 和图 8）。

黄铁矿中微量元素含量表(ppm)　　表 3

名　　称	Ag	Pb	Zn	Cu	Ba	As	Mo	Co
矿　　脉	80	10000	25000	200				250
矿　　脉	50	>10000	5000	400	<100	500	10	50
矿　　脉	>100	8000	2000	300	100	<100	<3	
钾化带（矿脉直接围岩）	20	80	≤100	500	<100	800	10	150
硅化绢云母化带	20	80	≤100	300	<100	500	10	100
强硅化石英角斑质凝灰岩	20	80	150	50	<100	500	30	10
强硅化石英角斑质凝灰岩	15	100	500	150				
强硅化石英角斑质凝灰岩	7	150	100	100	<100	500	15	50
硅化绢云母化黄铁矿化	15	400	150	50	<100	500	15	30
绢云母化石英角斑质凝灰岩	3	40	300	15	<100	500	≤10	10

本区黄铁矿化普遍，黄铁矿中微量元素含量的这一分布规律可以说明：（1）黄铁矿是本区矿化作用的“载体”；（2）黄铁矿中微量元素含量明显的递减趋势是反映了热液矿床原生晕的浓度变化关系，而这种浓度梯度变化是与含矿热液的温度降低直接有关；(3) 表现出为典型的热液矿床的原生晕。

可以预料，黄铁矿单矿物微量元素的研究对阐明矿床原生晕及找矿评价，是有实际意义的。

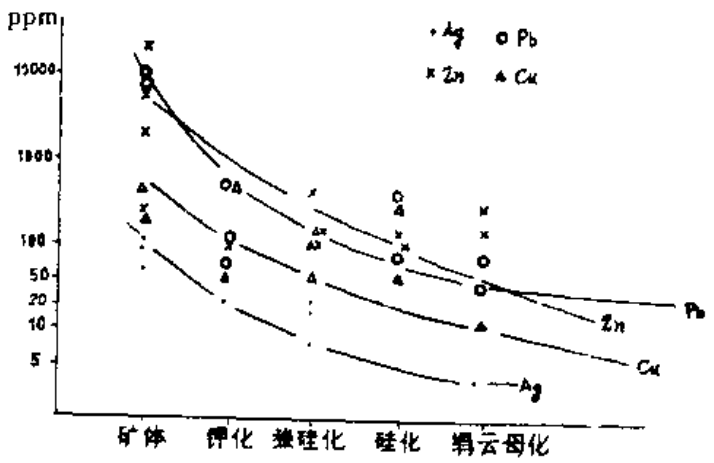


图 8　黄铁矿中微量元素在各蚀变带（矿体）的含量变化

一个斑岩钼矿的发现

广东省地质局物探队

该区为一已知的磁铁、黄铁矿点。1960年前后地质队在该区做过地表地质工作及浅部工程揭露，计算了铁、黄铁矿的储量。1975年航测在该地区发现了C-108航磁异常。

为了查明平缓航磁异常的性质，研究进一步寻找磁铁矿体的可能性，我队于1976年在该区开展了1:1万综合物化探详查。结果，土壤测量发现钼异常。经实地检查，发现有石英斑岩出露，钼异常主要位于石英斑岩体上。土壤钼异常范围大，强度高。经采岩石样分析，钼含量高，并在局部地段见辉钼矿化。因此，于1977年对钼异常含量高的地段进行了探槽揭露，并做刻槽取样分析。最后证实，钼异常是由出露地表的厚度较大的斑岩型钼矿体所引起。

一、地 质 概 况

该区所处区域构造位置为吴川—四会断裂动力变质带之阳春段的中部，黄岭顶—合水逆断层的上盘，阳春盆地的西北侧。区内除不发育的第四系盖层的冲积、坡残积物外，主要出露岩石为寒武系八村群结晶片岩系、加里东期混合岩、印支期花岗岩、燕山期花岗岩或石英斑岩。此外，还有矽卡岩，混合岩化糜棱岩和一些酸性岩脉。工区构造复杂，褶皱发育，地层产状多变。主要构造线走向北东，与区域构造走向一致。

寒武系八村群结晶片岩系是由石英绢云母片岩、绢云母石英片岩、石英片岩及石英岩组成。燕山期石英斑岩呈小岩株产出，侵入于寒武系八村群的结晶片岩和混合岩中，其走向与围岩片理、片麻理的走向一致。石英斑岩中见有辉钼矿、黄铁矿、磁铁矿等付矿物。

二、土 壤 测 量 结 果

该区为中高山区，海拔一般为500～1000米，相对高差大于500米。岩石风化厉害，第四系覆盖薄，残坡积物发育，有利于土壤测量工作。

土壤测量结果发现Mo、Pb、Sn、Cu、W、Bi、Zn、Mn等元素的异常。但除Mo、Pb异常具一定规模并较为规整外，其余元素的异常范围小，规律性差（可能受光谱分析灵敏度低的影响），仅有个别异常点出现。

该区正常地段钼含量在光谱分析灵敏度以下（10ppm），以50ppm等量线圈定的异常近似椭圆形（图1），长轴近南北向，异常北东端已伸出工区，未封闭。Mo100ppm等量线圈定的异常面积近1.5平方公里。一般Mo含量50～100ppm，部分含量较高为100～300ppm，少数可达500～800ppm，最高的9个样品含量为1000～2000ppm。Mo异常中伴生

有Pb、Cu、Sn、W、Bi、Zn等元素的异常。Pb异常分布范围与Mo异常近似（图2）。Pb含量一般150～300ppm，最高2500ppm，Mo、Pb异常似乎有正相关关系，如Mo含量较高的石英斑岩体地段Pb含量亦较高（图2、4）。由于本区寒武系云母石英片岩中常见含Pb的黄铁矿脉，沿断裂带岩层中有铅，锌矿化现象。因此，Pb异常的广泛出现可能受不同成因的铅矿化异常的干扰，致使Mo、Pb异常关系复杂化。

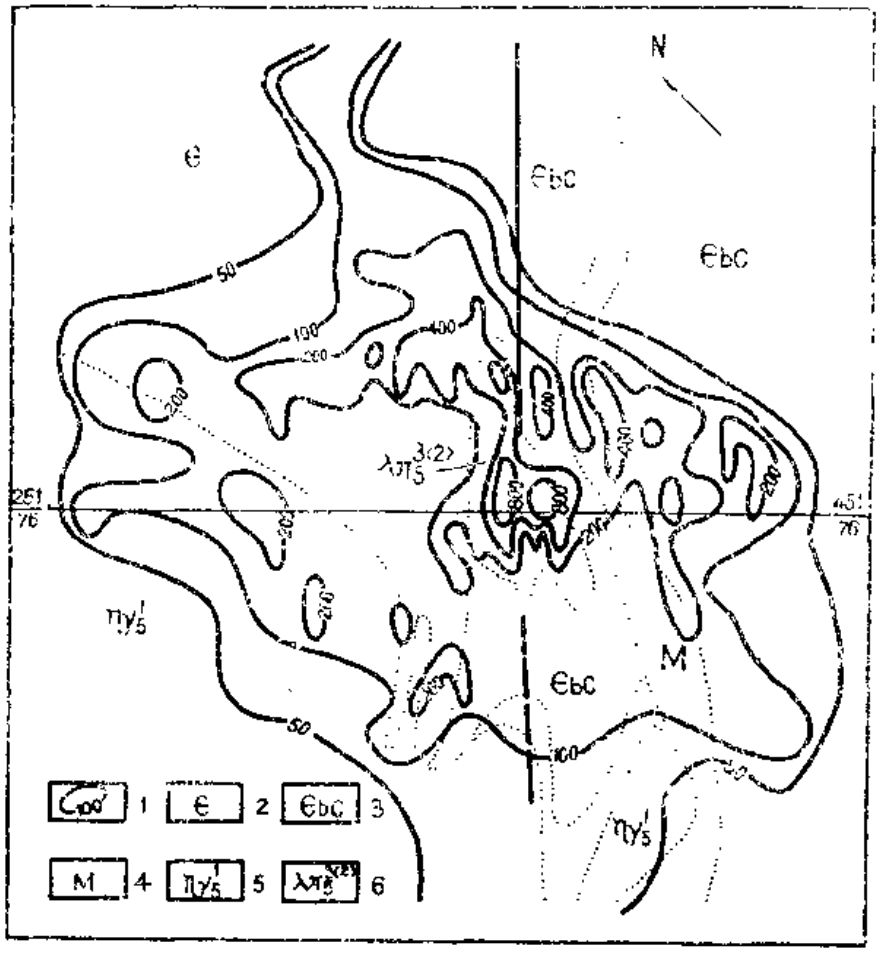


图 1　化探、地质综合成果图

1—次生晕Mo等值线及ppm值；2—加里东期混合岩；3—寒武系八村群结晶片岩系；4—混合岉化糜棱岩；5—花岗岩；6—燕山后期石英斑岩

Cu异常主要分布在Mo、Pb异常的北部（图3）、属外带异常元素。一般含量为50～100ppm，最高含量200ppm位于断裂带上的Pb矿化地段。

Sn异常亦分布于Mo、Pb异常的北部，但与Cu异常不重合，规律性较差，一般含量50～80ppm，最高200ppm。

在Mo高含量地段少量岩石样品的光谱分析结果，主要异常元素有Mo、Pb、Sn。其中，Mo含量80～＞1000ppm，Pb150～1000ppm、Sn10～150ppm、Cu10～50ppm，Bi、Zn、W等均在光谱分析灵敏度以下，表明本区以钼矿化为主。

总之，本区土壤测量异常的元素组合是复杂的，分带不明显。估计可能有两个原因：（1）可能受多期矿化干扰的影响。（2）根据以往的经验，可能钼带暴露，因而Mo异常中Cu、Pb、Zn等元素的异常显得零乱而无规律，但这样的地区对找钼矿是有利的。

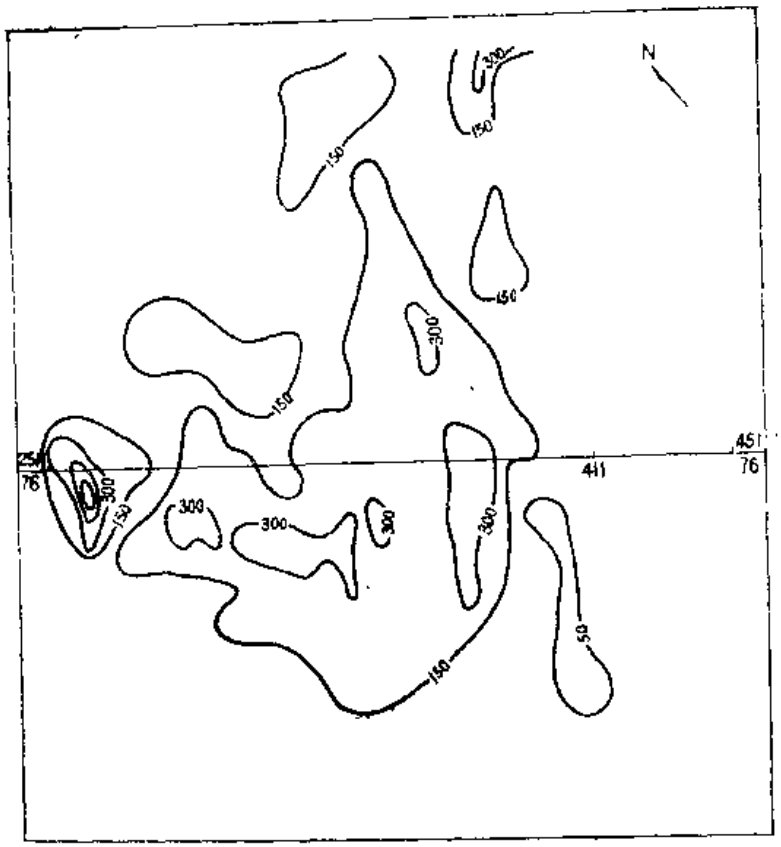


图 2　土壤测量铅异常平面图

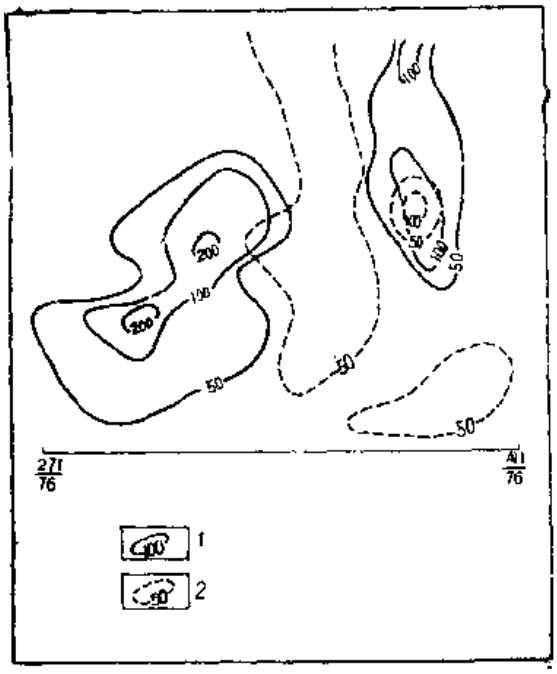


图 3　土壤测量铜、锡异常平面图

1—铜等量线；2—锡等量线

由图 1 可见，整个Mo异常是位于中生代燕山期石英斑岩株与寒武系八村群云母石英片岩类、混合岩化糜棱岩和加里东期条带状混合岩接触带上，以及印支期糜棱岩化二长花岗岩、黑云母花岗岩上与加里东期眼球状混合岩接触带的两侧。Mo 高含量的异常主要位

于石英斑岩体及其周围。石英斑岩体局部地段见有辉钼矿化。据此、认为Mo异常是钼矿（或矿化）体引起，值得进一步工作。

三、验 证 结 果

1977年，我队根根详查工作的结果，选择了通过Mo异常中心的76线进行槽探揭露，并连续刻槽取样分析。探槽平距长840米，刻槽采样887个。对样品进行了光谱全分析及化学分析。

探槽揭露出的岩石有燕山第五期的石英斑岩、寒武系八村群结晶片岩系、加里东混合岩和一些糜棱岩以及糜棱岩化混合岩。

石英斑岩体呈一纺锤状，长约650米，宽约300米，北西面与条带状混合岩接触，接触界线平直、清晰，倾向313度，倾角58度。南东面与绢云母片岩的接触界线不清，凹凸不平，绢云母片岩似一盖层覆盖在石英斑岩之上。石英斑岩呈灰色带肉红色，由石英、长石、黑云母构成，具斑状结构和块状构造。斑晶由石英及少量长石（约占5～10%）构成，基质由细小的石英、粘土矿物、绿泥石、绢云母构成。石英斑岩中见黄铁矿化、叶腊石化、褐铁矿化，由于钼矿物颗粒太小，绝大部分地段肉眼均未见到辉钼矿。据个别标本鉴定结果，在岩石裂隙中分布有黄铁矿、褐铁矿、辉钼矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等金属矿物。黄铁矿为他形不规则的颗粒，大小一般为0.15～0.3毫米。因风化作用，黄铁矿的边缘往往变成褐铁矿，偶见有黄铜矿交代黄铁矿的现象。黄铜矿颗粒大小为0.03毫米左右。辉钼矿在褐铁矿集合体边缘部分，呈叶片状。

野外肉眼观察能见到辉钼矿化的地方，均可见黄铁矿，辉钼矿以细脉浸染状产出。

通过刻槽取样分析，圈出了三个钼矿体、二个铁钼矿体，一个含钼铁矿体（图4）。

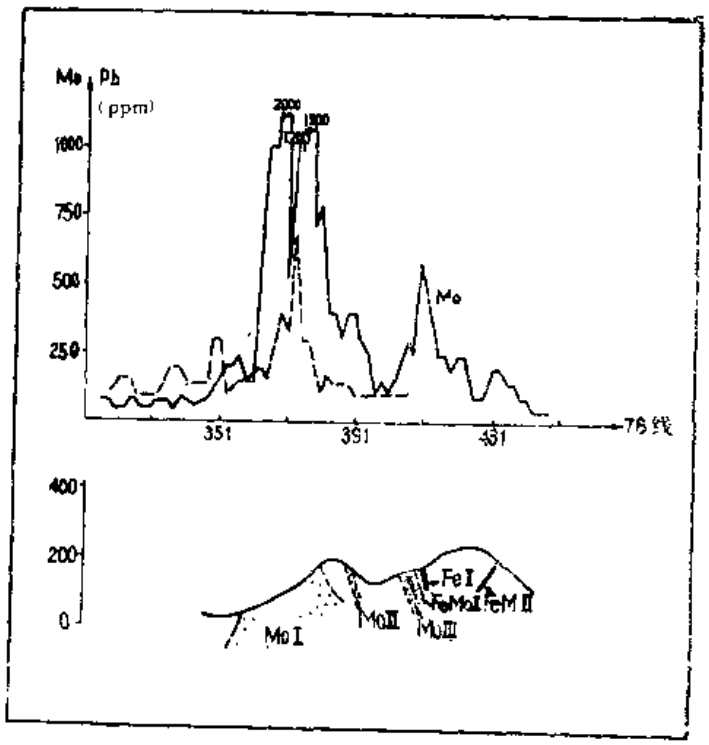


图 4　76线化探、地质综合剖面图

Ⅰ号钼矿体（MoⅠ）视宽度292米，Mo平均品位0.063%。单样最高品位0.38%，最低0.006%。矿体赋存于石英斑岩中。

Ⅱ号钼矿体（MoⅡ）视宽度16米，Mo品位0.016～0.063%，平均0.041%。矿体赋存于绢云母片岩和石英片岩中。

Ⅲ号钼矿体（MoⅢ）视宽度60米，钼品位0.022～0.112%，平均0.042%，矿体赋存于绢云母石英片岩，石英绢云母片岩和糜棱岩中。

Ⅰ号铁钼矿体（FeMoⅠ）位于Ⅲ号钼矿体中，是一条含钼有害杂质少的富磁铁矿脉，厚度2.03米，平均品位全铁（TFe）52.4%，钼0.057%。

Ⅱ号铁钼矿体（FeMoⅡ）视宽度3.72米，平均品位全铁(TFe)31.71%、钼0.051%，矿体由磁铁矿组成。

Ⅰ号含钼铁矿体（FeⅠ）视宽度6.25米，矿体平均品位全铁（TFe）33.97%、钼0.019%，由磁铁矿组成，赋存于糜棱岩中。

工作到此程度，我们认为矿区的远景评价基本可以肯定，并建议地质队进一步开展深部地质工作。目前，已有一个地质队正在对该区铁、钼矿体打钻，作深部评价工作。

蟒岭区域化探的找矿效果

薛 友 智

陕西省地质局区调队

本文所谓“蟒岭”地区，系指1:5万北宽坪幅（Ⅰ—49—77—甲），三要街幅（Ⅰ—49—77—乙）和官坡（Ⅰ—49—78—甲）西半幅。地处秦岭山脉东段，属陕西省洛南，丹凤，商县辖内，东跨河南省界，总面积约一千余平方公里（图1）。

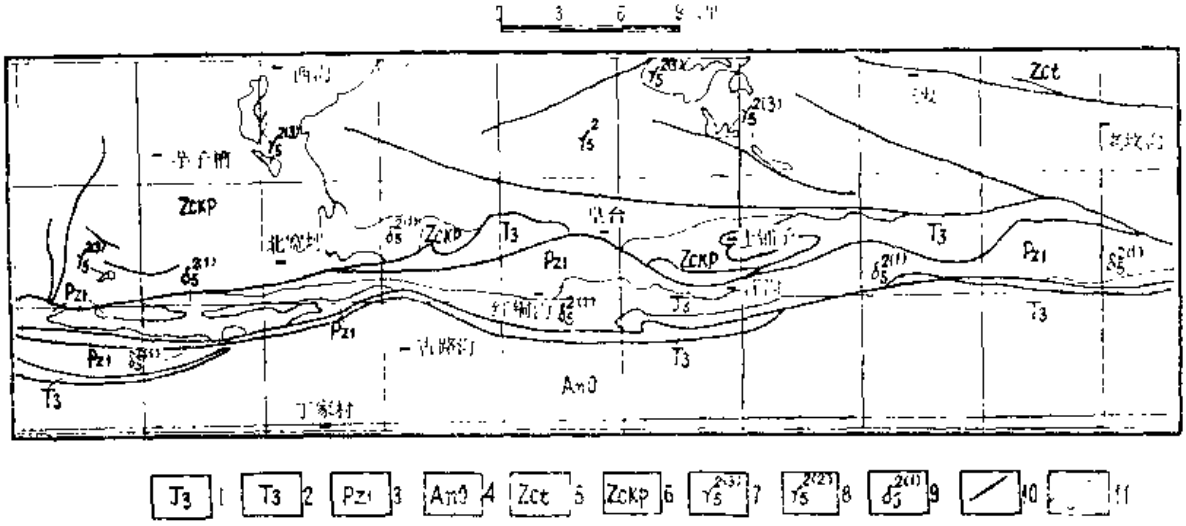


图 1 蟒岭地区地质略图

1—上侏罗统；2—上三叠统；3—下古生界云架山群；4—前奥陶系秦岭群；5—震旦亚界陶湾组；6—震旦亚界宽坪群；7—细粒二长花岗斑岩；8—中—粗粒二长花岗岩；9—石英闪长岩；10—断层；11—地层界线

按地质情况，测区分为三个单元。贯穿东西的中部断陷带，出露古生代变质海相火山喷发—正常沉积岩、中生代未变质及轻变质的陆相碎屑岩，火成岩有加里东期闪长岩。断陷带南，主要为前奥陶系“秦岭群”的各种深变质岩分布区。断陷带北，为前寒武系宽坪群（称“震旦亚界宽坪群”）的绿片岩、云母石英片岩、大理岩分布区。北带燕山期中—酸性侵入活动频繁，发育有二长花岗岩，闪长岩体、并形成了一定范围的外接触带。区内最大的岩体——蟒岭花岗岩即位于北带。该岩体面积约三百平方公里，周围零星分布一些铁铜矿点。此带历来被认为是有远景的多金属成矿带。燕山晚期，在测区北部发育有若干规模不大的花岗斑岩、石英斑岩及爆破角砾岩。

于1973年，我队五〇三分队在本区开展系统的1:5万区域地质调查工作。原拟收集利用不同工作单位，不同年份的分片区域化探成果，但由于各批数据间的系统偏差悬殊，根本无法利用，又于区域地质调查开始后的第三年，即1975年进行了全区系统的化探采样工

作。1976年上半年，采集水系沉积物样品 5038个，平均每平方公里4.7 个样品，分布大致合理。按平方公里方格计算，无样方格65个，大部份零散分布在山脊及图边附近。

全部样品由我队实验室两名分析人员分 13 批用光谱水平电极撒样法分析 Pb、Zn、Cu、Mo、Ni、Co、Ag、Sn、As、Sb、Ga、V、Cr、P、Mn、Ti等 16 个项目。其中，Pb、Zn、Cu、Mo、Ni为黑度仪测光结果，其余为放大仪读谱、共摄相板60块，分析时间自1975年10月至1976年10月。

为压制系统偏倚，采取了相应的质量控制措施。黑度仪测光中每块相板带八个控制样品，用以计算每块相板的偏倚系数，进行数据校正。其中Mo、Zn偏倚系数稳定，Ni、Pb波动较大，Cu波动最大（图 2）。偏倚系数正确与否用掺在不同相板上的 10%内检样品验证。放大仪读谱中，用同批的比较标准，在双片放大仪上读数。上述措施的实行结果能较好地消除分析批间及极板间的系统偏倚，使全区分析数据的重现性保持在同一水平上。

为了解光谱报出的数据误差，对17个管理样中的 Cu、Zn、Ni、Mo 用原子吸收、化学比色、催化极谱等方法进行检查（表 1）。发现 Zn 的分析误差较小，88%以上的样品，误差在半倍以内。低含量的 Mo，化学比色、催化极谱比光谱分析系统偏高一倍，65—71%

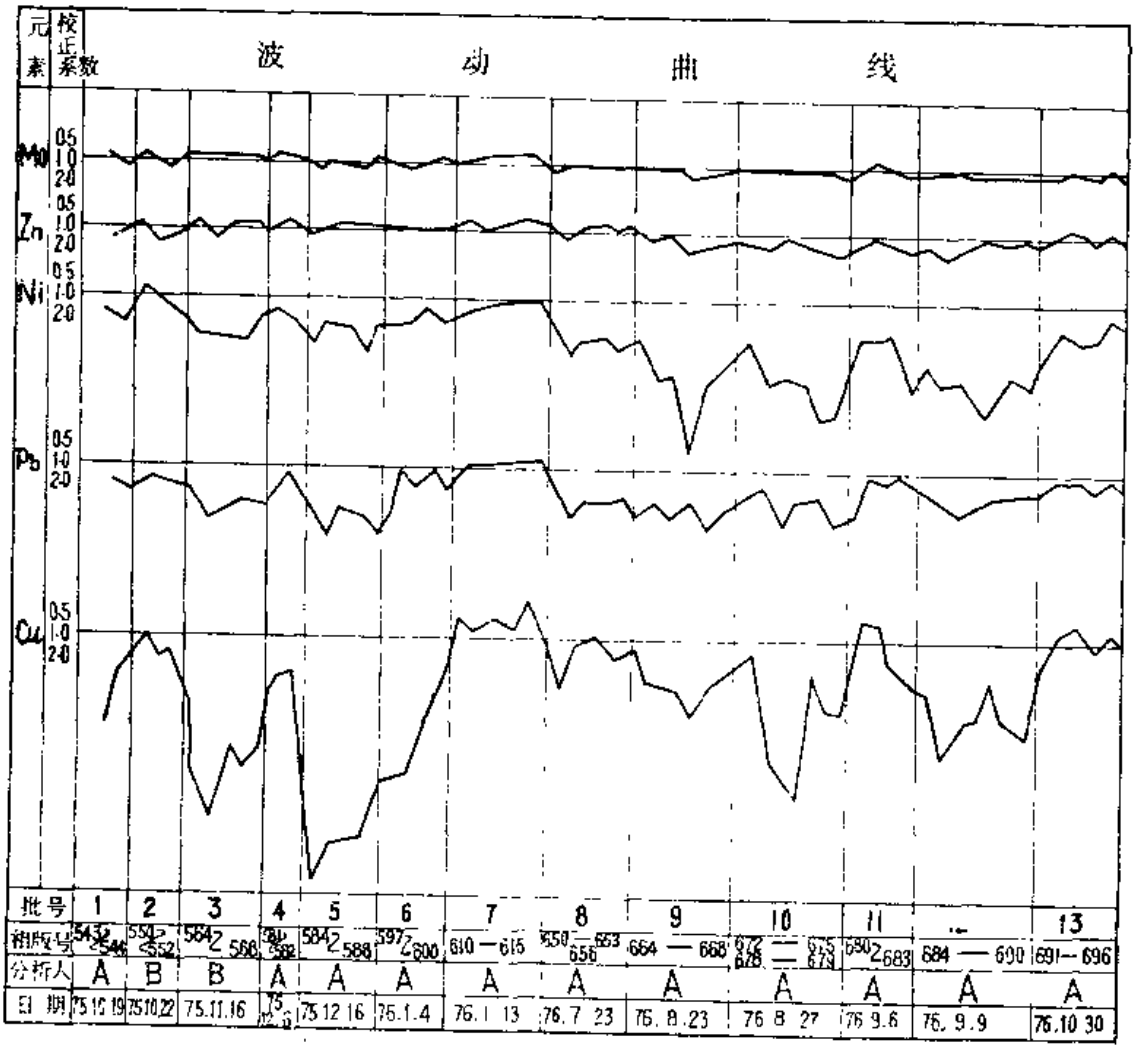


图 2　相版间偏倚系数波动曲线

的样品偶然误差在一倍以内。含量100ppm 以下的Ni 原子吸收比光谱分析系统偏高一倍，

大约只有50%的样品偶然误差低于一倍。

为了解采样和光谱同批相板分析的重现性，在三批六块相板上共分析19对野外重复取样样品，将其数据进行方差分析。结果证明已计算的11个元素的系统误差和偶然误差都不显著（表2、表3）。

为压制“噪音”，对全图幅5038个样品的分析数据按每平方公里一个样进行组合平均，再以四平方公里为单位进行手算滑动，手勾等值线编成各元素的基本地球化学图。

光谱分析与其他方法分析结果对比　　表 1

样品号 \ 分析项目 / 分析方法	Cu			Zn		Mo			Ni	
	光谱	原子吸收	化学比色	光谱	原子吸收	光谱	化学比色	催化极谱	光谱	原子吸收
1	3.5	14	16	112	103	0.73	0.99	0.95	8	21
2	6.3	23	24	68	99	1.10	2.70	2.60	59	76
3	14	25	28	123	104	0.88	2.10	2.80	22	32
4	20	38	40	61	95	0.54	0.91	0.70	39	45
5	42	47	52	88	84	0.56	0.98	1.10	30	44
6	34	43	45	66	77	0.57	0.89	0.80	60	71
7	29	38	40	74	82	0.49	1.04	0.90	18	37
8	18	28	30	77	80	0.51	0.76	0.70	19	38
9		61	62	128	111	0.62	1.11	1.20	34	58
10	18	26	26	116	116	0.80	2.62	2.50	17	36
11	36	47	55	80	102	0.53	0.98	1.10	24	52
12		60	58	88	100	0.57	0.80	0.90	30	55
13	26	38	36	59	84	0.52	1.29	1.30	14	36
14		87	90	130	158	0.58	0.90	0.97	40	61
15	18	32	30	59	79	0.51	0.70	0.70	18	39
16		130	130		5170	0.71	1.23	1.30	36	58
17	7.3	19	20	51	49	0.61	1.24	1.10	12	30
光谱偏倚系数		1.93	2.06		1.15		1.91	1.92		1.92
合格率（%） ≤半倍误差		46	38		88		24	29		23
合格率（%） ≤一倍误差		77	77		100		65	71		53

这套图件，展示了区域上元素含量变化的总体面貌，纠正了人们在局部地段，局部地质体工作时所形成的不完整的认识，向人们客观地指示出地质找矿方向（图3、4）。

在滑动平均法所提供的有益信息的启发下，五〇三分队对蟒岭地区水系沉积物光谱分析资料进行了电算分析。在DJS—6机上计算了Cu、Pb、Zn、Ni、Mo等元素到第六次趋势值，手工勾绘出趋势图及相应的异常图。

以Cu为例，一次趋势面指示出测区内Cu元素由东向西的含量逐渐增高；二、三、四次趋势面（图5）形态变化不大，都较一致地把全区划分为三个部份：西部的“高地势”带，一般丰度40～70ppm，最高93 ppm，北部的“低地势”带，一般丰度3～6ppm，最高20ppm，南部的“中地势”带，一般丰度8～25ppm，最高49ppm。Cu的这种分布特点和变化趋势与区域地质背景一致。Ni区域分布的态势与Cu类似。Pb、Zn的区域变化不大，

重复采样分析数据　　表 2

分析日期	样对序号	原样编号	分析结果 (ppm) Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Sn	Mo	P	V	Ga	Cr
76,9,7	1	3706	2.2	17.2	34	5	17.8	1	0.70	2000	100	12	180
		3706/检	2.9	19.6	38	6	20	1	0.67	2000	80	12	180
	2	3749	2.4	18.8	30	5	15	1.5	0.64	500	80	15	200
		3749/检	1.7	21	31	8	16	1.5	0.67	500	80	15	200
	3	3820	3.9	33	41	5	11.1	1.5	0.61	500	80	18	180
		3820/检	3.6	28	42	5	10.5	1.5	0.56	500	50	18	180
	4	3835	4.2	23	36	5	12.9	1.5	0.72	2000	100	12	180
		3835/检	3.6	24	35	5	12.9	1.5	0.70	2000	100	12	180
76,10,15	5	3958	2.7	25	41	5	10.2	1.2	0.67	500	100	20	80
		3958/检	0.82	13.4	33	5	8.4	1	0.58	500	70	12	70
	6	4063	27	60	116	10	44	1.5	1.04	500	120	18	150
		4063/检	34	58	116	10	42	1	1	500	120	18	150
76,10,15	7	4191	24	14.1	68	12	30	1	0.70	500	100	12	70
		4191/检	20	14.1	71	12	30	1	0.72	500	100	12	70
	8	4237	38	10.5	57	6	28	1	0.61	500	70	10	70
		4237/检	40	10.9	59	6	27	1	0.64	500	70	10	70
	9	4262	24	10.9	57	5	23	1	0.72	500	100	10	60
		4262/检	44	13.4	62	5	27	1	0.72	500	100	10	60
	10	4284	35	21.0	64	8	30	1.2	0.64	500	100	12	70
		4284/检	36	19.7	71	8	32	1	0.64	500	100	15	70
76,11,20	11	4341	8.2	24	55	5	16	1.5	0.75	500	80	10	80
		4341/检	10	24	55	5	18.9	1.5	0.78	500	100	15	80
	12	4402	20	27	68	10	26	3	0.96	3000	120	20	200
		4402/检	22	27	86	10	28	3	1.04	3000	120	20	180
76,11,20	13	4466	73	18.8	64	20	51	1	0.75	500	200	18	100
		4466/检	68	20	59	20	45	1.5	0.72	500	200	18	100
	14	4491	73	18	68	20	41	1.5	0.70	2000	180	15	80
		4491/检	70	18	74	20	45	1.5	0.70	2000	180	12	80
	15	4519	81	11.7	66	25	58	1	0.81	500	200	20	100
		4519/检	90	12.1	80	25	63	1	0.84	500	200	20	100
76,11,20	16	4576	73	17.5	68	20	58	2	0.72	500	200	20	100
		4576/检	70	17.5	80	20	56	2	0.72	500	200	18	100
	17	4587	28	18.9	108	20	29	1.2	4.1	500	100	18	80
		4587/检	24	15.4	92	20	25	1.2	3.1	500	100	18	80
	18	4661	36	11.2	112	35	95	1.5	3.2	2000	200	22	100
		4661/检	36	12.5	108	35	101	1.5	3.4	2000	200	22	100
	19	4691	3.2	25	25	6	13.6	1.5	0.61	500	120	20	70
		4691/检	4.5	36	83	8	15.6	2	0.72	500	120	20	70

重复采样方差分析结果　　表 3

	临界值 F (0.01)	F (0.05)	F (0.10)	检验元素 Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Sn	Mo	P	V	Ga	Cr
$F_{样}$	8.29	4.41	3.01	0.79	0.003	1.94	4.10	2.04	0.011	0.07	0	1.42	0.22	1.88
$F_{行}$	3.13	2.22	1.80	89.1	26.1	38.3	285.5	211.9	20.1	24.3	00	68.5	9.3	388.1
检验结论	系统误差			* *	* *	*	* *	* *	* *	* *	* *	* *	* *	* *
	偶然误差			* *	* *	* *	* *	* *	* *	* *	* *	* *	* *	* *

* 为不显著，* * 为极不显著。

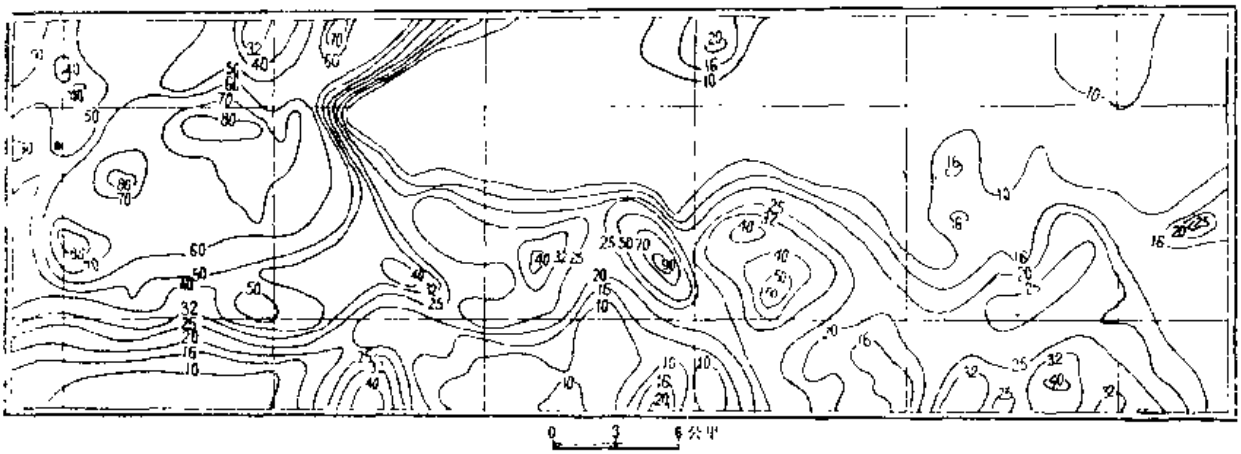


图 3 蟒岭地区水系沉积物铜地球化学图（单位ppm）

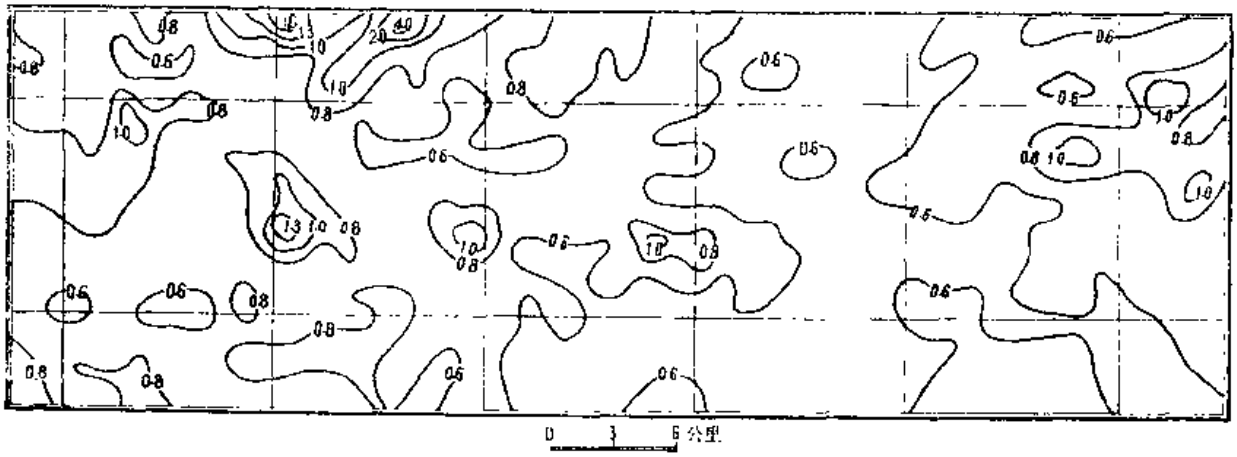


图 4 蟒岭地区水系沉积物钼地球化学图(单位ppm)

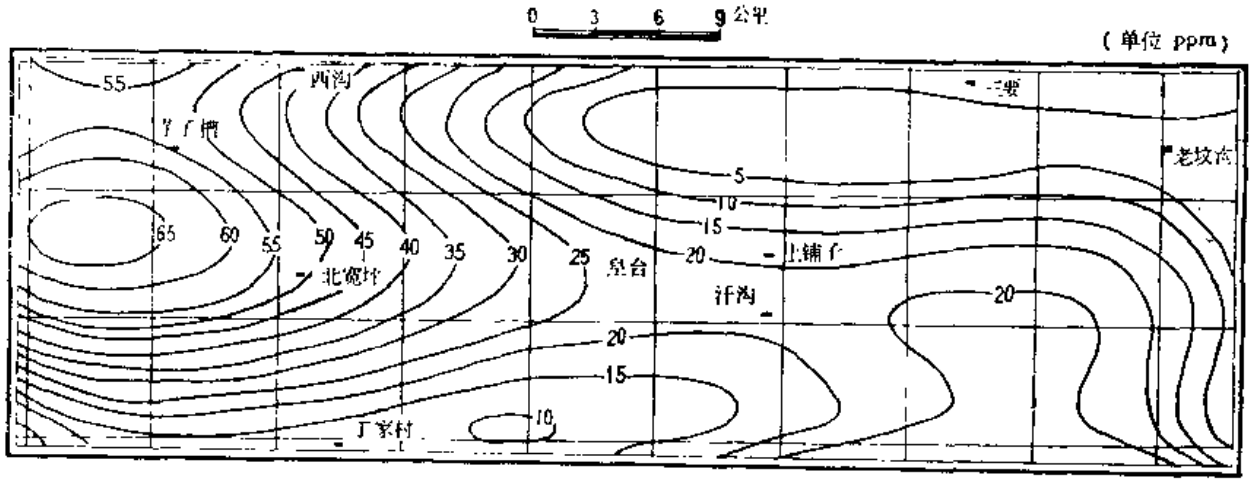


图 5 蟒岭地区铜四次趋势面等值线图

只是在测区东西侧有局部含量增高的趋势，看来，它们与地层和岩性关系并不密切，而主要受断裂构造及后期热液活动控制。Mo在全区含量较低，而局部高含量地段总是伴随中生代小岩体或断裂构造出现（图6）。

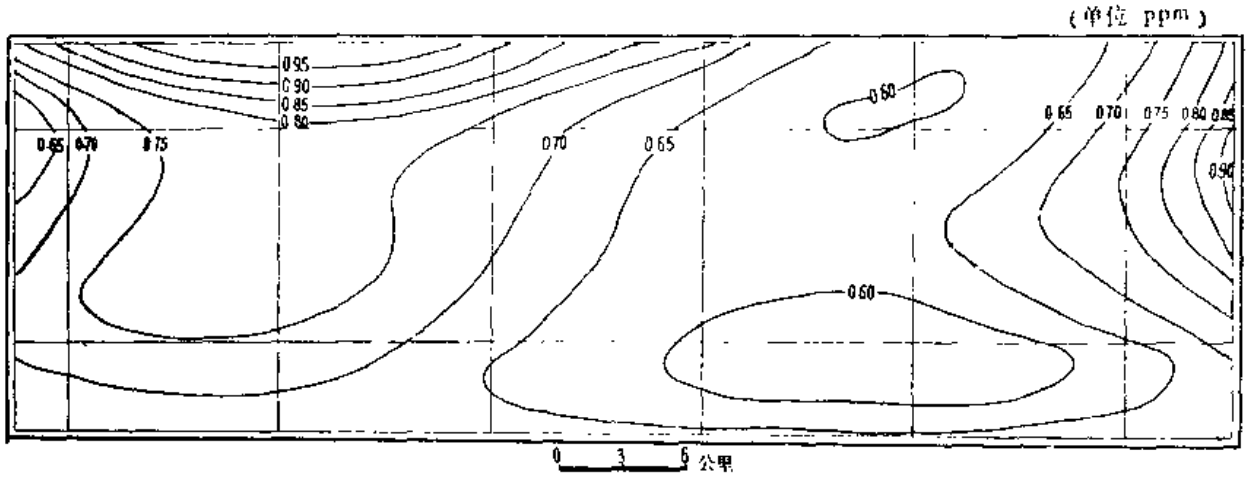


图 6 蟒岭地区钼四次趋势面等值线图

对这些元素的地球化学异常的估价。首先着眼于区域地球化学特征和基础地质背景，确立不同条件下已知矿异常的一些指标，如规模、强度、衬度，浓集程度，元素的组合，分带性，重现性等，以此与未知异常类比。选择剔除后，保留十一处有进一步工作价值的异常。其中检查验证六处（图 7，表 4）。

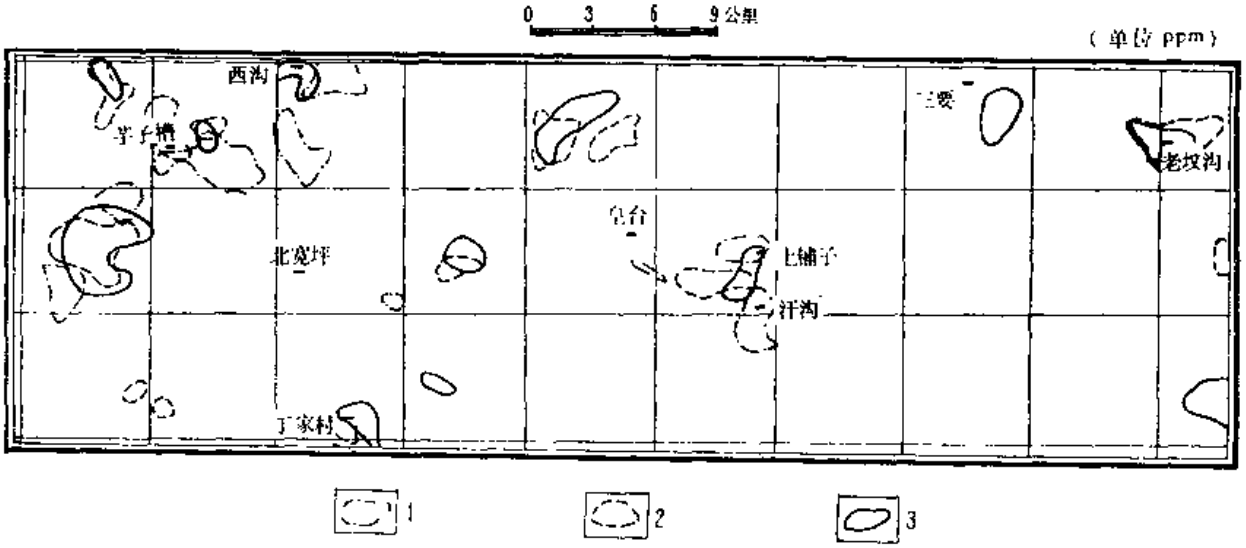


图 7 蟒岭地区铜、铅、钼四次趋势面异常图
1—Cu异常等值线；2—Pb异常等值线；3—钼异常等值线

异常检查方法是，在地质观察的前提下，仍以化探手段检查化探异常。检查阶段的化探手段改为土壤测量或岩石测量，有的随路线或剖面取样，有的进行网测。用这种方法对六处异常检查后，除丁家村一处无重大发现外，其余五处都见到不同程度的矿化，其中以西沟异常的情况为显著。

1977年 4 月在洛南县西沟钼异常区进行1/1万土壤取样时，发现了矿化露头。五月，在地表揭露取样。6 月获得分析结果，证实 Mo 矿品位达到工业要求。据此，初步圈定出与燕山晚期中酸性小岩体有关的、断续出露2—3公里，宽几十—几百米的矿化蚀变带，圈出Mo次生晕五处，矿化十余处。化探异常与蚀变矿化范围吻合，肯定了该地Mo矿的远景（图 8）。

化 探 异 常 登 记 表　　表 4

异常名称		面积 (KM²)	强度 (ppm)	规模	浓集程度	衬度	检查验证情况
老坟沟	Mo	3.5	0.62	2.17	一级	2.3	发现含Cu、Mo伟晶岩脉
	Pb	6	26.3	157.8	二级	1.5	
	Zn	5	59.1	295	二级	1.74	
西沟	Mo	1.7	1.11	1.89	三级	4.1	发现斑岩Mo矿床
	Zn	2.7	32.8	88.5		0.9	
羊子槽	Cu	1.2	46.8	56.1	二级	1.87	地表见黄铜矿及方铅矿化
	Pb	3.5	28.5	99.7	二级	1.7	
	Ni	6	41.4		三级	2.0	
丁家村	Cu	1	54.4	54.4	二级	2.18	未见矿化现象
上铺子	Cu	2.0	37.6	75.2	二级	1.5	地表发现Cu Pb、Zn矿化
	Zn	3.0	42.9	128.7	1	1.13	
开沟	Cu	3.9	43.1	168.0	二级	1.72	

注：上述异常参数是根据四次趋势分析剩余值圈定得出的。异常下限采取剩余值离差的1.65倍。

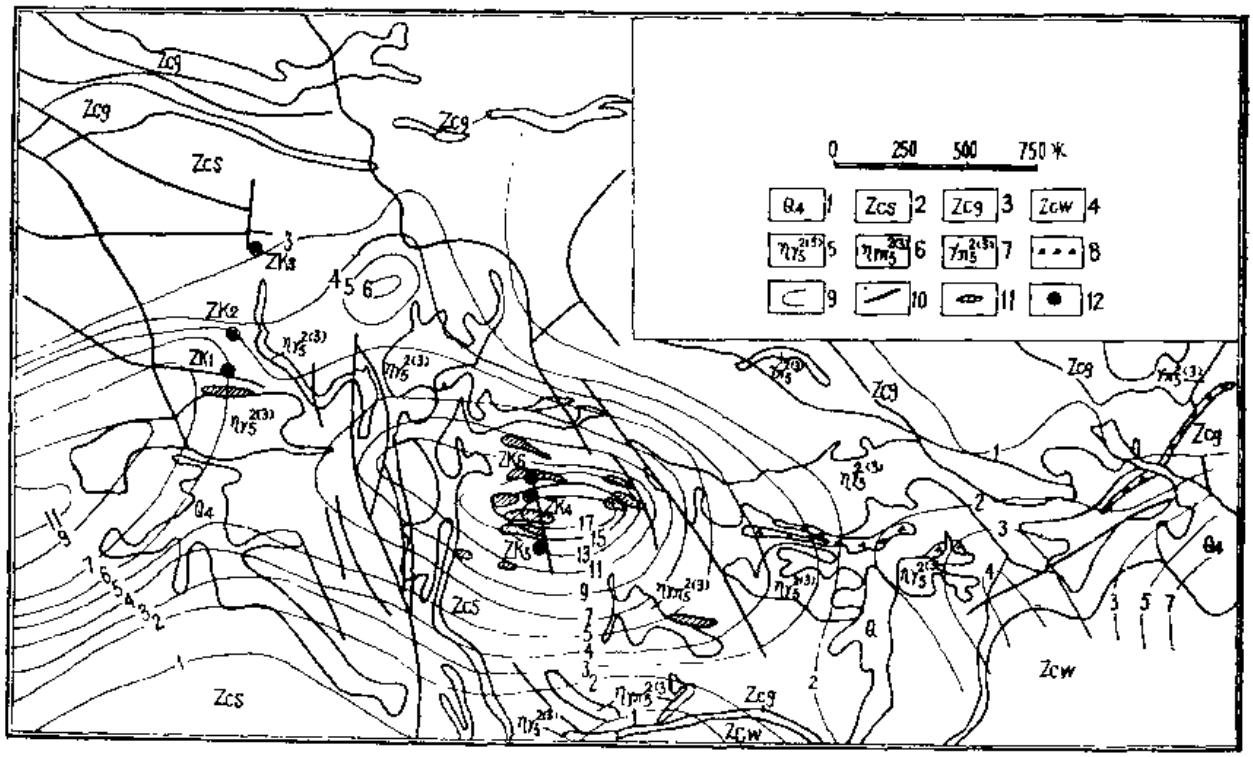


图 8　洛南县西沟—桃官坪钼矿区地质及化探综合图

1—第四系；2—四岔口组云母石英夹硅质大理岩、绿片岩；3—广东坪组斜长阳起片岩夹云母石英片岩、大理岩；4—五峰山组硅镁质大理岩夹绿片岩；5—细粒二长花岗岩；6—二长花岗斑岩；7—花岗斑岩；8—侵入角砾岩；9—土壤化探钼异常等值线；10—断裂；11—钼矿化；12—钻孔（2—4为震旦亚界宽坪群，5—8为燕山早期岩体）

1977年10月下旬开始钻探深部验证，1号孔于1978年初终孔，见到原生辉钼矿化及少量盲矿体。同时开展激电工作，圈出激电异常。

截止1979年8月，经六个钻孔验证，圈定矿体五个，矿化点八个。其形态为不规则透镜状，长70～250米，厚2.7～16.4米，分布于西沟—桃官坪岩体倾斜上盘一侧和隐伏岩枝突起顶端的外接触带的产状由陡变缓的弯曲处。矿化与硅化透辉石化密切相关，矿化类型为细脉—浸染状。平均品位0.035～0.089%。按其成因类型，应属岩浆期后浅成的高—中温热液斑岩型钼矿床。

西沟钼矿床的发现，证实了区域化探方法在本区的找矿效果。

广东桂峰矿区的发现及其找矿前景

苏 成 曼

广东省地质局七〇六地质队区测分队

1971年，我队在认真分析研究了广东某地区前人1:20万地质工作资料的基础上，圈定了一块面积约120平方公里的地区，进行了以比例尺大致相当于1:5万的矿产综合普查。使用的方法有：地质测量、磁法测量、河流重砂测量、水系沉积物测量及土壤测量。通过上述工作，尤其是土壤测量的结果，发现了一批化探异常。此后，对异常进行了排队，择优做了进一步的详查和检查，并于桂峰地区土壤异常最好和地质条件较有利的A段和B段进行了钻探验证。从已竣工的9个钻孔来看，其中8个钻孔打到了工业钼矿体、少数钼矿体伴生有铜矿体。从而证实了该区是一个较好的找矿远景区，值得进一步开展详细的地质找矿工作。

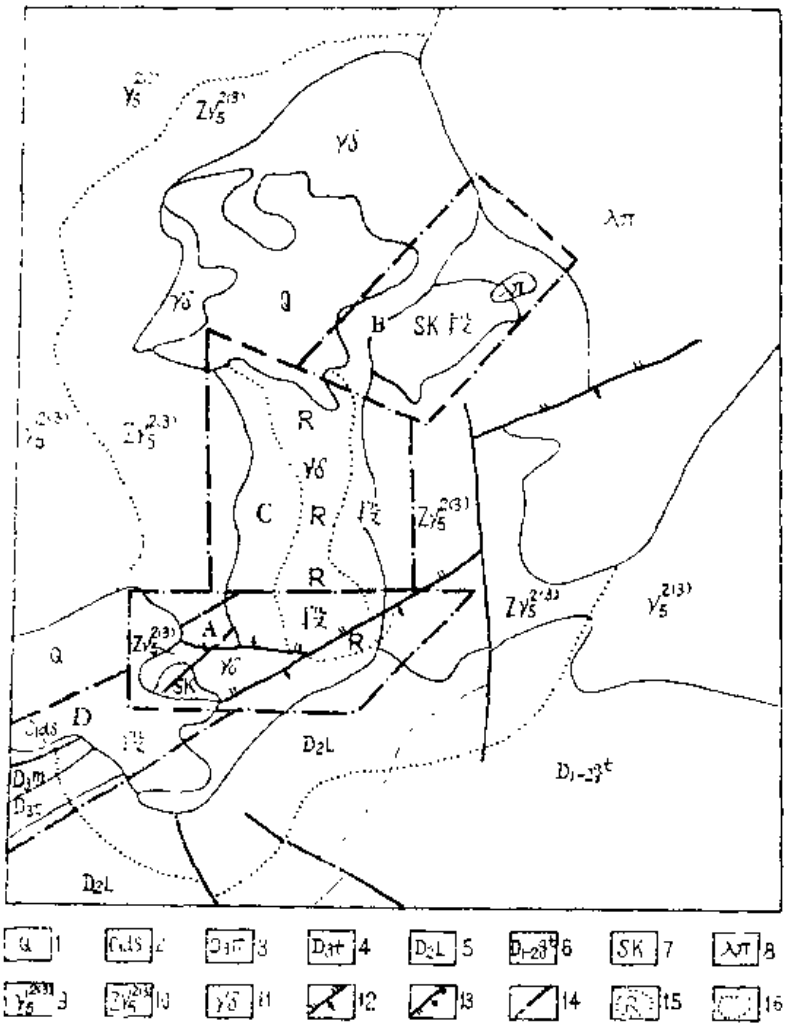


图 1 GF矿床地质图

1—第四系沉积物；2—石磴子段灰岩；3—帽子峰组砂页岩；4—天子岭组灰岩；5—老虎坳组砂页岩；6—桂头群砂岩；7—矽卡岩及角页岩；8—酸性杂岩；9—粗粒斑状黑云母花岗岩；10—粗粒斑状二长花岗岩；11—花岗闪长岩；12—压性断裂；13—张性断裂；14—性质不明断裂；15—钾化蚀变带；16—石英绢云母蚀变带

一、矿区地质概况

矿区位于南岭纬向构造带之次级构造—佛岗岩体的南缘与114°经向构造带的交叉复合部位。区内出露地层为中—下泥盆统桂头群砂岩，中泥盆统老虎坳组砂页岩及少量上泥盆统天子岭组灰岩、帽

子峰组砂页岩和下石炭统大矿阶石磴子段灰岩。矿区构造较为发育，以南北向、北东向构造为主，东西向及北西向构造次之。区内火成岩极其发育。桂峰花岗闪长岩体呈"S"状南北向展布，面积约6.5平方公里。岩体的外围多为蚀变斑状二长花岗岩，岩体北东有酸性杂岩体。岩体及其接触带处有多种蚀变，由中心向外大致可分为以钾长石、黑云母、石英组合为特征的钾化带及以绢云母、绿泥石、绿帘石、石英组合为特征的石英一绢云母带。钼铜矿化及黄铁矿化在上述两蚀变带内发育普遍。石英一绢云母带横跨岩体接触带，其宽度一般为1公里左右（见图1）。据目前钻探揭露（300米以上），钼矿体多产在石英一绢云母带内，部分产在钾化带内。花岗闪长岩体的接触面是主要的成矿部位。

二、土壤地球化学异常特征

在1:5万工作的基础上，又选择了桂峰地区做了1:1万土壤测量。全部分析数据采用开窗口移动平均法，对数据进行了处理。然后，按0.1～0.2的对数值间隔圈出各元素地球化学含量线，进而确定异常。其中Cu、Pb、Zn、W、Bi、Mo、Ga、Co、Ni、Ag、V等元素有明显的异常区。此外，还用Mo和Cu的全部数据作了趋势面分析。趋势面分析的计算是在中山大学国产121电子计算机上进行的。图2、3、4、5是用移动平均方法处理后得出的Mo、W、Bi、Ag、Co、Pb、Zn、Ni、Ga、V的异常图。图中各元素的异常值见下表。

元　　素	异常下限（ppm）	异常最高值（ppm）
Mo	15	300
W	100	600
Bi	40	200
Ag	4	—
Co	25	40
Pb	160	2000
Zn	160	1000
Ni	20	100
Ga	20	30
V	125	500
Cu	160	1500

由于使用了垂直电极光谱分析方法，元素的灵敏度普遍较低，因而各元素的异常下限普遍定得高一些。但是，即使在异常下限较高的情况下，仍能发现清晰的大范围的异常。这说明本区的矿化范围较大，矿化较强。

概括起来，土壤异常具有下列地球化学特征：

1．异常总的分布在花岗闪长岩体南、北两边的接触带上。从平面图上观察，可以看出，异常组份有水平分带现象。大致是Mo、W、Bi高温元素的异常出现在内接触带或接触带上，其中W、Bi与接触带上的矽卡岩有关；中高温元素Cu、Ag的异常出现在接触带上或外接触带（Ag本来属外带元素，由于分析灵敏度不够其高含量异常出现的位置与Cu相当，是可以理解的）；中低温元素Pb、Zn的异常主要出现在外带；Ni、Co、V的异常出现在泥盆纪地层的围岩中；Ga异常的出现看来与蚀变斑状二长花岗岩有关。可以说整个异常带围绕

着花岗闪长岩体呈环状断续分布。

可以得出这样一个概念：元素分带的次序大体表现为从岩体向围岩（从里向外）Mo、W、Bi——→Cu、Zn、Pb——→Ni、Co、Ga、V。

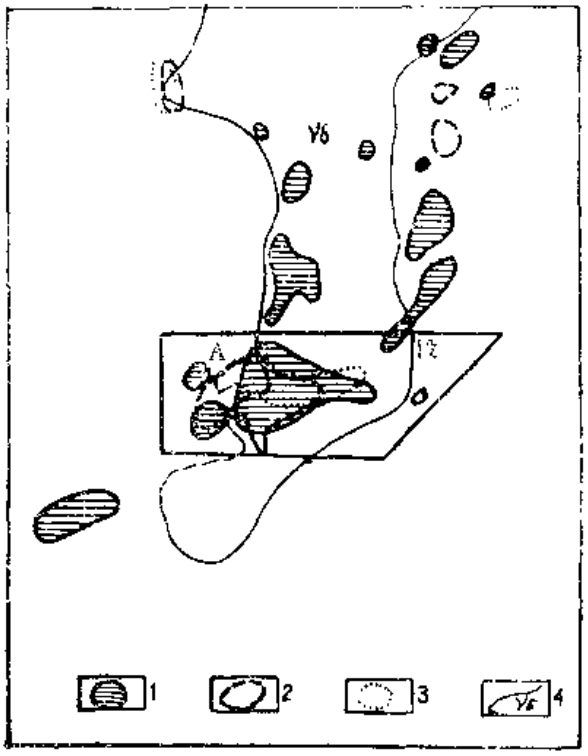


图 2 钼、钨、铋土化测量异常图

1—钼异常；2—钨异常；3—铋异常；4—花岗闪长岩体(γδ)

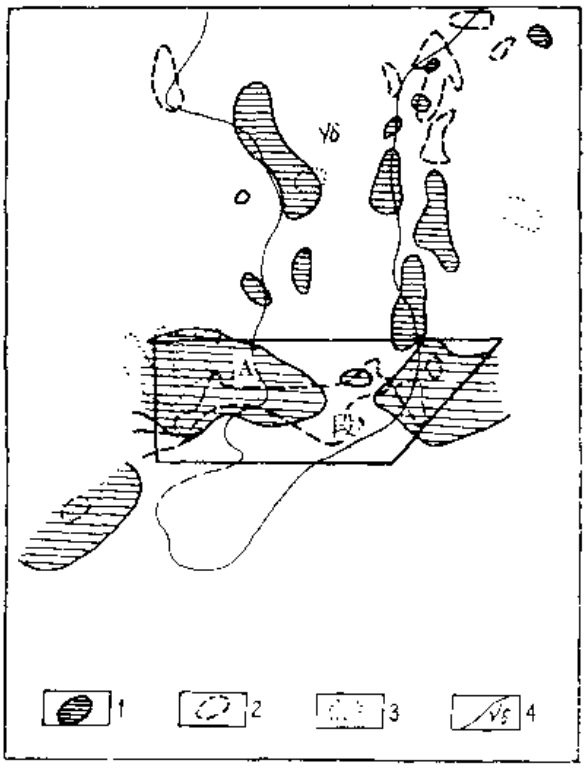


图 3 铜、银、钴土化测量异常图

1—铜异常；2—银异常；3—钴异常；4—花岗闪长岩体(γδ)

2．异常范围广，强度大，元素组合复杂。主要金属元素Cu、Mo、、Ag异常浓集中心大体吻合并明显受花岗闪长岩及构造的控制。

3．从整个异常分布的态势来看，A段异常最好，此处所有元素的异常几乎都是叠置的。根据以往对元素分带的研究表明，异常中元素既有分带又有集合的最好，往往在元素相互叠置的地段上是矿化的中心地段，深部可能有矿。

此外，从构造方面来看，A段是几组大断裂带交汇的地方，岩石裂隙发育，有利于成矿。

4．作了铜、钼两个元素的一次到五次趋势面分析。从二次一五次铜、钼元素的趋势面剩余异常值分布的情况来看，基本上是一致的，与用移动平均法所得的异常区对比、也是大体上相一致的。图 6 和 7 是铜、钼两个元素二次面和四次面的剩余异常图。从图上也可看出，在A段铜、钼异常最好。因而可以认为，本区A段是矿化最好的地区，首先应在A段进行较详细的地质工作和工程验证。

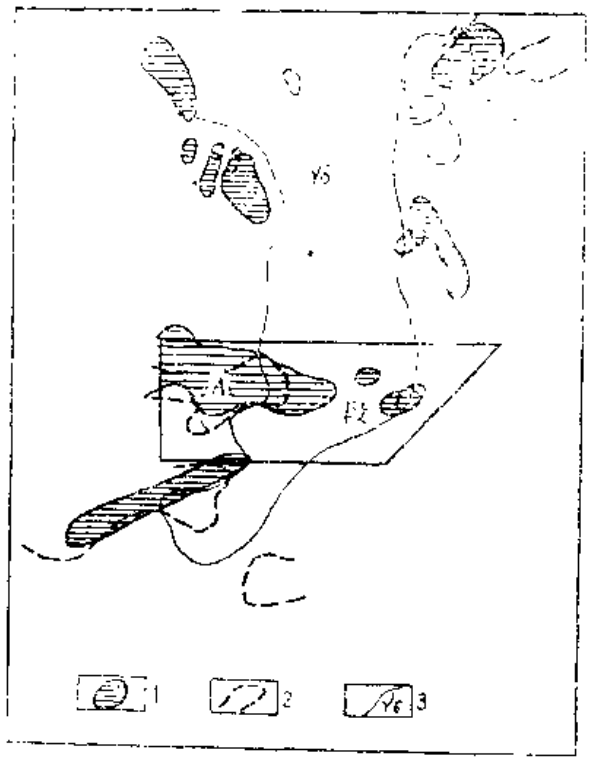


图 4　铅、锌土化测量异常图

1—铅异常；2—锌异常；
3—花岗闪长岩体(γ5)

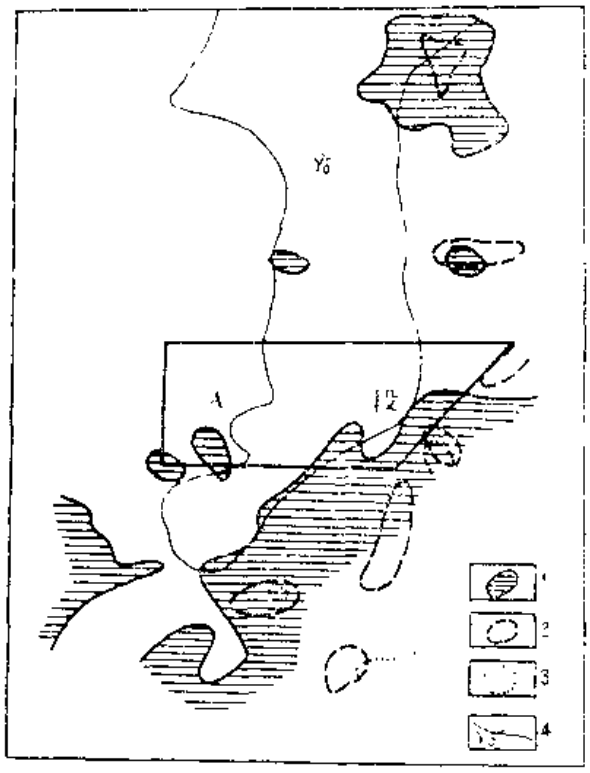


图 5　镍、镓、钒土化测量异常图

1—镍异常；2—镓异常；3—钒
异常；4—花岗闪长岩体(γ5)

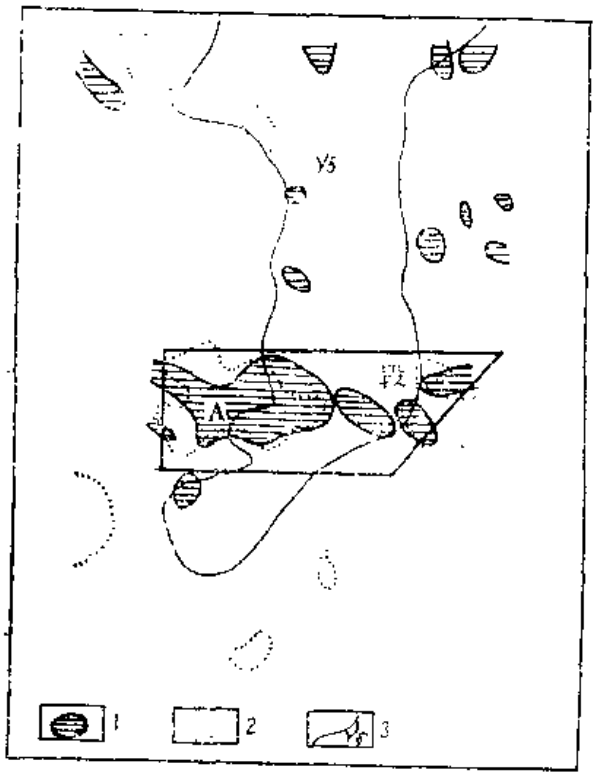


图 6　铜、钼二次趋势面异常图

1—钼异常；2—铜异常；3—花岗闪长岩体(γ5)

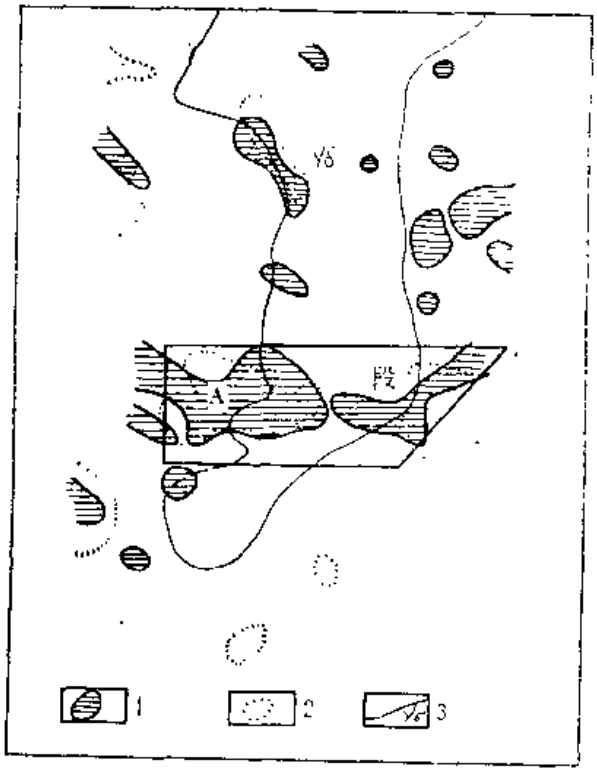


图 7　铜、钼四次趋势面异常图

1—钼异常；2—铜异常；3—花岗闪长岩体(γ5)

三、验 证 情 况

在对该区化探异常进行了分析评价之后，选择A、B两段分别进行地质验证工作。在A段共施工六个钻孔，B段施工三个钻孔。图8和图9分别为A段和B段钻孔验证的地质剖面。在A段施工的六个钻孔中，见钼矿体四层，其中有两层伴有铜矿。在B段施工的三个钻孔中，见钼矿二层，其上有铁，铜矿体产出。

上述钼矿体平均厚度由3.57～13.04米不等，一般大于5米。钼平均品位为0.063%～0.24%，一般大于0.1%。矿体呈似层状，透镜状，沿走向现已控制的长度分别为52～248米，沿倾向控制长度大于130米（B段尚未作倾向控制）。矿石具散粒状、团粒状结构和浸染状、细脉浸染状及细脉状构造。

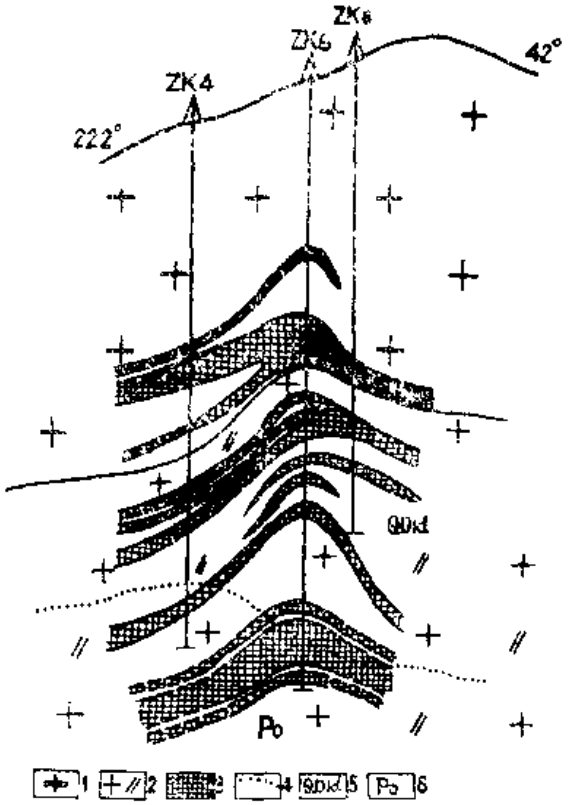


图 8 A段零线剖面图

1—粗粒斑状二长花岗岩；2—花岗闪长岩；3—钼矿体；4—蚀变带界线；5—石英绢云母带；6—钾化带

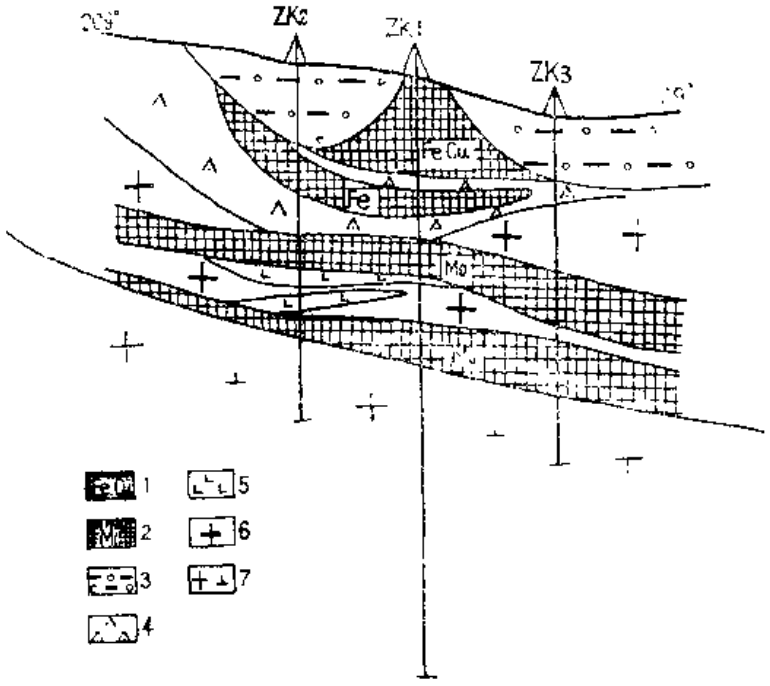


图 9 B段纵剖面图

1—铁铜矿体；2—钼矿体；3—坡残积层；4—矽卡岩；5—角页岩；6—粗粒斑状二长花岗岩；6—花岗闪长岩

四、对矿区远景的预测

从对已进行验证的A、B两段见矿情况来看，结果是比较好的。然而沿走向及倾向尚未控制完。仅从现有工程控制的范围，初步估计储量已接近于中型矿床规模，其远景应该说还有很大的扩大，如果将C、D两段也加进去的话。

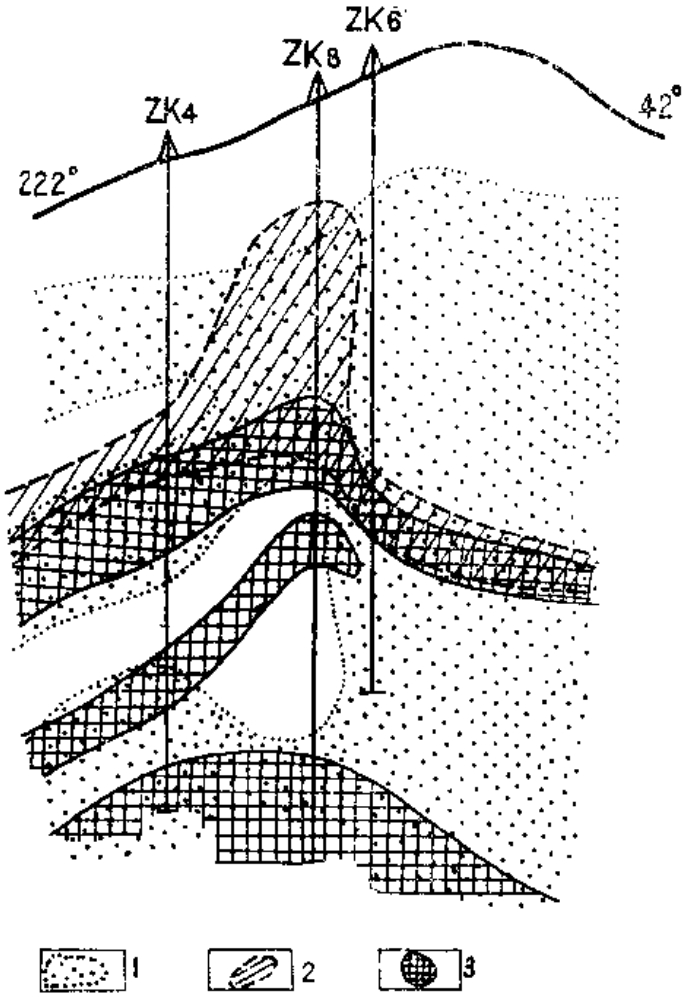


图 10 A段零线岩石测量异常图

1—银、铜异常；2—铜、铅、锌异常；3—钼、钨、铋异常

C、D两段的异常及地质条件并不比B段差。如果单从异常对比来看，C段的铜、钼异常比B段要好。

此外，A段东西两端的两个异常，铜异常的范围较钼异常的大，铜异常实际上是偏向外带，而现在钻孔的布置在内带，因此可估计到，逐渐向外带施工有可能铜矿会变好。尤其是东端的那个异常，铜异常范围大而钼异常很小，并伴有铅、锌、银异常，未出现铋异常。这一元素组合，很有可能是铜矿的指示。

对A段零线剖面的钻孔作了钻孔原生晕的工作（见图10）。从图中可以看出，钻孔中原生晕出现了与元素水平分带相一致的垂直分带。Mo、W、Bi的异常在最下边，靠上一点是Cu、Zn、Pb的异常，Ag和Ba的异常在最上边。这点可以说明运用元素组合分带序列推测深部矿是有可能的，也是有现实意义的。

综上所述，本区是一个较好的找钼铜矿的远景区，钼矿的工业价值已基本肯定，铜矿的经济价值尚须进一步研究。矿区刚进入普查勘探阶段，详细的地质工作还有待今后进行。

西藏东部斑岩铜矿地球化学异常特征初步探讨

任迪昌

化探找矿，是一种速度快、成本低的普查方法。国外在发现和评价具有规模大、矿化均匀并伴生有益组份多等特点的斑岩铜矿上，化探均有较好的效果。国内在江西、安徽、福建、云南等地已有成功的经验。在西藏东部，化探也配合其它工种在普查斑岩铜矿的工作中逐步开展起来了。虽然还不成熟，但为了提高化探异常对本区斑岩铜矿普查评价的"能力"并根据本方法在玉龙矿床及其矿带的其它矿点(床)上的初步实践作一小结，将是有益的。

一、地质概况

玉龙矿床，是我国具有成矿时代新、规模巨大、矿物组份复杂、伴生元素多和剥蚀浅等特点的典型斑岩型铜矿床。矿床位于青藏滇缅印尼"歹"字型构造体系的头部向中部转折部位。区域主干构造线呈NWW—NW—SSE走向的弧形。包括玉龙矿床在内的斑岩型铜矿带与区域主干构造线一致的方向呈带状延伸，并受沿大断裂带发育的中酸性浅成岩浆岩带的控制。

该区为中等切割的高原山区，海拔4100～5200米，气候寒冷。年降水量为500～900毫米。沟谷密布而河谷开阔，水系沉积物发育。沉积物类型由低而高可分为洪、冲积一坡、残积—残、崩积（局部有古代冰积）之过渡，覆盖面积达90%。土壤发育在洪、冲积和坡、残积层上，一般为灰色含砾、砂腐植土较发育，厚20～30厘米。植被主要为高山草甸和高山灌木林。

该区出露的沉积岩主要是上三迭统甲丕拉组、阿堵拉组砂泥岩和页岩，王卡组（波里拉组）灰岩、白云质灰岩夹砂页岩。其次是泥盆石炭二迭系灰岩、白云质灰岩、砂页岩，下奥陶统浅变质碎屑岩夹大理岩。侵入岩为花岗闪长岩、闪长岩和数目众多的斑岩小岩体。无矿化的侵入岩中铜含量一般100～200ppm。沉积岩中，甲丕拉组中下部局部地段有含铜砂岩，但未进入工作区。

玉龙矿床的矿化围岩为喜山早期的蚀变二长花岗斑岩和蚀变碎屑岩、碳酸盐岩。矿体和蚀变岩石都呈NNW—SSE走向的椭圆形态。矿体露头面积约1平方公里，矿体投影面积约2.2平方公里。成矿元素以Cu为主，伴生Mo、Fe、S、Co、W、Au、Ag、Pt族、Re、Pb、Zn、Bi等元素已可综合利用或以单独达到工业要求。铜矿体贯穿矿床中心至边缘，投影面积最大。钼矿体位于矿床中心。Fe（褐铁矿）、S（黄铁矿）、Co、W矿体呈环形分布于斑岩

体四周。Pb、Zn、Ag矿体则呈脉状分布于矿床边缘。这样，就形成了以铜为主的多元素组合的矿体。垂深500米以下，矿床中心是矿化差而达不到工业要求的“无矿核”。此时，铜-钼矿体均呈环形分布于“无矿核”之外，其它元素也不再出现单独的矿体。

矿带上的其它斑岩铜矿床（点）的地质情况与玉龙矿床相似，但矿化的程度有差别。

二、藏东斑岩铜矿床的地球化学特征

（一）元素类别

在玉龙矿床的土壤测量（点距为20米、50米、100米、200米）和外围水系沉积物测量（点距1至2公里）样品的光谱分析中，常见的元素有Cu、Co、Pb、Ba、Cr、Ni、Mn等，Ag、W、Zn、Mo、Sr多数小于分析灵敏度。分布在各类非矿化岩石上的土壤和水系沉积物中五个元素的众值列于表1。玉龙矿床的含矿斑岩（Cu、Mo矿体）、接触带矿体(Cu、Fe、S、Co、W矿体）、各类矿化蚀变岩石和未蚀变岩石上沉积物中的五个常见元素的浓度列于表2。

非矿化岩石上沉积物中元素众值（浓度）表　　表 1

元素 \ 基岩	碳酸盐岩		碎屑岩		无矿斑岩(Y_3)		无矿斑岩($Y_{1,2}$)	
	浓度(ppm)	频率%	浓度(ppm)	频率%	浓度(ppm)	频率%	浓度(ppm)	频率%
铜	10	44.4	30	45	<100*	51.7	<100*	89.3
钼	<10	100	<10	100	<10	100	<10	99
铅	30	44.4	30	76.5	30～50	42	30～50	77.3
锌	<100	66.7	10.0	45	<100	100	<100	96
钴	10	44.4	20	65	30	49.4	<30*	76.4

*此批（约200余件）样品铜、钴分析灵敏度低

沉积物中铜元素的对数浓度频率曲线见图1。从图上可以看出，铜的背景上限应为50 ppm。考虑到部分无矿斑岩的土壤中铜含量可达100ppm，因而本区铜异常下限确定为100 ppm。

（二）玉龙矿床的化探异常特征

1．异常元素以Cu、Mo为主，包括Pb、Zn、Co、Ag、W、Bi、Ba（Sr)在内的多元素组合。

2．多元素异常由矿床中心向外呈现出有规律的、明显的水平分带（图2）。

（按异常强度顺序排列）分带序列如下：

内带（斑岩内）中带（岩体内外接触带）外带(围岩) Mo、Cu——→Cu、W、Bi(Mo、Ag)——→Cu、Co、Ag、Pb、Zn、Ba

次生晕的分带规律与原生晕的基本一致。可以设想，如果玉龙矿床进一步剥蚀到“无矿核”的部位，则Cu、Mo异常不出现在内带，而仅出现在岩体接触带部位。因而，异常元素组份分带和组分集合的情况可以用来推断矿带被剥蚀的水平。

3．平面图上土壤异常呈拉长的面状形态（图3）。土壤异常Cu≥200ppm的面积近10平方公里，Cu的异常含量较高，梯度也最明显。经统计，铜、钼次生分散晕的浓度值约为

各类矿体和岩石上沉积物中元素浓度比较表

表 2

岩类别	元素 / 浓度 ppm / 频率(%)	铜				铅				锌				银				钴			
		<100	≥200	≥500	≥2000	<10	≥10	≥20	≥50	<30	≥30	≥60	≥200	<100	≥100	≥200	≥500	<10	≥10	≥20	≥50
矿体	含矿二长花岗斑岩	0	96.9	55	40.2	18.6	91.4	55.8	21.7	0.7	99.3	62.2	29.3	45	55	21.7	0	41.1	58.9	15.6	0
	接触带矿体	0.5	96.3	63.8	43.4	40	60	37.6	19	5	95	75.1	52.5	18.7	81.3	49.2	13.9	25.3	64.7	24.4	4.75
矿化蚀变岩石	矽卡岩	27.3	63.6	9.1	9.1	63.6	36.4	18.2	0	0	100	90	72.7	9	100	90.9	72.7	0	100	9.9	18.2
	强蚀变碎屑岩	43.7	48.8	6.2	0	100	0	0	0	12.5	87.5	31.2	12.4	87.5	12.5	6.25	0	12.5	87.5	62.5	0
	弱蚀变碎屑岩	66.7	33.3	0	0	100	0	0	0	16.7	83.3	0	0	66.7	33.3	0	0	16.7	83.3	83.3	0
非矿化蚀变岩石	石英二长斑岩	89.3	0.8	0	0	99	1	0	0	3.2	96.8	19.3	7.61	95.5	4.1	0	0	<30为76.4* 30—40为23.6			0
	碎屑岩	70	5	0	0	100	0	0	0	11.8	88.2	5.9	0	45	55	9	0	10	90	85	0
	碳酸盐岩	100	0	0	0	100	0	0	0	11.1	88.9	33.1	11.1	66.7	33.3	22.2	22.2	33.3	66.7	22.3	11.1

*此批（约200余件）样品铜钴分析灵敏度低

矿有铜、钼含量的十分之一者居多。矿体露头范围与Cu≥500ppm和Mo≥10ppm的次生晕的范围相当。

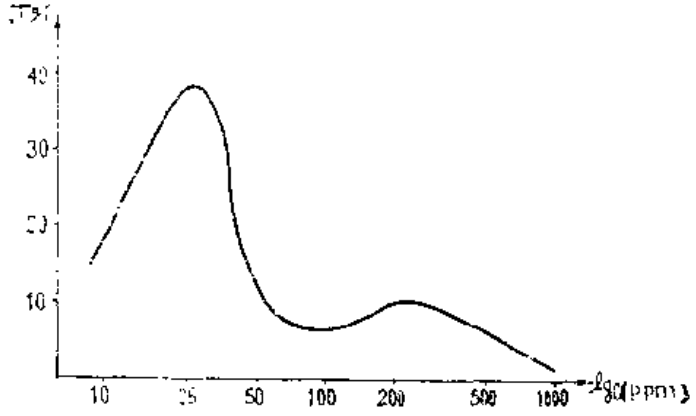


图 1　地区铜元素浓度频率曲线图
注"J%"应为"f%"

异常形态受到区域构造、矿化蚀变、地貌水文和第四系沉积物等因素的影响。由于矿床矿化蚀变的长轴方向与区域构造线方向一致，山脉、水系走向也与区域构造方向相同，因而异常呈NW—SE的拉长方向。

4．穿入矿区内的水系沉积物中出现了明显的分散流（异常）。Cu≥200ppm的分散流长约8公里，Mo≥10ppm的分散流长约7公里。（图4）

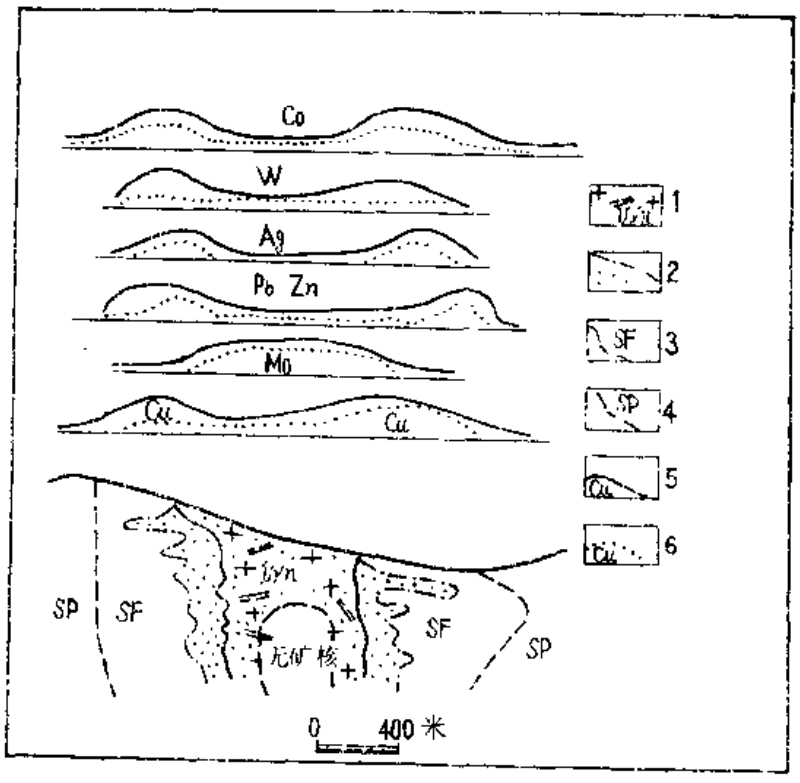


图 2　矿床元素分带图

1—二长花岗斑岩；2—矿体；3—强蚀变范围；4—弱蚀变范围；5—原生分带；6—次生分带

（三）化探在藏东斑岩铜矿带上的初步应用

玉龙矿床的化探工作，最初只作了一些剖面和零星的土样分析，虽不系统，但因发现了斑岩铜钼矿体，为帮助认识矿床的类型，提供了一定的依据。以后，在较系统的工作中，在矿床附近发现了新的异常，指出了找矿方向。近年来，在矿带上各斑岩铜矿床（点）

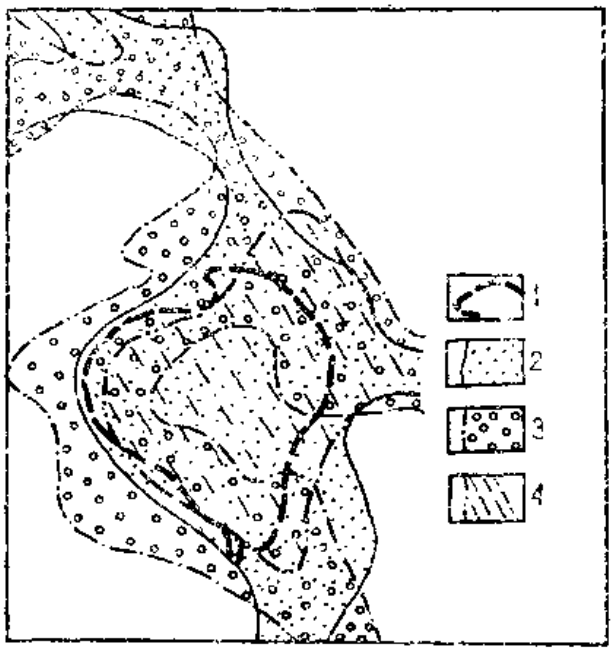


图 3　矿区铜、钼、铅次生晕平面分布图

1—矿体界线；2—铜≥200ppm；3—铅≥50ppm；4—钼≥10ppm

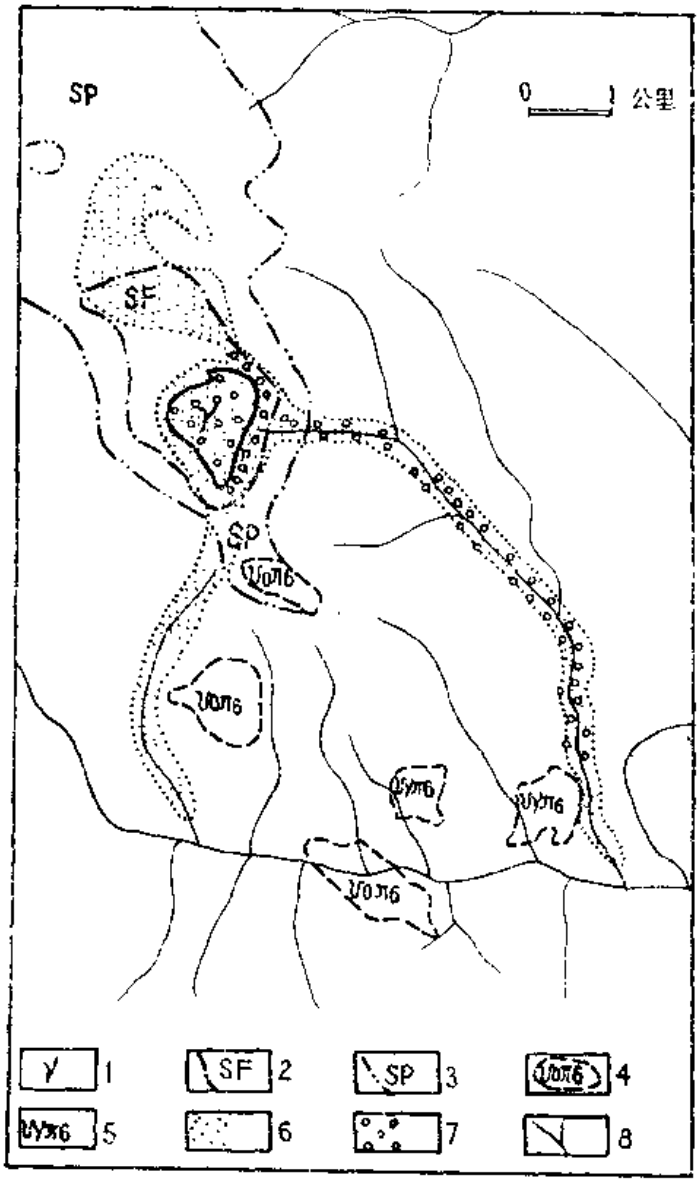


图 4　铜、钼次生分散流平面图

1—矿体；2—强蚀变带；3—弱蚀变带；4—石英二长斑岩；5—二长花岗斑岩；6—铜浓度≥200ppm；7—钼浓度≥10ppm；8—水系

尚未投入山地工程之前都作了土壤测量，比例尺为1:5千至1:1万不等。结果列入表3。

各斑岩铜矿床（点）土壤异常特征简表　　表 3

矿点名称	土壤异常特征	矿化简况
Y.L	以铜为主的多元素组合的异常呈面状分布。铜的浓度普遍≥200ppm，峰值≥2000ppm，多元素异常有明显的水平分带。	特大型矿床。矿体出露。
M.C	以铜为主的多元素组合的异常也呈面状分布。铜的浓度普遍≥100ppm峰值=500ppm。元素的异常无明显的水平分带。	矿床。工业矿体埋深350米以下，地表含铜仅<0.2%
M.L	异常呈小面积的不规则状环绕斑岩呈分布，铜的峰值=400ppm斑岩上异常不明显。	矿点。含铜多在0.1%以下局部矿化较好。
Z.L	以铜为主的多元素组合的异常呈面状形态。铜的异常浓度普遍≥100ppm。峰值≥1000ppm。多元素的异常有水平分带现象。	矿点。地表局部含矿已达工业要求。
D.S	因矿体上覆异地沉积太厚而土壤测量反映差。	矿床。矿体已出露地表。

初步实践说明，除个别点因异地沉积（冰积）太厚面次生晕效果不好外，在斑岩铜矿上的土壤中均能发现以铜为主的多元素组合的异常。

本区第四系覆盖面积很大。我们采用土壤测量方法也是被逼出来的。因为事情往往如此，不逼一下，工作似乎上不去。

现将在玉龙矿床的含矿斑岩中探槽（基岩风化带）中采样与土壤样品分析的平均结果对比如下：

	铜　含　量	钼　含　量
探槽样（平均）	1000ppm	150ppm
地表土壤样（平均）	2200ppm	32ppm

这说明，土壤（A层底）中的铜的浓度比基岩高（相对富集），钼的浓度比基岩低（相对贫化）。查其原因，可能是含矿斑岩裂隙发育，矿化与裂隙有关，经风化作用，铜进入土壤层中，自然匀化并被土壤中有机质及碳酸盐类碎屑吸附、固着的缘故。这就表明，在藏东地区进行土壤测量方法是可行的。

三、小　　结

初步的工作表明，在西藏高原山区环境下开展化探工作，可以提高对斑岩铜矿的找矿效果。斑岩铜矿的地球化学异常是斑岩铜矿成矿作用的一种反映，其异常特征别具一格。在我队现有光谱分析水平条件下，初步了解到Cu、Mo、Pb、Zn、Co、Ag、W、Bi　Ba(Sr)等元

素可以在斑岩铜矿上的土壤中形成异常。异常的规模和强度与矿化的规模直接有关。现分述如下：

1.以铜为主的多元素组合的异常成面状分布，异常范围大。铜异常值普遍大于100ppm，最大峰值大于1000ppm，且有明显的浓度梯度变化。元素分带特征明显者，均表明属铜带已被剥蚀的斑岩铜矿床的反映。

2．以铜为主的多元素组合的异常成面状分布，异常面积较大。铜异常值普遍大于或等于100ppm，最高峰值大于500ppm。元素分带特征不明显，多数异常是相互叠置的，是反映了斑岩铜矿前缘晕的特征，即表明工业矿体尚未被剥蚀。

3．以铜为主的多元素组合的异常呈小面积（小于0.5平方公里）零散分布，异常连续性不好。铜异常值一般100ppm，峰值小于400ppm。各元素的分带规律不清楚，可能是矿化较差的不均匀的矿化所引起。

4．铜浓度值普遍小于或等于100ppm，其它元素呈点异常或无异常，是无矿斑岩的反映。

当然，异常除受矿床地质条件控制外，还受其它因素（如地貌、沉积物等）的影响，应予以综合分析，考虑。

化探采样比例尺的选用，我们认为一般应比地质填图的比例尺小为宜。如在玉龙矿区，地质填图比例尺为1：2千，则化探采样应为1:5千或1:1万最好。在玉龙矿区，我们先后采用过20×20米、50×50米、100×100米和200×200米的网度采样。实践证明，100×100米和200×200米的网度采样，确能很好地圈定异常。

可见，化探工作量是化探工作中必需考虑的一个重要问题之一。考虑的基本原则应是，既节省工作量又能不漏掉有意义的异常。

藏东地区沟谷密布，水系发育，无人为的干扰因素。今后应大力开展1:10万至1:20万比例尺的化探水系沉积物测量，以便尽快发现更多的斑岩铜矿化地区。

藏东地区的化探工作还刚刚开始，采样、分析、资料整理都还没有经验，问题还不少。虽然如此，我们深信，化探的找矿水平和效果必将随着这一工作的逐渐开展和不断总结而提高。

参加工作的同志还有：杨善清、旺秋、赵世富、郑可进、张文洪、陈学本、冉卫、任迪昌；分析：史道沛。

某钼矿床的发现

广东省地质局物探大队

1974年，我队应用综合物化探方法检查M_{10}-A航磁异常时，土壤测量发现了一批化探异常。该异常呈带状分布，元素组合有Mo、Pb、Cu，主要为Mo异常，分别由四个Mo异常组成异常带（图1）。其中Mo—1异常形态规整，强度高，浓度梯度变化明显，认为可能是矿异常。经过对异常检查，发现在Mo异常的高含量地段，地表有黄铁矿化砂岩和褐铁矿化砂岩出露，砂岩中钼含量高。由于异常带的走向与区内北西向断裂带的方向一致，推测矿化可能与断裂带有关。建议做进一步的地质工作，并进行工程揭露。

1977年，地质队开始对这个钼异常带进行普查钻探，在Mo—1异常中心部位布置了一条勘探剖面，首钻Zk1于异常中心部位见钼矿厚达300余米，初步确定了本区是一个很有远景的钼矿区。勘探工作至今还在进行中。

一、地质概况

工区位于某复式向斜盆地的中南部。出露地层有寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系以及第四系地层。

异常主要位于泥盆系地层中。泥盆系下、中统的桂头群分为下亚群和上亚群。下亚群下部为粗砂岩，含砾砂岩夹粉砂质绢云母页岩；中部为片理化砂岩，砂岩夹千枚状粉砂质绢云母页岩；上部为灰色千枚状泥质绢云母页岩夹片理化砂岩。上亚群下部岩性为含砾砂岩，中细粒砂岩夹薄层状泥质绢云母页岩和粉砂质绢云母页岩或含砾砂岩；中上部岩性为粉砂质绢云母页岩、泥质绢云母页岩和斑点状绢云母千枚岩等。泥盆系中统为东岗岭组灰岩；上统为帽子峰组砂页岩及天子岭组灰岩。

区内岩浆活动广泛。侵入岩的时代主要为燕山期，个别岩体属印支期，岩性主要为花岗岩类，个别为闪长岩。本区矿化大都与燕山期侵入岩有关。

区内断裂分北东、东西、北西、南北向四组。化探异常带的分布与北西向断裂带有关。

异常区内岩石蚀变有绿泥石化、绢云母化、黑云母化及硅化等。花岗岩部分有水云母化和高岭土化等。地表有褐铁矿脉，在Mo异常地段褐铁矿脉较发育，取样分析，褐铁矿多的样品中钼含量较高。

本区为中低山丘陵地带，地形比高不大，一般为数十米至百余米的小山包。岩石风化厉害，第四系残坡积层发育，一般厚几米至10余米。

二、土壤测量结果

采用250米×50米测网进行土壤采样，取样深度约30厘米。

土壤测量结果，发现了一个以钼为主并伴有Pb和Cu的化探异常带，此外，还有零星的Ni、V、Ag、Zn、W等元素的点异常。经采部分岩石样品分析结果认为，岩石样品中异常元素组分与土壤中的相同，因而证实了土壤异常与岩石异常是一致的。这就表明土壤异常是可靠的。

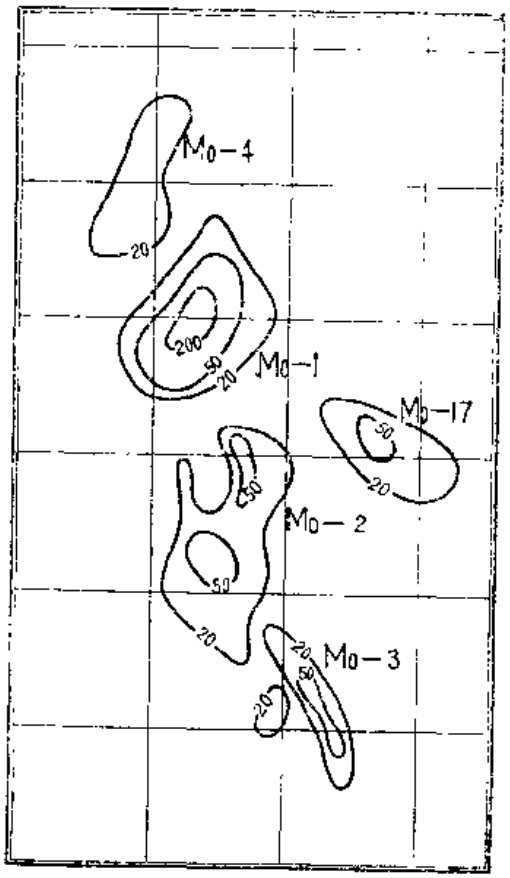


图 1　钼异常平面图

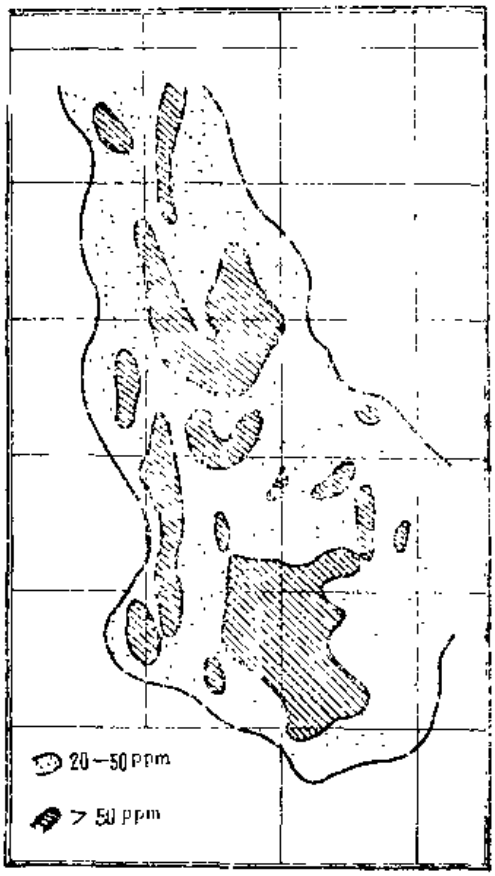


图 2　铅异常平面图

整个异常带长约5公里，宽1公里。其中Mo异常带是由四个单独的Mo异常组成（见图1）。Mo异常的强度较高一般为20ppm，最高达200ppm以上。如果以10ppm等量线勾划，则可将四个单独的Mo异常连接起来。本区由于Mo含量普遍较高，因而适当地提高钼的异常下限是合理的。图2和3是Pb和Cu的异常图。可以看出，本区Pb和Cu的异常含量不高。但从异常分布的态势来看，Pb和Cu的异常与Mo异常的分布态势大体是一致的。尤其是Pb异常，以20ppm等值线勾划的异常趋势代表了这个化探异常带总的分布趋势。

四个Mo异常中以Mo—1异常最好，异常规模较大，面积约1平方公里，形态规整、含量高，浓度分带趋势明显，同时伴随有Pb的异常和Cu的弱异常。检查异常时，在Mo含量高的地段见黄铁矿化砂岩和含褐铁矿脉的砂岩。因此，认为该异常地段很有希望，首先应在这个异常区突破。其它三个异常，比较起来，无论从异常本身的规律性还是从其伴生元素组合等情况看都比Mo—1要差一些。如果，证实Mo—1是很有希望的，有工业矿体存在，

则其它三个异常也可进一步作出评价。

1977年，地质队开始验证工作，在Mo—1异常中心部位布置一地质剖面（I），设计了三个钻孔（见图4），首钻就见矿。ZK1孔深465米，323米以上为砂岩及粉砂岩，323米以下见花岗斑岩，共见原生工业钼矿体三层，总厚度270米，平均钼品位0.042%。0—36米为氧化矿石（见图5）。

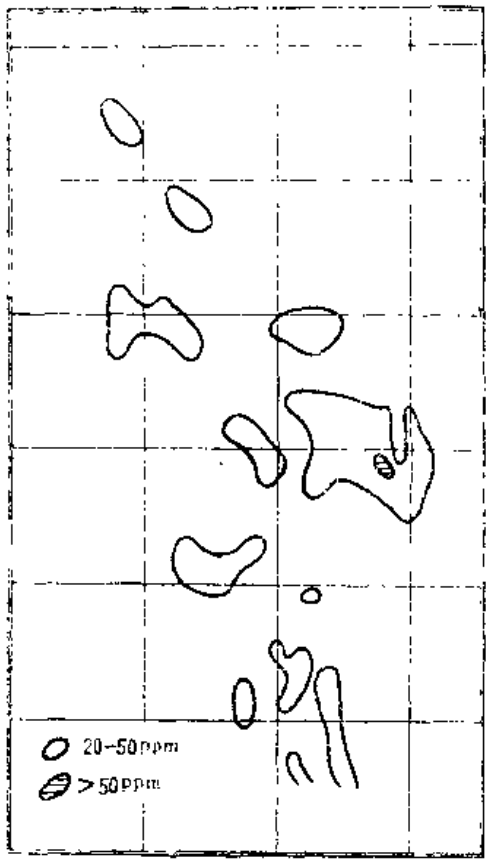


图 3 铜异常平面图

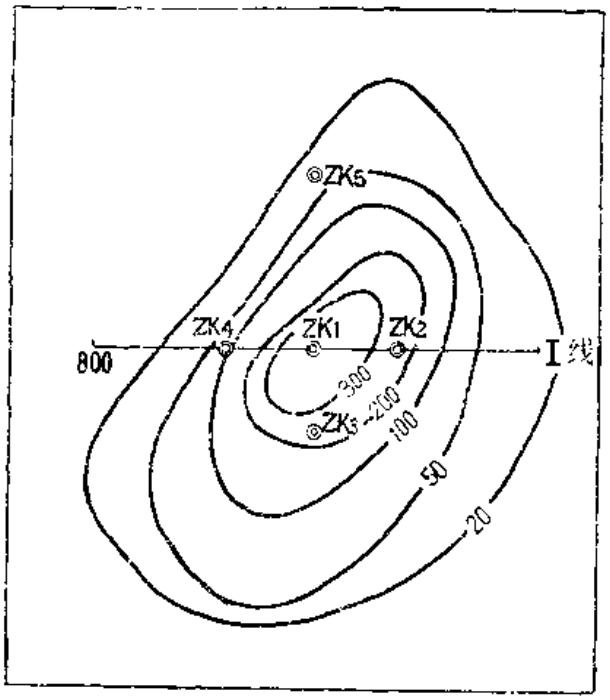


图 4 钼异常平面图

随后的ZK2和ZK3孔均打到了钼矿体。ZK2孔钼矿体总厚58米，平均钼品位0.043%，ZK3孔钼矿体总厚187米，钼平均品位0.054%。ZK4孔和ZK5孔也都打到了钼矿体，但分析结果尚未取得。

从钻孔岩芯中观察到的矿石矿物成份简单，以黄铁矿、辉钼矿为主，伴有少量黄铜矿、方铅矿和闪锌矿。辉钼矿以细脉状产出，局部呈网脉状，一般脉厚2—3毫米，最大8毫米。见有两期辉钼矿，一是石英脉型辉钼矿，辉钼矿多分布在两侧脉壁，另一是辉钼矿细脉，局部见浸染状。

研究了Mo—Pb的相关性。对I线上全部样品的Mo和Pb的数据用回归方程计算得：

$$a=62.46 \qquad b=-1.81$$

回归方程式为：y（Mo）$=62.46-1.81X$（Pb）

计算得Mo、Pb相关系数$\gamma=-0.445$，$|\gamma|$大于临界值0.354，故Mo、Pb含量间存在线性关系。

从图3上可以看出Mo异常和Pb异常有分带关系，Pb异常出现在Mo矿体的下盘围岩中。

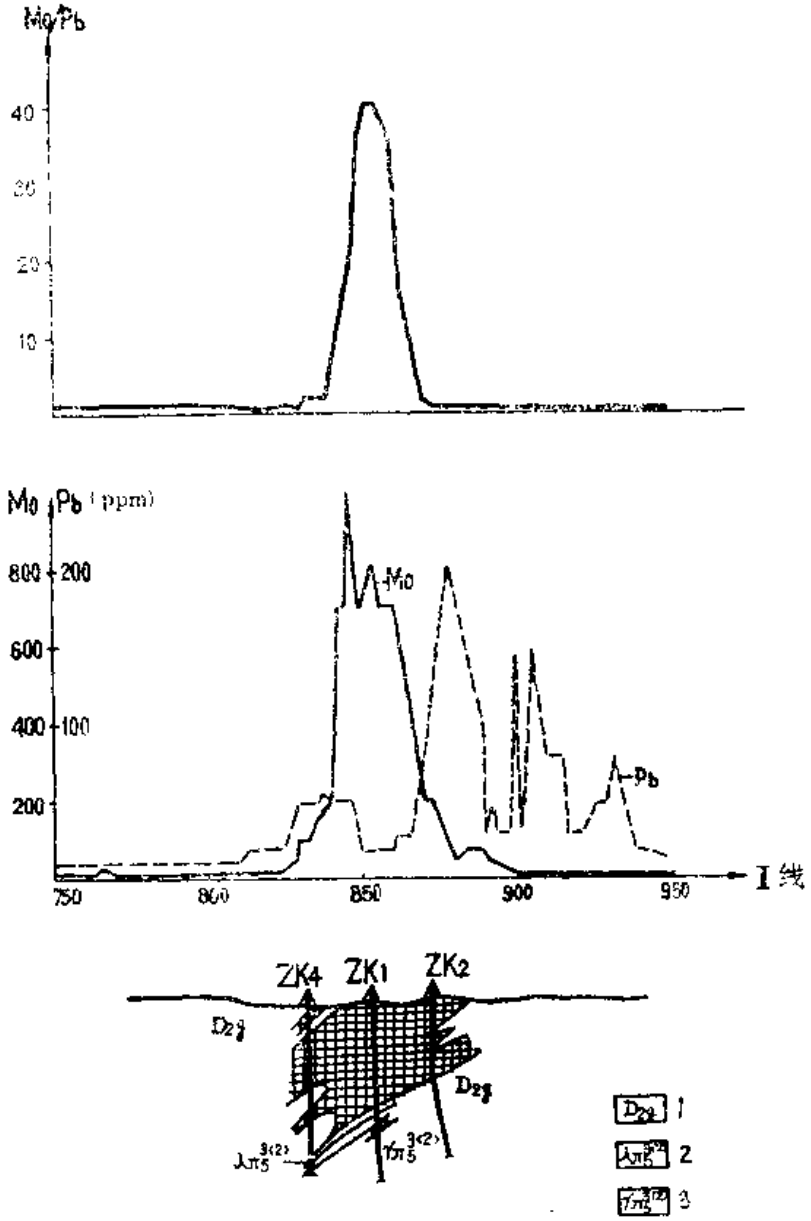


图 5　I 线化探地质综合剖面图

1--中泥盆统头组；2—石英斑岩；3—花岗斑岩

三、结　语

在本区的其它地段以往物化探普查工作结果，曾发现多处有高含量的Mo异常及Pb、Zn、Cu等异常。已知矿床或矿点有铅锌、黄铁、磁铁矿等。通过此异常带的发现，以及对 Mo—1钼异常的查证，证实此矿为一中型以上的钼矿床。这就进一步表明，本区可能为找多金属矿床的有利地段，因而有必要对以往普查成果及地表矿点重新进行物化探评价工作。这一工作目前正在进行中，预期会取得较好的成果。

汞法找铀矿实例

李秀季　游云飞

北京铀矿地质研究所六室

一、引　言

壤中汞蒸气测量（简称汞法）作为寻找深部硫化物多金属矿床的一种化探手段，在国内外均已取得良好的试验效果，可以初步投入生产。但是，运用于找寻深部铀矿床，还是一个新的课题。

某些铀矿床中，汞的丰度的增高的现象早已引起了地球化学家的注意。A. A. 萨乌科夫（1955）指出，希塔岛的沥青铀矿中汞含量特别高[1]。据澳大利亚有关资料（1979）表明，贾比卢卡和南阿利盖特河谷等特大型铀矿中汞的丰度有增高，甚至呈碲汞矿产出[2]。近二十多年来的实践证明，汞在某些类型的铀矿床中确有富集，但是，运用汞蒸气测量技术直接寻找铀矿的文献报导或学术报告，至今尚未见到。

1974年秋至1978年，几年里我们在不同类型的十七个铀矿床（点）上取得了有关壤中汞蒸气浓度变化或元素在铀矿石、岩石中的丰度的资料。该资料表明，汞在铀矿床中的丰度及汞铀关系均与各类矿床所处的地质背景有关。根据铀矿床的地质特征、含汞量及试验效果，含汞铀矿床可分为四类：一，地层富汞类；二，铀-硫化物富汞类；三，铀-萤石含汞类；四，贫汞类。地层富汞类中又可分铀汞同层型、铀汞异层型和部分同层型。汞法试验在铀汞同层型矿床上的效果较好。下面介绍02矿床实例：

二、地质简况及任务的提出

在我国西北某地的志留系中统的地层中分布有一系列的铀矿床、矿点及伽玛异常带，同时还有辰砂及汞异常分布。02矿床是其中之一。

02矿床属硅灰岩单铀型矿床，为同生沉积古地下热水富集叠加再造成因的汞铀同层型矿床。该矿位于秦岭东西构造带马武都“山”字型构造体系西翼反射弧的复合部位，处于某背斜的北翼（图1）。地层为下古生代中志留统下部，呈单斜产出，走向北西西—南东东，倾向北北东，倾角65°～80°，属浅海相浅变质岩系。含矿岩层由下而上：板岩、下硅岩、灰岩、上硅岩、板岩。硅灰岩为本区主要控矿岩系。矿区内顺层构造发育，岩石破碎，对汞晕的发育和汞蒸气的扩散是有利条件。岩浆岩仅在矿区南部见有辉绿岩墙出露，与铀矿化无明显关系。铀矿的伴生矿物有黄铁矿、闪锌矿、兰铜矿、硫铁镍矿、黄铜矿等。伴生元素有钼、铜、钒、镍、锌、汞等。铀矿体呈长透镜体产出，地表极少出露。矿体沿倾向延伸很大，已探明达300多米。覆盖广而厚。

汞气测量的目的是探索已知矿床东西两侧，尤其是西侧，有无新的工业铀矿体存在？

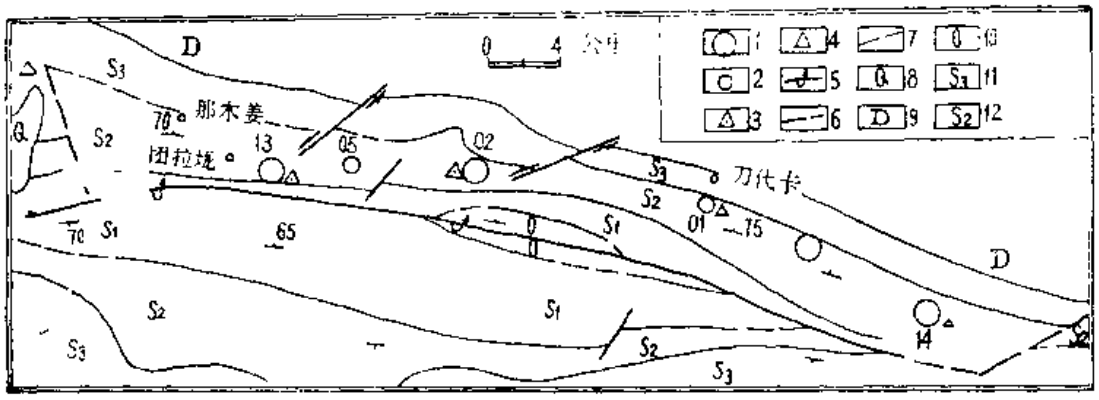


图 1 铀汞矿点在某区志留系中的分布

1—铀矿床；2—铀矿点；3—汞异常（见辰砂）；4—汞异常（几个 ppm）；5—倒转背斜轴；6—断层；7—地层界线；8—冲积坡积层；9—灰岩、白云岩；10—凝灰岩、云母石英片岩；11—千枚岩、灰岩、砂板岩；12—硅岩、灰岩、板岩

三、仪器和工作方法

所使用的仪器为HGG-3型汞光度计。采用50×10米的线点距，孔深 60～70 公分，每个测点两个孔，用抽气筒抽气。以 1 升/10秒的流量抽取10升（每孔 5 升）体积的壤中气，经过捕汞管，其中的元素汞被管内金丝捕获，形成金汞剂。然后，用脱汞电炉脱汞，释汞温度550℃，释汞时间40秒，以 1 升/10秒的流量抽入仪器吸收室，进行汞的测定。

为了了解汞铀关系，采集了岩石、铀矿石样品，由我所七室作光谱定量测定汞和化学分析测定铀。405队提供了250个刻槽样品的多项分析结果。

四、矿床中汞铀关系特征

1．汞铀共同的矿源层一硅灰岩层，岩石中汞和铀的丰度均很高（表1）。

汞、铀在几种主要岩石中的丰度　　表 1

岩　　性	含碳硅岩	含碳硅钙过渡岩	含碳灰岩	含碳板岩
Hg（平均值）	17.92	3.57	9.37	14.4
U（平均值）	45.57	36.89	35.00	19.61
样品数	26	10	18	7

从表 1 可以看出，汞铀两元素在该地的主要岩石中的丰度普遍比它们的克拉克值（Hg 0.05ppm和U2.7ppm）高出许多倍，尤其是硅岩中的汞可高达数百倍，铀为十多倍。

此外，在近矿围岩中存在着Hg、U及其它多种元素的原生晕（图2,3）。从图 2 和图3中可以看出，铀矿体中的元素成份及围岩原生晕的元素组分是一致的，这表明了它们之间的成因联系。

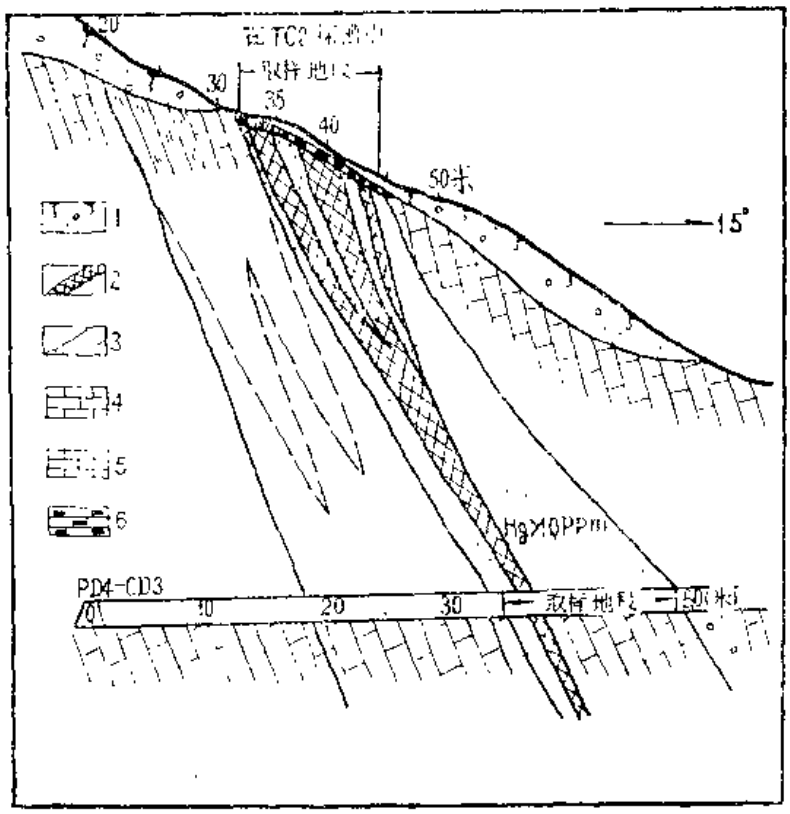


图 2　30号勘探线地质剖面

1—坡积物；2—铀矿体；3—Hg>10ppm；4—含碳灰岩；5—含碳矿灰岩；6—含碳硅岩

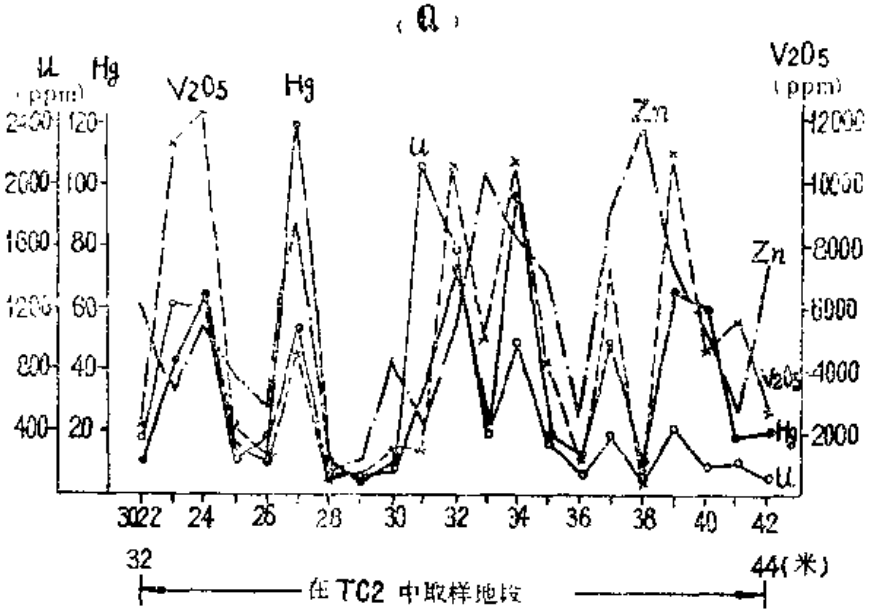
2．铀汞的共同富集。铀矿体主要产在硅灰岩层的层间破碎带中，而汞在铀矿石中的丰度比围岩中的要高得多。一般铀矿石中汞含量 10～142ppm，平均为 39.28ppm，其浓度系数*为785.5。

3．在铀含量为20～500ppm的范围内汞铀成正相关系，铀含量大于 500ppm时，汞含量则在其平均水平（39.28ppm）上下波动（见图 4）。硅岩的相关曲线在其它曲线之上，表明硅岩富集汞的能力最强。

4．地下低温热水对汞铀矿物的形成起作用。地科院地矿所对本区铀矿床成矿条件的研究结果认为，本区铀矿床是地下水成因的。辰砂虽然是标型热液矿物，但在 O2 矿床中的部分辰砂产于被地下水淋失的硅钙质岩孔洞中，这就说明其形成与地下水有关。

综上所述，表明汞在该矿床的成矿过程中与铀的关系较为密切，并有成因关系，这就有可能运用汞法找铀矿。

* 浓度系数为铀矿石中汞含量与汞的克拉克值的比值



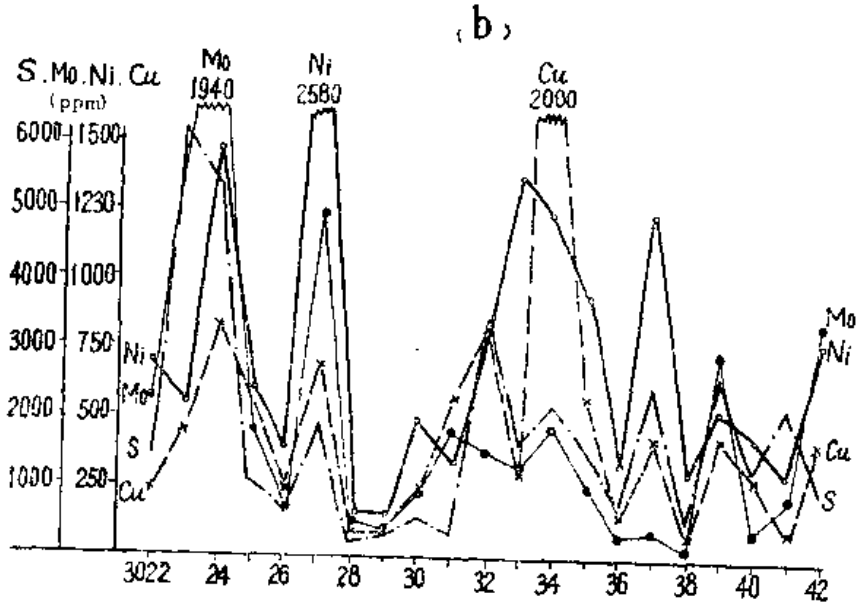


图 3 (a, b) 02矿床TC_2中地球化学剖面图

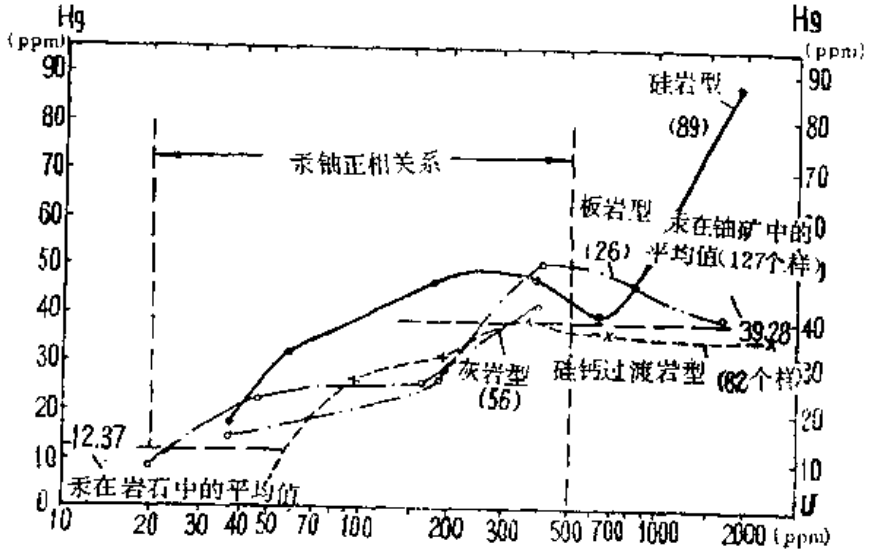


图 4 铀矿床中汞铀关系图

五、壤中汞蒸气的分布特征及成矿预测

1977年夏，在该矿区三矿段西段作了0.195平方公里的1:5000的壤中汞蒸气测量。为了便于方法对比，在几条剖面上同时还做了径迹和伽玛测量。测量的结果示于图5、图6。从

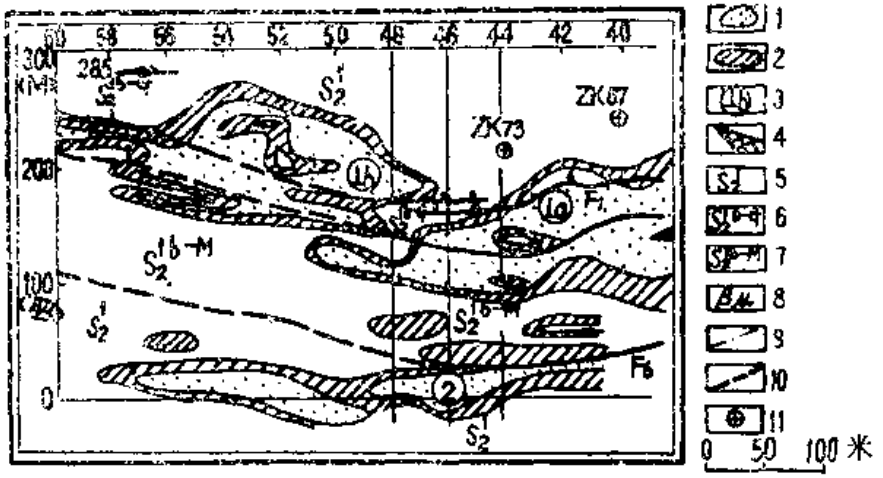


图 5 矿区三矿段壤中汞异常图

1—Hg＞65×10⁻¹¹克/升；2—Hg(30—65)×10⁻¹¹克/升；3—汞异常编号；4—地表轴矿体；5—含碳板岩；6—含碳硅岩；7—含碳灰岩；8—辉绿岩；9—地层界线；10—断层；11—见矿钻孔

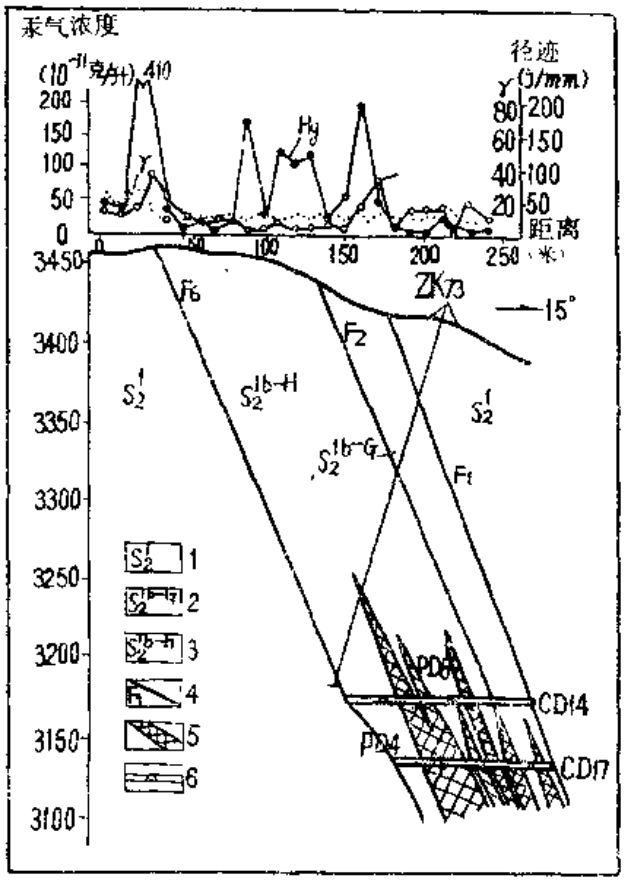


图 6 44线壤中汞蒸气异常剖面图

1—含碳板岩；2—含碳硅岩；3—含碳灰岩；4—断层；5—铀矿体；6—坑道

图5和图6中可以看出，在深部矿体沿含矿断裂的上方地表盖层(80—180米)中，壤中汞蒸气有清晰的多峰汞异常显示，而径迹和伽玛测量则没有明显的异常反映。图6，在测线南端F_6断层上方三种方法均有异常出现，这是由于断裂及薄层含碳硅岩引起的单峰异常。图5中主要有两个汞异常。1号异常（包括1a和1b）和2号异常的长轴方向与地层走向基本是一致的。但它们的异常特征和产出的地质条件却不大一样，见表3。

表3表明，矿化晕和断裂晕如果仅从峰值、衬度来看，差不多，很难区分。但从面含汞度、浓度梯度、宽度及几何形态综合观察，则二者的差异是较为明显的。矿化晕的面含汞度大，浓度梯度值小，宽度大，几何形态呈椭圆形，产于对成矿有利的硅灰岩层中，其浓度内带对应位于硅岩及硅灰岩含矿层。而断裂晕则相反。当然，这只是定性的，定量的分析还需要进一步积累资

矿化型和裂隙型两类壤中汞蒸气晕的特征　　表 3

汞晕编号	面含汞度*（米·10^{-11}克/升）	浓度梯度（10^{-11}克/升·米）	宽度（米）	几何形态	峰值（10^{-11}克/升）	衬度	产出的地质体	汞晕类型
1a	3110750	8.6～14.3	40～100	椭圆形	>600	>86	硅灰岩含矿层深部有铀矿体	矿化型
2	1054250	22.2～37.6	20—40	带状	>600	>86	板岩中的断层夹薄层硅岩	断裂型
1b	2020750	15.8	40—100	椭圆形	>600	>86	硅灰岩含矿层推断深部有铀矿	验证为矿化型

* 面含汞度$P=M_1L_1+M_2L_2+\cdots+M_nL_n$式中$L_1L_2\cdots Ln$为测线间的影响区间。它等于相邻两线的距离之半；$M_1$、$M_2\cdots Mn$为相应的线含汞度。线含汞度M为各点的异常浓度（已减去背景值）与测点距离之乘积[4]

料和研究。

图5，在1a号已知矿化晕的西部发现的1b号异常属矿化晕特征，是1a号晕的西延部分。推断深部应该有矿，1977年7月建议队上验证。

经过两年来坑探工程揭露，在46，48，50等勘探线的深部均已见到了较好的工业铀矿体和表外矿化（图7）。

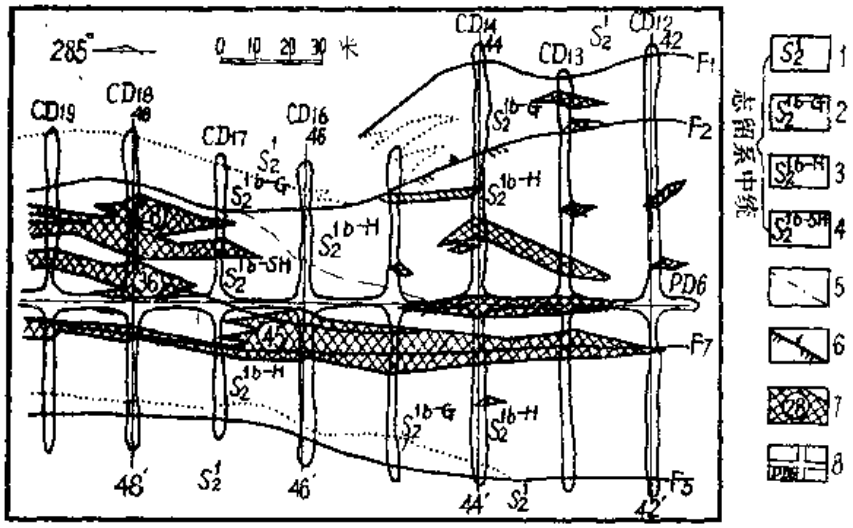


图 7　02矿床壤中汞蒸气异常验证图（PD6水平断面）

1—含碳板岩；2—含碳硅岩；3—含碳灰岩；4—砂质灰岩；5—地层界线；6—断层；7—铀矿体及编号；8—坑道及编号

六、结　语

上述实例说明，在汞铀同层型矿床中汞铀成正相关系，并在覆盖层中发育着规模很大的壤中汞蒸气晕，晕的分布有一定特征。根据这些特征，可以初步区分出矿化汞蒸气晕和断裂汞蒸气晕。这些特征经过实践检验，基本符合客观情况。因而，可以运用汞气测量方法，寻找此种类型的深部盲矿，其反映的深度，一般可达100米左右。

一个斑岩钨钼矿床的发现

胡　斌

江西省地质局第一物探队

莫名贞

江西省地质局九一六地质队三分队

1975年，江西第一物探队704分队在赣西北地区东部水系沉积物测量中，发现了阳储岭W、Mo、Bi、Cu、As元素的综合区域异常（见图1）。W含量10～100 ppm的异常面积约12平方公里，其位置与航磁赣西M156号异常吻合。以后，经过1:5万的土壤测量和磁法检查，证实该异常存在。进而，于1977年，开展了1:1万的面积性土壤测量和磁法详查的评价工作，圈定了具有找矿远景的异常区，并进行了探槽揭露，发现了表露钨矿体多处。可喜的是，1978年916地质队三分队用钻探验证，证实表露矿体往深部还有一定的延伸，并在李公岭等地爆破角砾岩筒内打到了钨、钼盲矿体。现初步确定该矿为斑岩和爆破角砾岩型钨钼复合矿床，并具有较大规模。

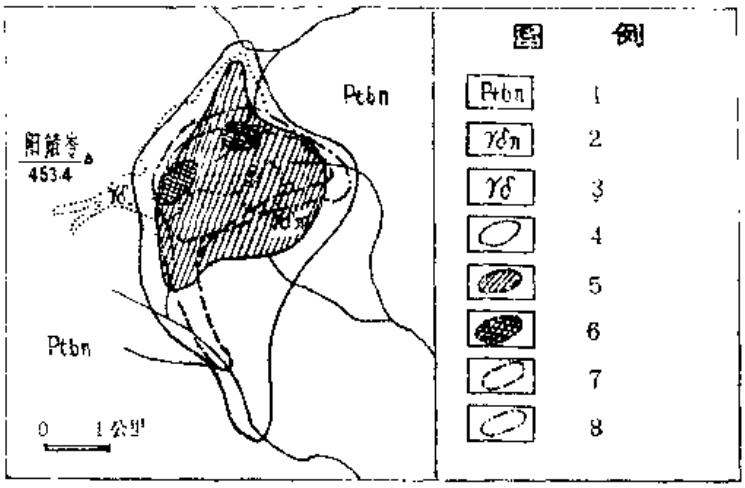


图 1　阳储岭地区水系沉积物W、Mo、Bi异常图

1—元古界板溪群；2—花岗闪长斑岩；3—花岗闪长岩；4—W，10—40ppm；5—W，40—80ppm；6—W，≥80ppm；7—Mo，≥5ppm；8—Bi≥10ppm

阳储岭钨钼矿床的发现，为我省增添了一处新的矿产地，也为研究钨矿的成矿理论提供了新的资料依据。

现将结果分述如下：

一、地　质　特　征

阳储岭斑岩型钨钼矿床，位于九宫山—高台山东西构造隆起带与石门街新华夏系断裂构造的复合部位。出露地层为元古界板溪群的泥质、砂质、凝灰质浅变质岩系。地层呈东西向展布。

矿区岩浆岩为一深源浅成岩体，属同源同期经多次分异而形成的中酸性杂岩体。K—

Ar法测定同位素年龄值为81.2～85.5百万年，属燕山晚期第一阶段产物。杂岩体脉动式侵位，依次为：石英闪长岩—花岗闪长岩—花岗闪长斑岩—二长花岗斑岩（与之伴生的有爆破角砾岩）—花岗斑岩脉。其中第二次侵入之花岗闪长岩构成杂岩体主体，呈岩枝状产出，面积约2.7平方公里，与围岩呈侵入接触关系，外接触带有100～300米宽的角岩带。第四次侵入之二长花岗斑岩出露在岩体的南东端，呈岩瘤状产出，面积约0.3平方公里，与之伴生的有爆破角砾岩，主要分布于李公岭。斑岩具有自碎结构，同时又伴生有爆破角砾岩，说明其成岩过程具有某种程度的爆发性，成岩环境由浅成向超浅成过渡，是区内最主要的控矿岩体。在主岩体边缘和斑岩、爆破角砾岩中有多组方向的裂隙，这些裂隙中均被不同期次的石英脉交代和充填，与矿化有着直接的关系。

杂岩体经历了多次自变质作用和热液蚀变并相互迭加。已知与矿床形成有关的蚀变类型有钾长石化、硅化、白云母化、云英岩化、高岭土化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸岩化等。钨钼矿化与蚀变作用在时间上和空间上紧密相关。白钨矿与碱交代作用，辉钼矿与硅化关系更加密切。

白钨矿、辉钼矿为区内主要矿物，其次为黄铁矿、黄铜矿、辉铋矿，偶见黑钨矿和毒砂。钨钼矿化主要赋存于二长花岗斑岩和爆破角砾岩中，部份跨越接触带，分布在花岗闪长岩及角岩破碎带内。矿体呈似层状及不规则状，以多层矿形式产出。单一钨矿体最厚70余米，WO_3平均品位0.23%；单一钼矿体最大厚度20余米，平均Mo品位0.05%。钨钼矿化主要呈星散状分布在石英脉壁及脉的两侧岩体内。矿物粒径一般1毫米以下，少量达1～3毫米。含矿石英脉脉幅很小，一般都在1.2毫米～1.2厘米之间，少数可达数厘米，主要有北北西、北西、北东方向三组。石英脉的成因可分两类，一类为交代形成，另一类以充填形成，以前者含白钨矿化较好。

二、异常特征及其评价

矿区地势，东、南、西为中低山区，中部为山间盆地。西部阳储岭海拔468米，中部山间盆地为50米，相对高差400米以上。局部地段由于地形切割强烈，往往形成深沟陡坡。区内基岩出露较好，但矿区大部分地区植被发育，有利次生晕发育。

1:1万土壤测量的样品经光谱分析，经过整理，用W、Mo、Bi、As、Cu、作为指示元素并成图，其异常下限及浓度分级列于表1。

异常下限及浓度分带表　　表1

元素	异常下限	区域异常	浓度分带		
			外带	中带	内带
W	10	10～40	40～150	150～300	>300
Mo	2	2～8	8～30	30～60	>60
Bi	10	10～40	40～150	150～300	
Cu	40	40～80	80～150	150～300	
As	50	50～100	100～200	200～400	

矿区地表水经试纸测定，其pH值为6～7，反映出矿区表生条件为弱酸性至中性环境。W、Mo、Cu、Bi、As经同点位，不同深度的40个土壤和岩石样品的分析结果对比，计算其贫化富集系数Q值，则W＝1，Mo＝0.09，Cu＝0.83，Bi＝0.47，As＝0.03。这就表明：W在土壤中没有被贫化，其含量可以代表深部基岩中的含量；Cu有少量淋失，因而地表钨铜异常的浓度基本上反映了深部钨、铜矿化的程度。土壤W异常400ppm可以大致圈定出表露W矿体的工业边界范围。Mo、Bi、As三个元素在地表大部分被淋失，残存量已经很少，特别是Mo与As在表生条件中其含量比原生条件降低了10—30倍。因而，它们的低缓异常也不可忽视，同样具有实际的评价意义。

从阳储岭钨钼矿区地球化学异常剖析图（图2）上可见，1:1万土壤地球化学异常分布的模式具有如下特征：

1．W、Mo和Cu的区域异常的面积最大，呈面形分布，较规整，大体包容了杂岩体及蚀变角岩带。

Bi和As的异常范围小一些，其中As异常范围最小，异常偏于岩体的南部及其接触带附近。

2．1:1万土壤测量的W和Mo的异常范围大，强度高，并具有明显的浓集中心。Cu和Bi As的异常较弱，浓集中心小，是属于一种低缓的弱异常。根据异常元素的强度及浓度分带，可以看出W，Mo为本区主要成矿元素，它们的异常浓集中心部位，可能是找矿最有希望的地区。

3．矿区岩浆岩及其蚀变作用与W、Mo、Bi、Cu、As等元素在成矿和成晕作用上有着密切的内在联系，是岩浆后期的矿化蚀变产物。

评价及验证情况：

阳储岭区域异常在以后的1:1万土壤测量结果中表现出有三个矿化中心地段。

第一个矿化中心地段（东部异常）在李公岭东部。该处W、Mo异常很强，浓集中心范围也大，除W、Mo外，Cu异常也较强，但Bi、As异常弱小。此种元素组合的异常表示W、Mo矿带已经暴露，地表应该有矿。以后经地质工作证明，地表就有很大的钨钼矿体存在，而异常浓集中心的位置与地表露头矿的范围吻合。钻探的结果还表明，表露矿向下还有较大延伸。图3，是验证东部异常的一个勘探剖面。

第二个矿化中心在李公岭一带（中部异常）。此处W、Mo出现外、中带异常，Cu异常虽然小一些，但Bi和As的异常较大。计算了三个矿化地段异常元素对比值（Mo/W，Bi/W，Cu/W，As/W），见表2。因为Mo、Cu、Bi、As四个元素在热液矿床元素分带序列中均处于W的前上部（前缘），因而，其比值大，表明钨矿带尚未暴露或暴露很浅。如果比值小，则表明钨矿带已有较深的剥蚀。此处，四个元素对的比值比第一矿化中心的大3—4倍，因而其剥蚀程度应比第一矿化中心的浅。实际上，它是反映了钨钼矿化异常的前缘特征，并指出了该处具有找盲矿的前景。后来的钻探验证，在503孔中，在李公岭爆破角砾岩筒中打到了隐伏钼矿体11层，累厚90米，和钨矿体13层、累厚60余米。

第三矿化中心在阳储岭附近（西部异常）。此处出现W的中、内带异常，Mo的外带异常，有较大的Cu、Bi、As的异常，元素对比值与中部异常近似，也是属于钨矿体的前缘异常特征，具有找盲矿的前景。以后的地质工作表明，除地表有表露钨矿体外，并于502孔中见到隐伏的钨矿体40余米，钼矿体20余米。

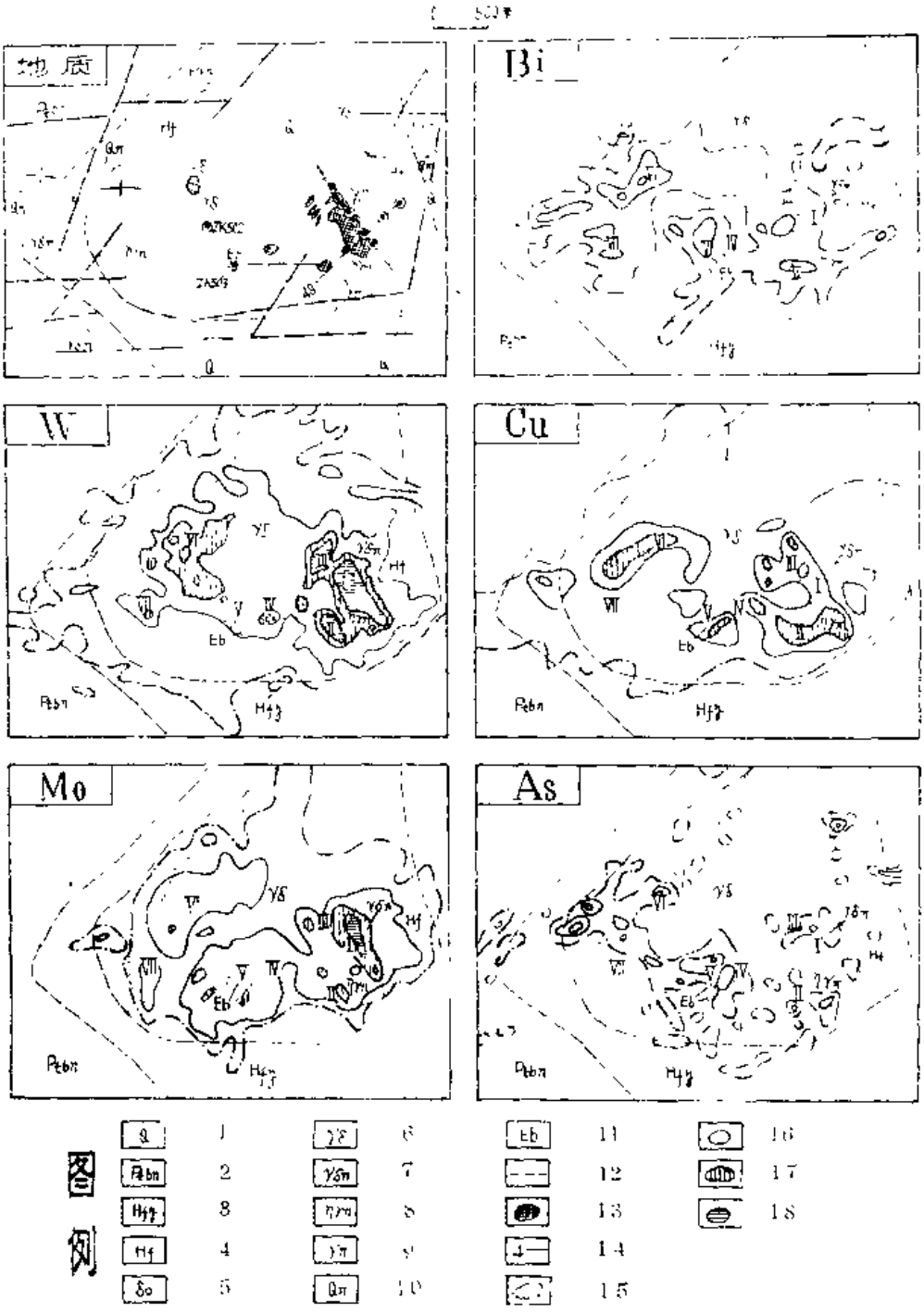


图 2　阳储岭钨钼矿区土壤异常剖析图

1—第四系；2—元古界板溪群；3—角岩化板岩；4—角岩；5—石英闪长岩；6—花岗闪长岩；7—花岗闪长斑岩；8—二长花岗斑岩；9—花岗斑岩；10—石英斑岩；11—爆破角砾岩；12—蚀变带界线；13—表露钨矿体；14—剖面线点及其编号；15—区域异常；16—浓度外带；17—浓度中带；18—浓度内带

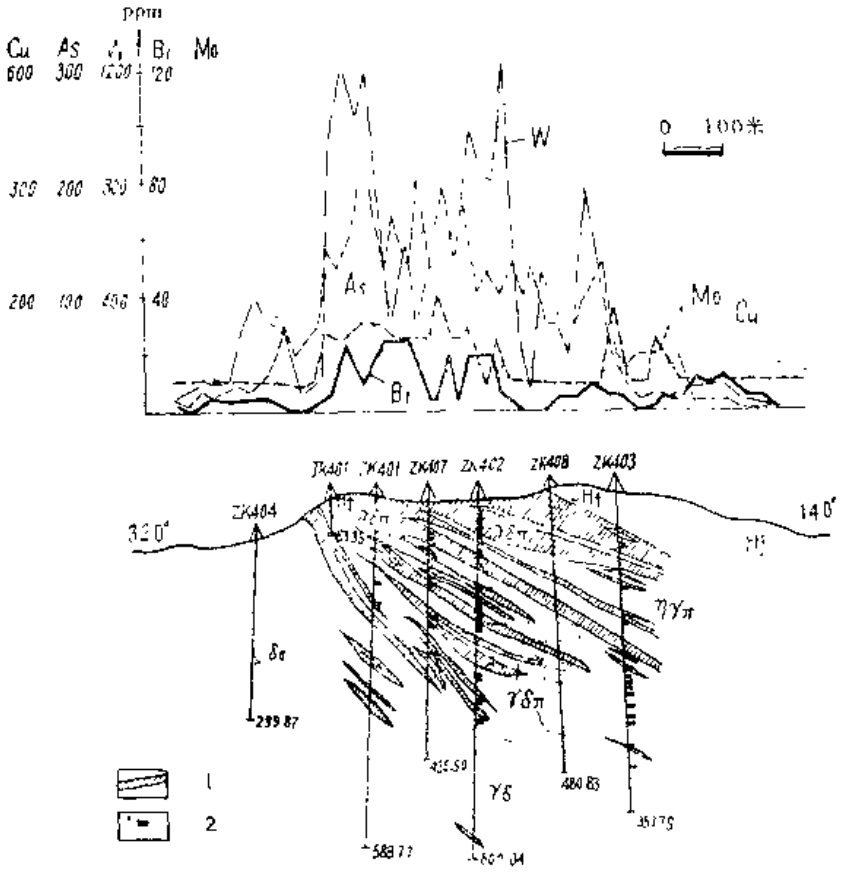


图 3　4 线综合剖面图

1—钨矿体，2—钼矿体

三个矿化地段异常元素对比值　　表2

矿化地段	Mo/W	Bi/W	Cu/W	As/W
第一矿化地段	0.053	0.051	0.233	0.091
第二矿化地段	0.233	0.183	0.703	0.264
第三矿化地段	0.162	0.304	0.625	0.713

三、小　　结

江西阳储岭斑岩型钨钼矿床，是1977年江西第一物探队在检查一个水系沉积物测量的区域异常时发现的。随后的面积性土壤测量结果，确定该区为一个很有远景的钨钼矿化区，后经916地质队进行普查勘探评价，证实为一个大型斑岩型钨钼矿床。

该矿床土壤异常的组份元素有W、Mo、Cu、Bi、As。W、Mo为主要成矿元素，异常范围大，强度高，浓度梯度变化明显，有明显的浓集中心。Cu、Bi、As元素的异常强度低，范围小，浓度梯度变化不明显，是属于一种伴生元素的低缓异常。实际上，W、Mo异常的浓集中心区（内带异常）即是矿体赋存的部位，地表有表露矿体。W、Mo异常的外、中带往

往与深部盲矿化有关。

元素对比值（Mo/W、Cu/W、Bi/W、As/W）可以作为钨钼矿化剥蚀程度的评价指标。实际上，用Bi/W比值即可。在本区，异常区Bi/W比值<1者可以被认为是钨钼矿化遭受剥蚀的标志；Bi/W比值>1者为钨钼矿化未遭剥蚀或剥蚀较浅的标志。

本区大型钨矿床具有比W、Mo矿床范围大数十倍的W、Mo、Cu区域异常，呈面型分布；其异常范围包容了整个杂岩体与蚀变角岩带，并比杂岩体及蚀变角岩带的范围大。因而对一种范围较大的区域异常必需给予极大的重视，因为大的区域异常往往与大矿床有关。

根据物化探异常讨论连阳岩体东南缘控矿因素及其找矿远景

谢 经 城

广东省地质局物探队科技室

本文讨论的地区位于怀集县东北部南岭山系中段，其范围西起中洲，东到麻地顶，北自连阳岩体内接触带，南至24°纬度线，约400平方公里。

本区在大地构造上位于桂东南大瑶山后加里东隆起区的北东部，及湘桂粤北海西-印支坳陷区南部，连阳岩体东南缘。区内地层自寒武系至第四系均发育。岩浆活动强烈，燕山期侵入体广布，褶皱与断裂错综复杂，造成成矿的有利条件。区内已知铁、多金属矿床（点）数十处。

连阳岩体东南缘的物化探工作程度较高，但多数是在个别点上作了分析研究，面上的综合研究工作做得很少。此次，我们根据化探异常、物探异常与区域控矿因素的关系，以及各类矿床的物化探异常特征，总结其规律，作为一次找矿远景评价的尝试。

一、物化探异常的区域控矿因素

物化探异常的显示，往往是反映矿床存在的一种信息。任何矿床的形成都是地壳发展历史中某一阶段的产物，它们在地壳中的分布及其空间位置都是很有规律的。下面我们根据物化探异常的空间分布特征，试图讨论连阳岩体东南缘的成矿控制因素。这些因素主要包括岩浆、构造、地层和岩性等。

（一）从物化探异常看岩体对成矿的作用

区内岩浆活动频繁，均属燕山旋回的花岗岩类侵入体，可分为三个侵入期，即燕山第二期侵入岩（$\gamma\delta_5^{2(2)}$），燕山第三期侵入岩（$\gamma_5^{2(3)}$）和燕山第四期侵入岩（$\gamma_5^{3(1)}$）。其中，尤以燕山第三期侵入岩分布最广。对区内物化探异常的分布情况作了统计发现：分布在距燕山第三期（$\gamma_5^{2(3)}$）花岗岩体500米以内的局部磁异常有61个，占全区磁异常99个的61.6%；化探异常共58个，占全区化探异常总数97个的59.8%；而分布在燕山第四期（$\gamma_5^{3(1)}$）花岗岩体内外接触带中的物化探异常各一个；分布于第二期（$\gamma\delta_5^{2(2)}$）花岗闪长岩体内的仅有一个化探异常。这表明，与物化探异常关系密切的仅为燕山第三期的侵入岩。以旺洞岩枝和鱼鹿岩枝为例，可以看到，燕山第三期花岗岩明显地被物化探异常所包围（见图1）。从图1可以看出，物化探异常几乎全部围绕花岗岩体的内外接触带分布，化探异常还有明显的元素分带现象。靠近岩体（内接触带）主要是Bi、Sn、Cu、（Pb），远离岩体（外接触带）是Pb、Zn。这充分表明燕山第三期花岗岩对成矿作用的重要意义。

（二）根据物化探异常圈定岩体界线及推断其埋深

测区内很多零星出露的岩枝和岩株是否同属于一个大岩基的产物？这是人们常讨论的一个问题。经过对区内航磁资料进行了电算整理，并将斜磁化（ΔT）异常转换为垂直磁化（ΔZ）异常后，其100和150伽玛等值线具有规律地延伸，把一些零碎的局部磁异常包围了起来，并将这些岩枝和岩株反映的磁場连在一起(见图2)，说明了这些小岩枝或岩株其深部同属于一个大岩基。其边界如用磁場拐点，即大约以150伽玛等值线圈定时，则连阳岩体东南缘反映的磁場表现为水平梯度小，磁場下降慢，形成很长的“尾巴”。产生这样的现象，可以认为是岩体接触面比较缓的结果。

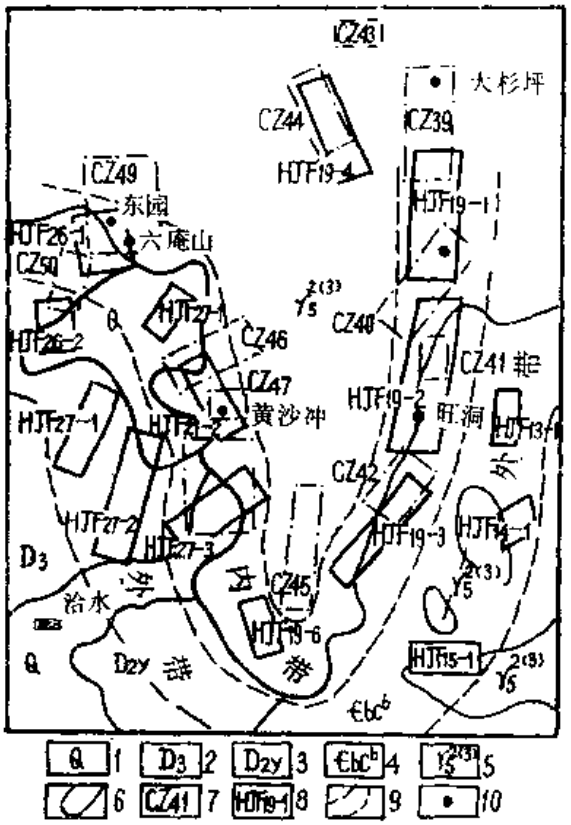


图 1　旺洞岩枝物化探异常分布图

1—第四系沉积物；2—上泥盆统；3—中泥盆统郴江组；4—寒武系八村群中亚群；5—燕山第三期花岗岩；6—地质界线；7—局部磁异常及编号；8—局部化探异常及编号；9—元素分带：内带Bi、Cu(Pb)、外带Pb、Zn；10—矿（床）点

地球化学土壤测量结果还反映出大致以桐油顶—桃花水南北向断裂为界东部地球化学场明显地高于西部。这种现象可从两方面作解释，一方面说明东部岩层因受该断裂的影响而抬高，除出露较老的地层外，还出现很多小岩株，受他们的影响，东部地球化学场偏高。另一方面，由于东部岩体的围岩多为寒武系碎屑岩，孔隙度大，易于形成分散矿化，而西部岩体围岩多为泥盆系的碳酸盐地层，岩石的化学活泼性大，便于元素富集，因而造成东西两部份地球化学场的差异。这一现象说明，测区东部未被剥蚀出露的岩体，一般埋深较浅，而西部埋深较大。

同样，连阳岩体南北矿产的分布，南缘以铁为主，北缘以铜、铅、锌多金属矿为主的元素地球化学分带。这一分带现象，从某种意义上来说，是反映了岩体的产状（见图3）。北缘元素Cu、Pb、Zn一般为远程指示元素，距岩体较远，而南缘的Fe为近程元素，距岩体较近。据粤西北地区航测报告，通过航磁资料分析，认为岩体北部与围岩的接触面较陡，南部较缓（倾角约为40°左右），这与地球化学元素分带是一致的。这说明，不同深度的侵入体伴有不同的矿化，剥蚀深度，决定岩体及有关矿床保存的完整程度，这是一个不容忽视的成矿预测标志。

（三）根据物化探异常推断构造断裂及含矿裂隙

区内断裂在磁场上往往显示线性异常，或单个局部异常走向虽然各异，但总体呈一定方向展布，有时也以明显的低值带为其特征。化探异常轴向线的展布也经常是断裂存在的依据之一。从本区物化探异常分布特征结合地貌特征，在区内推断了14条断裂构造带，其中

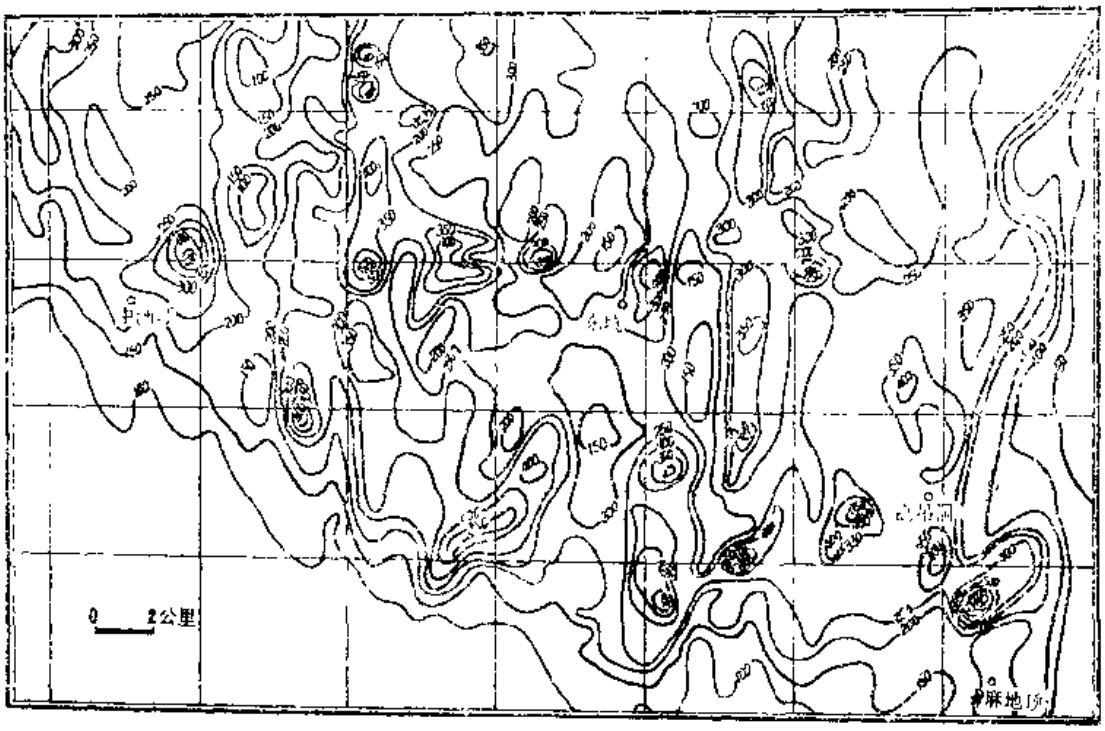


图 2　连阳岩体东缘垂直磁力异常（垂直磁化）平面图

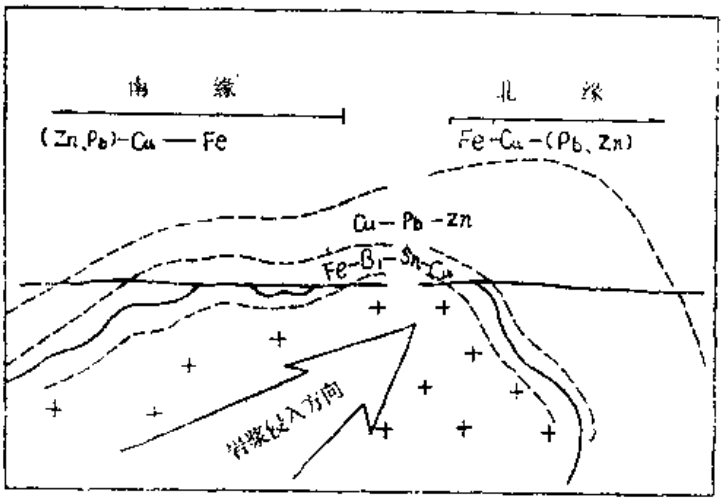


图 3　连阳岩体产状与元素分布示意图

有的与已知断层吻合，如白莲逆断层、森洞坑逆断层、桐油顶—桃花水南北向断层、藤铁逆断层等。此外，还推断出一些可能存在的断裂。如：

北北东向的有高寨顶断裂、高吊洞断裂、佛仔洞断裂、四村断裂，中洲断裂以及藤铁逆断层的延伸；

南北向的有东园—风岗等断裂；

北北西向的有白竹坪—大坡断裂；

北东东向的有青皮—新湾断裂；

东西向的有黄竹脑断裂和兰钟—三岗山断裂。

为了解含矿裂隙的发育情况，制作了地球化学异常轴向图（图 4）。从图上可以看出，该区化探异常轴向线主要为北北东向，其次是南北向，少数为北西向和近东西向，反映出了该区总的构造趋势及含矿裂隙的展布情况。

（四）物化探异常与地层—岩性的关系

从物化探异常分布的情况来看，该区岩性的控矿因素是明显的。区内地层主要有寒武系、泥盆系，其次有石炭系、侏罗系、白垩系和第四系。局部物化探异常主要分布在寒武系八村群中亚群第一、二岩组（$\in bc^{b-1-2}$）、中泥盆统的郁江组（D_2y）和东岗岭组

(D_2d) 的地层中。这些地层的岩性，主要是碳酸盐岩或碎屑岩中局部夹有的碳酸盐岩，化学性能活泼，易于交代。例如，东岗岭地层中的化探异常，强度大，背景低，衬值高，元素组合好，异常清晰，所形成的矿床主要为矽卡岩型矿床。又如，寒武系八村群中的异常，背景不稳定，分散矿化明显，仅在局部有利的层位与构造复合部位相对富集，引起局部异常，强度弱，元素组合少，分带现象不明显，所形成的矿床主要为沉积变质—热液富集型

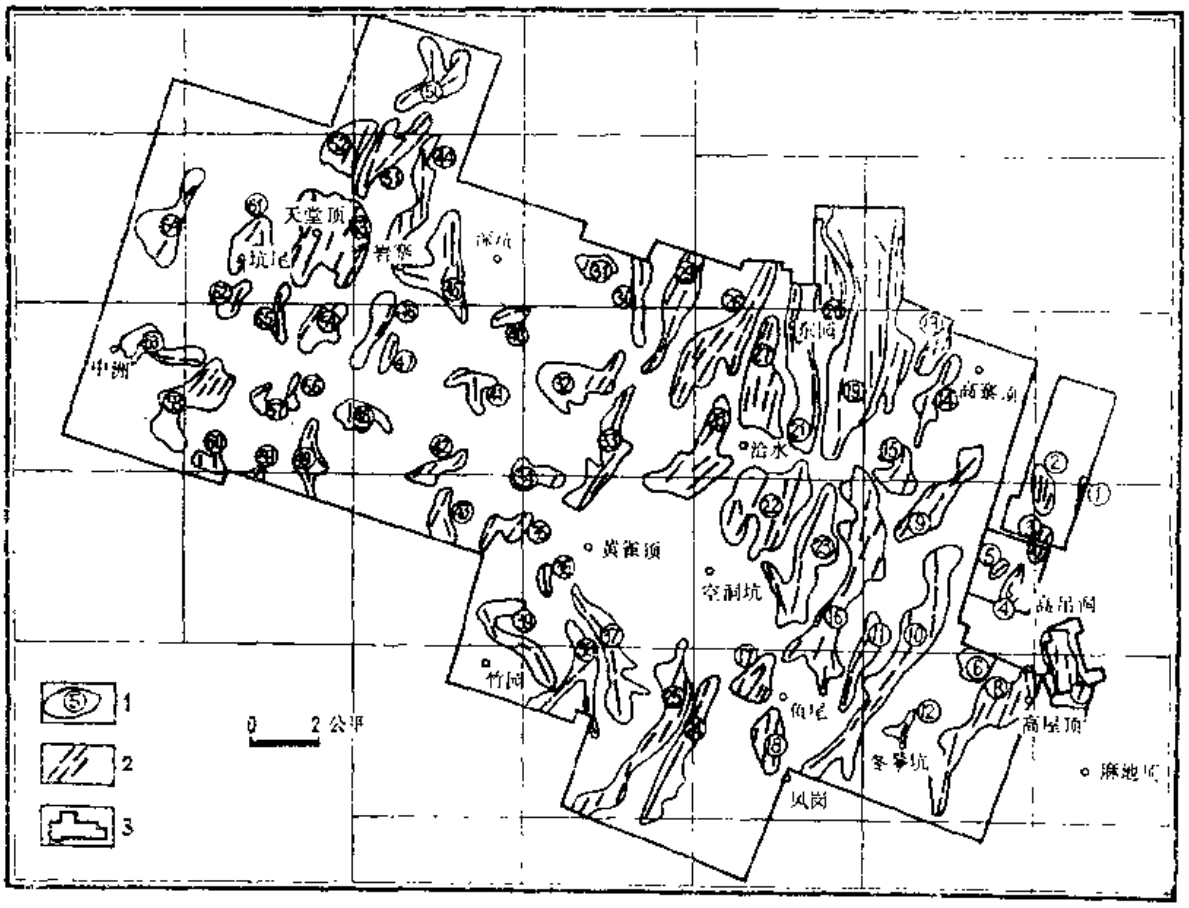


图 4 连阳岩体东南缘化探异常轴向图

1—化探组合异常范围及编号；2—化探异常轴向线；3—测区范围

矿床。郁江组地层上的化探异常特征介乎于这两者之间，所形成的矿床类型较复杂，一般倾向于以矽卡岩型矿床为主。上述例子，充分说明含矿层位、岩性对矿化富集的重要作用。

二、物化探异常的找矿效果

从区域物探资料来看，区内呈现出一北西西向展布的区域重力高向区域重力低过度的梯度带（图 5），其布伽等值线密集。重力梯度带与区域航磁高值带基本相符，测区内已知铁、多金属矿（床）点有54处均处在这一地球物理场背景中。

从测区已知铁、多金属矿（床）点的物化探局部异常的反映来看，除糯塘、鱼散塘、鹿庵塘、雾上顶和旱塘等五个矿点上物化探异常不明显外，其余的均有良好的磁异常和化探异常反映，占已知矿床（点）的90.7%。值得指出的是，在本区具有一定远景的矿床，如藤铁、大坪、麻地，东坑，东园、四村等，在其发现或勘探过程中，物化探资料都起到

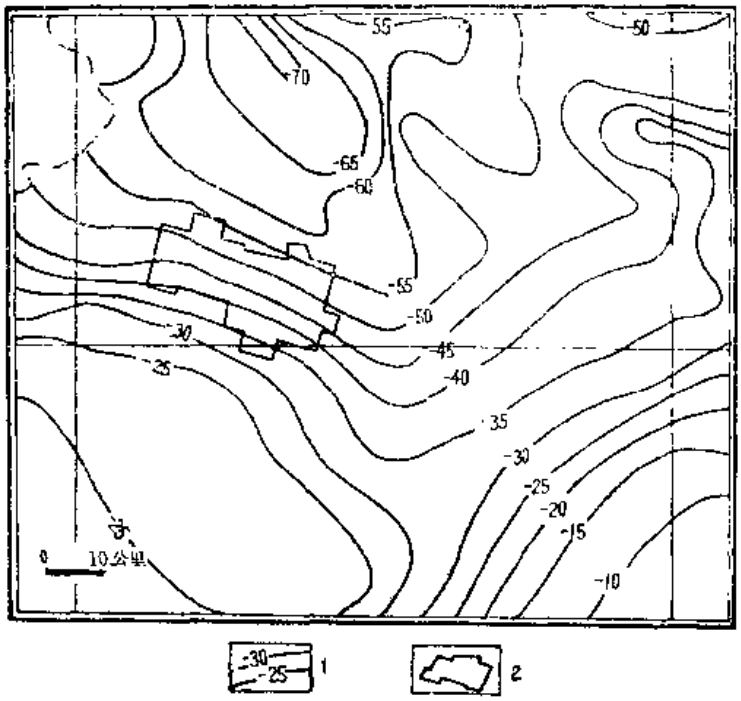


图 5　连阳岩体东南缘布伽重力异常图
1—布伽等值线；2—测区位置

了不同程度的作用，找矿效果是明显的。

不同类型矿床的异常特征：

（1）矽卡岩型铁、多金属矿床的异常

主要分布在燕山第三期花岗岩体（$\gamma_5^{2(3)}$）与围岩接触带上，一般距岩体 500 米以内的矽卡岩中，磁异常多为单峰或双峰，正负相伴，梯度陡，强度高（一般大于1000伽玛），异常范围小，成带状或弧形分布。土壤地球化学异常元素组合复杂，主要有Sn、Cu、Pb、Zn，其次有Bi、As、Mo、Ag、W等元素，异常衬值高，连续性好，有分带现象，尤其是Sn、Cu、Bi 异常，往往反映矿化矽卡岩的分布范围，并与磁异常相伴生，位置基本吻合或稍有位

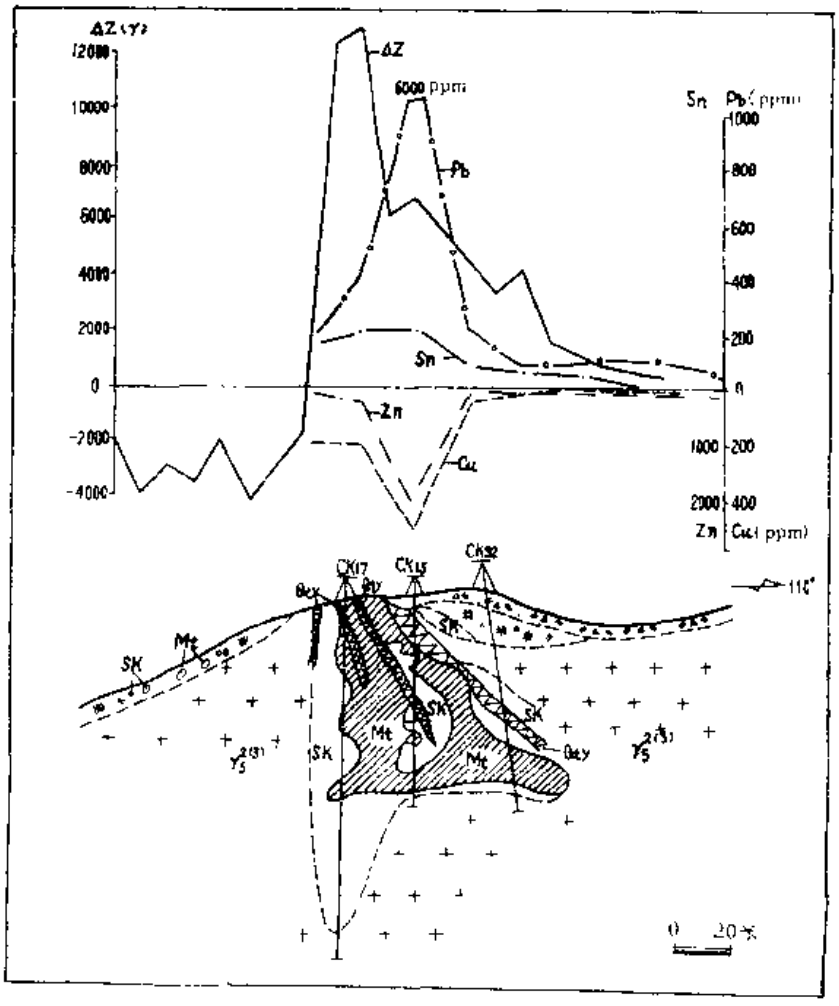


图 6　东园90线物化探地质综合剖面图

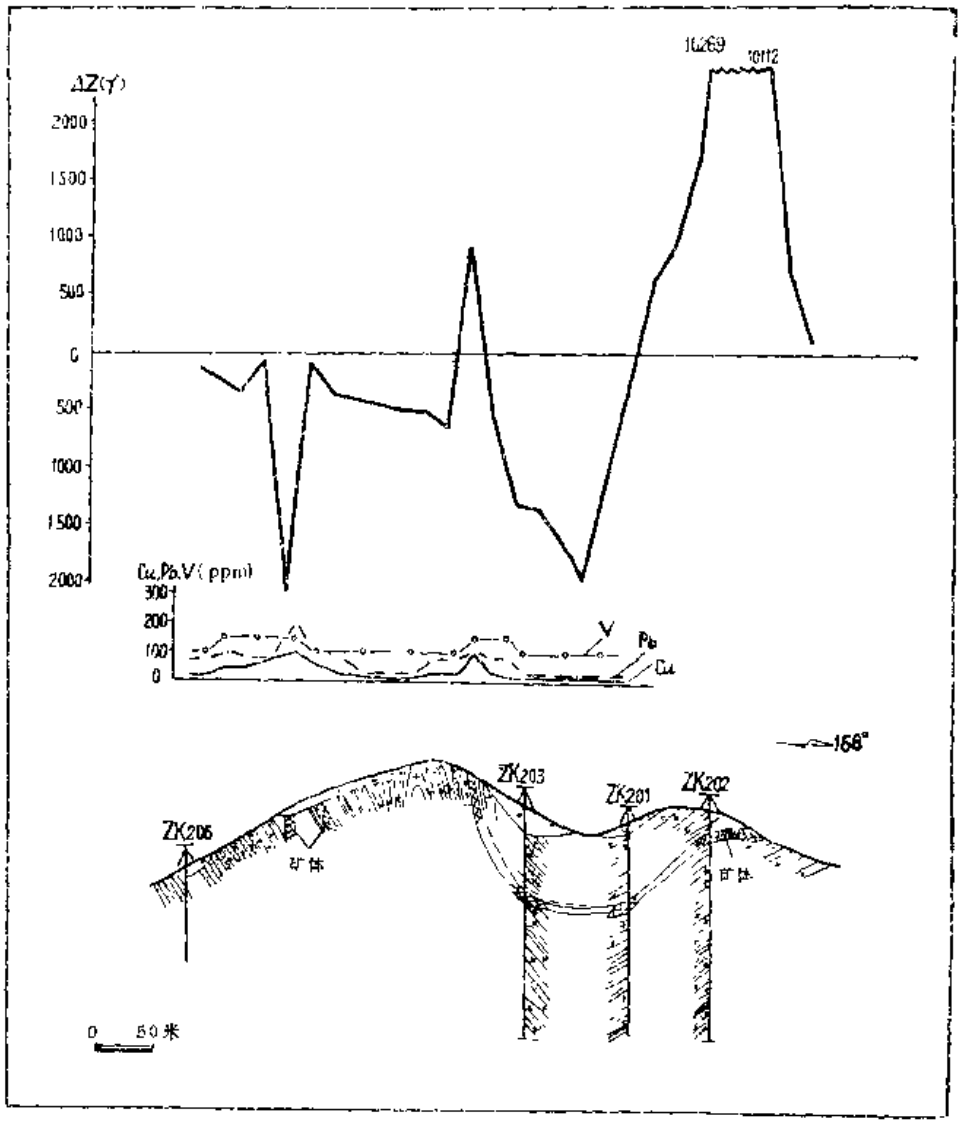


图 7 大坪铁矿区2线地质、物化探综合剖面图

移。如东园工区的结果就是一例（图 6 ）。

（2）沉积变质型铁矿的异常

一般离岩体较远，常在寒武系八村群中亚 群第一、二岩组（$\in bc^{b-1-2}$）中。磁异常往往表现为条带状，多条异常平行排列，总宽度一般大于300米，正负异常伴生，强度n10—1000伽玛。土壤地球化 学异常元素 组合简单，多为Pb、Cu、（Bi）的点异常，强度较弱，衬值低，连续性也较差，有时在出露的矿体上无化探异常显示。但物化探异常的轴向线往往与所处地层的走向一致。本区这类型的铁矿以大坪铁矿为代表（图 7 ）。

（3）矽卡岩型多金属矿的异常

多分布在外接触带或离岩体稍远的地方，以化探异常为主，也常伴有强度不等的磁异常。地球化学异常元素组合复杂，主要有Sn、Cu、Pb、Zn、As、Ag等，强度大（如Sn、Cu、Pb、Bi含量可达1000ppm以上），衬 值 高，连续 性好，分带现 象明显。可以以天堂顶多金属矿为例（图8）。

从天堂顶多金属矿床化 探异常 解剖图中可以看出元素分带现象，内带W、Bi——中带

Zn、Sn、Cu一外带Pb, Ag因灵敏度不够除外，基本上反映了该区矽卡岩型矿床的元素分带特征。

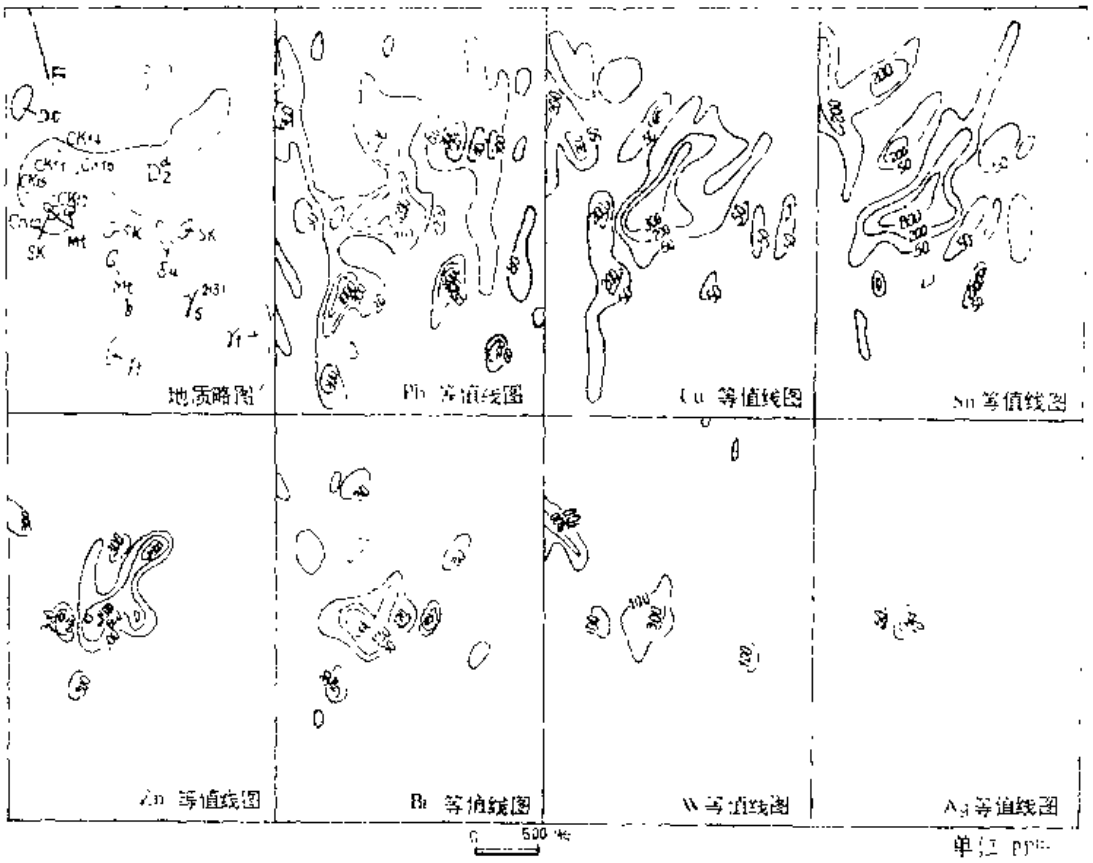


图 8　天堂顶多金属矿区土壤测量异常解剖图

三、对找矿远景的初步评价意见

连阳岩体东南缘为我省铁、多金属矿的远景区之一。通过对400平方公里面积内以往不同单位的工作资料重新整理，汇制成区域性物化探图件，共圈出99个磁异常和97个化探异常，进而划分了七个找矿远景带（区）。从东往西有：高寨顶、葫芦顶远景带，旺洞—风岗远景区，东坑—高山顶远景带等。其中，找矿远景以旺洞—风岗远景带为最好，东园和东坑—高山顶远景带（区）次之，对在青梅顶远景带找沉积变质铁矿应给予足够重视。

用水系沉积物测量发现的一个黑色页岩型银钒矿

单　毅

湖北省地质局第七地质大队

寒武系底部黑色页岩型钒矿床在我国分布普遍，且伴生有镍、钼、铜、锌、铀等多种有益组份，可供综合利用。但有关黑色页岩型银矿方面的情况却很少报道。我队在某背斜进行矿产普查时，通过对水系沉积物测量圈定的一个银异常的检查，发现了一个黑色页岩型银钒矿。经地表初步揭露证实为具有较大远景的银钒矿区。该矿床的发现，充分显示出化探方法的优点和显著的找矿效果。

一、区域地质概况

该区位于某背斜西北翼近核部边缘。

寒武、震旦系沉积盖层呈北西向缓倾斜单斜构造，不整合覆盖于前震旦系崆岭群变质杂岩之上，产状平缓，倾向290°～330°，倾角5°～10°，局部有小的波状起伏。盖层内断裂构造不发育，仅存在一组北西向张扭性小断裂。

地层自上而下有：

寒武系水井沱组（ϵ），岩性为黑色页岩夹深灰黑色中厚层状灰岩。本层镍、钼、钒、银、铜、锌、砷含量高，可形成组份复杂的地球化学异常和黑色页岩型钒、镍、钼矿床。

震旦系灯影组（*Zbdn*），岩性以白云岩、白云质灰岩为主。层内有低温热液型铅锌矿化，并已发现若干矿点。常形成铅、锌、铜、银组合的地球化学异常。

震旦系陡山沱组（*Zbd*），岩性以浅灰白色，深灰色薄层—中厚层状白云岩、泥质白云岩为主，夹燧石条带，顶部具黑色页岩，下部有含磷层位，形成大型磷矿床。层内有低温热液型铅锌矿，含铅锌黄铁矿，可形成铅、锌、铜、银、砷、汞复杂组合的地球化学异常。

二、水系沉积物异常

区内水系沉积物异常为1970年湖北省物探大队进行1:5万区域地球化学测量时发现的，异常以银为主，伴有钒、钼、铅、锌、铜等元素的异常（图1），经重复采样，证实异常存在。

银的一级异常面积约16平方公里，异常强度0.3ppm。银的二级异常位于一级异常区

内的东南部，赋存于陡山沱组和灯影组地层的界面附近，呈卵圆形，近东西走向，长4000米，宽1000～1500米，异常强度0.6ppm以上。银的三级异常主要分布于二级异常内西侧，长2500米，宽500米，异常强度1～10ppm，构成本区异常的高浓度中心。

伴生组份钼、钒、铅的异常分布于银的二级异常区内，与银的关系比较密切，吻合良好。锌、铜组份位于二级异常区内下游的主干水系中，迁移较远，已出图幅。

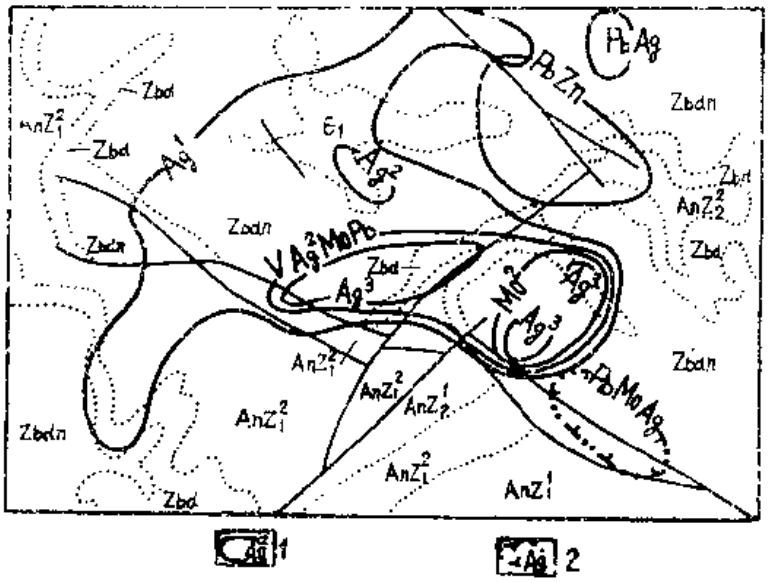


图 1　白果园水系沉积物测量银异常图
1—水系沉积物测量异常及其分级；2—水化学测量异常及其分级

清晰的银异常及其伴生组份特征为分析、检查与评价异常区的可能的远景，提供了重要的信息。

三、对异常的分析

由于银的一级异常大面积分布，以及银的二级异常以银、钼、钒为特征组合，表明其异常源可能与陡山沱组顶部的黑色页岩有关。

此外，银的地球化学行为表明，在内生成矿阶段，银为典型的低温热液组份，在高温阶段极少析出，很少与钼伴生。银在外生条件下，在酸性介质中（如Ag_2SO_4）有较大的溶解度和一定的迁移能力，可呈胶状物质被搬运。在含腐泥质的封闭水体中银既可被粘土吸附，又可被有机质还原沉淀，因而有可能在黑色页岩中和钼、钒、镍等共生。

考虑到异常区内震旦系地层中、特别是在陡山沱组的顶部黑色页岩的存在，因而这就有可能形成黑色页岩型银矿床的地质前提。

四、异　常　检　查

基于对上述异常的分析认识，对该银异常又作了初步检查。选用三条垂直于异常轴向的岩石测量剖面，以查明引起异常的原因。如图 2 所示，通过岩石测量发现，异常区内分

布的灯影组地层底部（$Zbdn_1$）存在分散的银钒矿化，陡山沱组顶部（Zbd_4）普遍具有银钒的富集，为银钒工业含矿层，并伴生钼、镍、铜、铅、锌和微量金（0.4～0.8g/T）的分散矿化。这样，查明了引起异常的基本因素，从而证实了对异常分析的正确性。

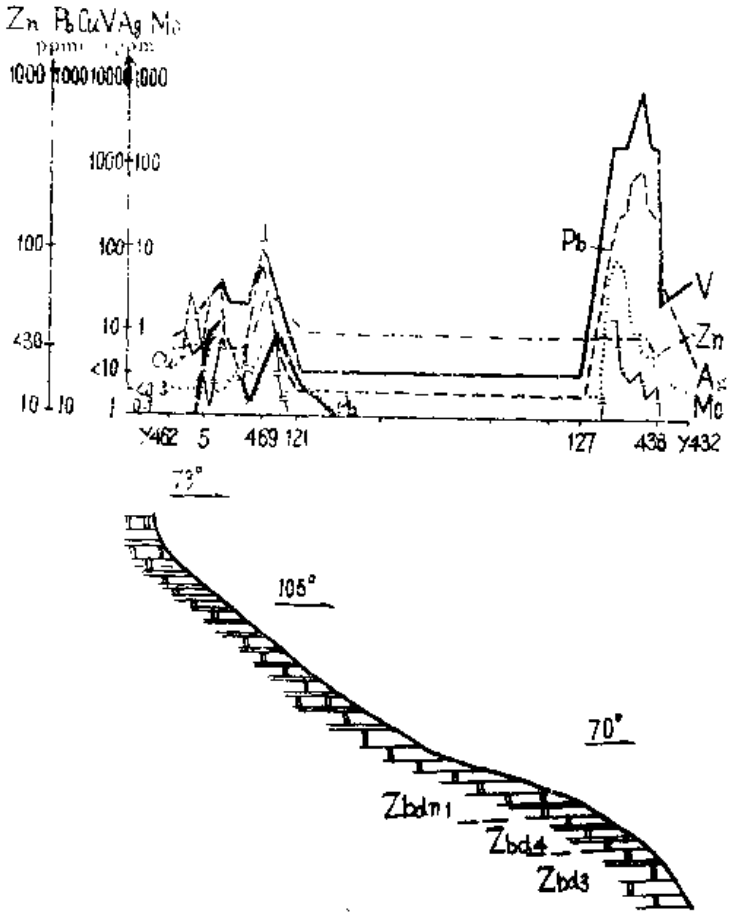


图 2　岩石测量综合剖面图

随后进行了详查。在 1 平方公里范围内，沿含矿层露头，以 60～130 米线距进行系统岩石测量，计采19条剖面，取样207个，目的是确定异常地质体的含矿性及其矿化规模。

异常检查表明：银的一级异常大致圈出了区内寒武系水井沱组、震旦系灯影组、陡山沱组地层含银段的范围；银的二级异常大致圈出了银钒矿区的轮廓；而银的三级异常则反映了银钒矿层的位置。

为了了解银钒矿层的品位变化和圈定地表矿体，进行了系统的地表工程揭露、刻槽采样和化学分析。为了了解浅部矿体风化带和矿体沿倾向延伸的原生矿的品位变化及进行矿石工业可选性试验采样，打了二个平硐。按矿石类型分别采了二个大样，并对矿床的工业意义进行了初步评价。

五、对矿产的初步评价

经我们初步地质工作查明的结果，银钒矿层位于陡山沱组地层的顶部（Zbd_4），为一套以泥质碎屑岩为主并与镁质碳酸盐沉积构成小均律的浅海相沉积地层，岩性为深灰色黑色薄层页岩和灰、灰白色中厚层状白云岩。其层位稳定，厚度变化稍大（7.20～24.11米），普遍含银钒较高，银一般 0.5～40ppm，钒一般 400～4000ppm，其中赋存矿的部分可分为二个分层：上层为单一的钒矿体并伴生银，下层为银钒复合矿体（见图 3）。

上矿层，由黑色页岩夹灰白色中厚层状白云岩透镜体组成，含微量星散状黄铁矿、褐铁矿。矿体形态简单，为扁平的似层状，品位变化稳定，五氧化二钒为0.51～0.76%，属低品位钒矿石，伴生有银，含量5.0～80.0g/T。

下矿层，由黑色页岩与灰白色中厚层状白云岩互层组成。以页岩为主，页理面上有蜂窝状、雪花状及不规则状褐铁矿空洞。在白云岩与页岩界面附近具有结核状黄铁矿，褐铁

矿染强烈。一般页岩较白云岩银钒含量高，且稳定。银含量似与褐铁矿含量成正相关系。矿体形态较简单，为扁平厚层状。钒矿体延伸稳定，厚数米。五氧化二钒含量为1.03～1.75%。银矿体位于钒矿体内，构成一些较大的水平透镜体，矿体厚数米，银含量变化较大，为48.0～243.5g/T。品位较富的部位集中在矿体底部。据钢探资料，银钒复合矿层沿倾斜延伸较大，厚度变化不大，品位亦较稳定。氧化带很浅。

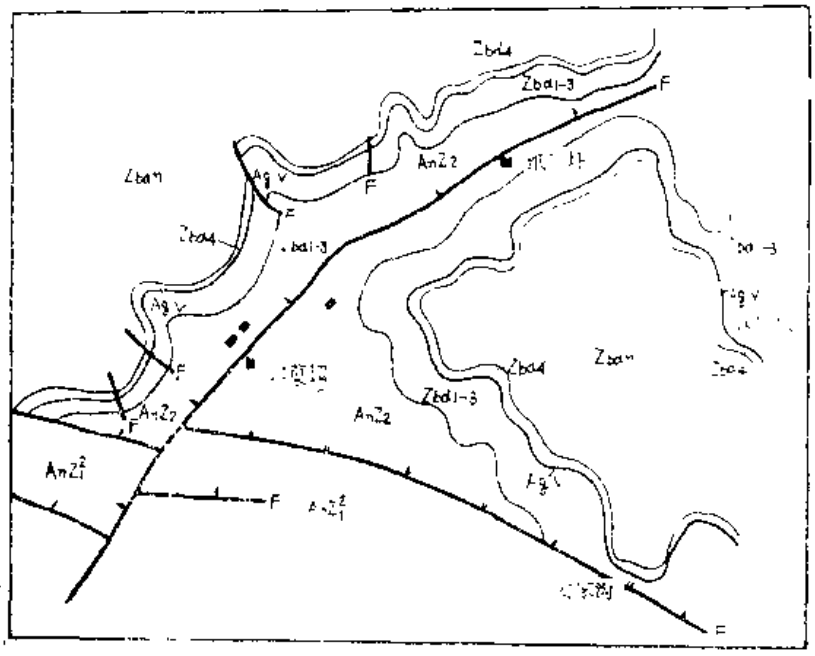


图 3 银钒矿区地质草图

按本区目前浅部工程揭露和采样分析结果所圈定的矿体计算，银钒矿已具有较大储量。如据区内地球化学异常（包括水化学异常）分布的范围来看，其远景还可进一步扩大。

银在矿石中的赋存状态尚未查明。岩矿鉴定的初步分析表明：银可能呈分散状态分布于黄铁矿的格架或微细的缝隙中；或者呈超显微的银矿物形式不均匀地包含在黄铁矿中。黄铁矿在矿石中呈稀疏浸染状不均匀分布，含量仅3%±，粒度微细0.001～0.05mm，另一些则呈细脉状或薄层状、线理状分布。与银伴生的钒基本赋存于矿石的粘土矿物中，以钒云母及含钒水云母等矿物出现，粒度0.001～0.015mm。

据初步水冶试验报告，该区矿石以“钠化一氧化焙烧一水浸沉淀银钒”的工艺选矿，银钒回收率较高，可供有关冶炼部门冶炼。

六、结　　语

该区银钒矿的发现，主要是水系沉积物测量结果提供的线索，经过异常检查而得到肯定的。这说明，水系沉积物测量方法，在普查找矿工作中可以获得良好的找矿效果。通过反映次生条件下的元素迁移、富集的基本趋势，揭示工业矿体的存在。特别是，对于目前阶段使用常规地质手段所不能发现的矿床，化探方法更具有突出的找矿作用。相信，今后推广这一找矿手段，将会不断发现一些新的矿产类型。

吉林省西部及其邻区寻找铜矿的土壤测量工作

陈存礼　　陈玉新

吉林省地质局物探队

我队在吉林省西部及邻区曾开展了几年铜矿普查工作。工作的结果表明，在寻找铜矿、扩大已知铜矿远景等方面，土壤测量方法取得了良好的地质效果。下面介绍这一成果。

一、地　质　特　征

工作地区位于大兴安岭东坡，属大兴安岭新华夏系隆起带展布区，南濒天山—阴山复杂构造带的东延部分，

区内出露地层为二迭系下统和侏罗系、白垩系。其中二迭系下统由大石寨组（P_1d）及吴家屯组（P_1w）组成。前者为海底喷发的中、酸性熔岩及火山碎屑岩夹正常沉积岩。后者由浅海相类复理式板岩、粉砂岩、砂岩组成。侏罗系见中统得家窑子组（T_2f）；平日格组（J_2h）；上统见宝石组（J_3b）、白垩系见下统大庙组（K_1d）。分别由中性、酸性火山岩及凝灰岩、火山碎屑岩组成。

区内岩浆活动剧烈。华力西期主要为黑云斜长花岗岩体（$\gamma_4^{3(2)}$）、石英闪长岩、闪长杂岩体（$\delta_4^{3(2)}$）。燕山期侵入活动多次多期，岩性复杂，分布广泛，早期主要为石英闪长岩（$\delta_5^{2(2)}$），黑云母花岗岩、斑状花岗岩（$\gamma_5^{2(2)}$），与之有关的矿产为Cu、Pb、Zn等。晚期为二长花岗斑岩（$\gamma n\pi_5^{2(3)}$）及黑云母花岗岩（γ_5^3）分布于中生代盆地边缘或大断裂附近多以岩株、岩脉产出。

区内褶皱、断裂均较发育，规模较大的压性结构面的走向西部以东西向为主，向东逐渐转为北东东以至北东、北北东向，形成较为明显的向东南凸出的弧形构造。区内北西向断裂构造也较明显，可能为弧形构造的一组扭裂。

矿产的分布与上述之侵入活动，与构造系统有着密切关系，尤其在不同的构造交汇、重叠部位矿产显著集中，而构成工业矿床。（见图1）

二、地球化学特征

本区属半干旱草原景观带中的中低山区及丘陵区景观。年降水量400余毫米，主要集

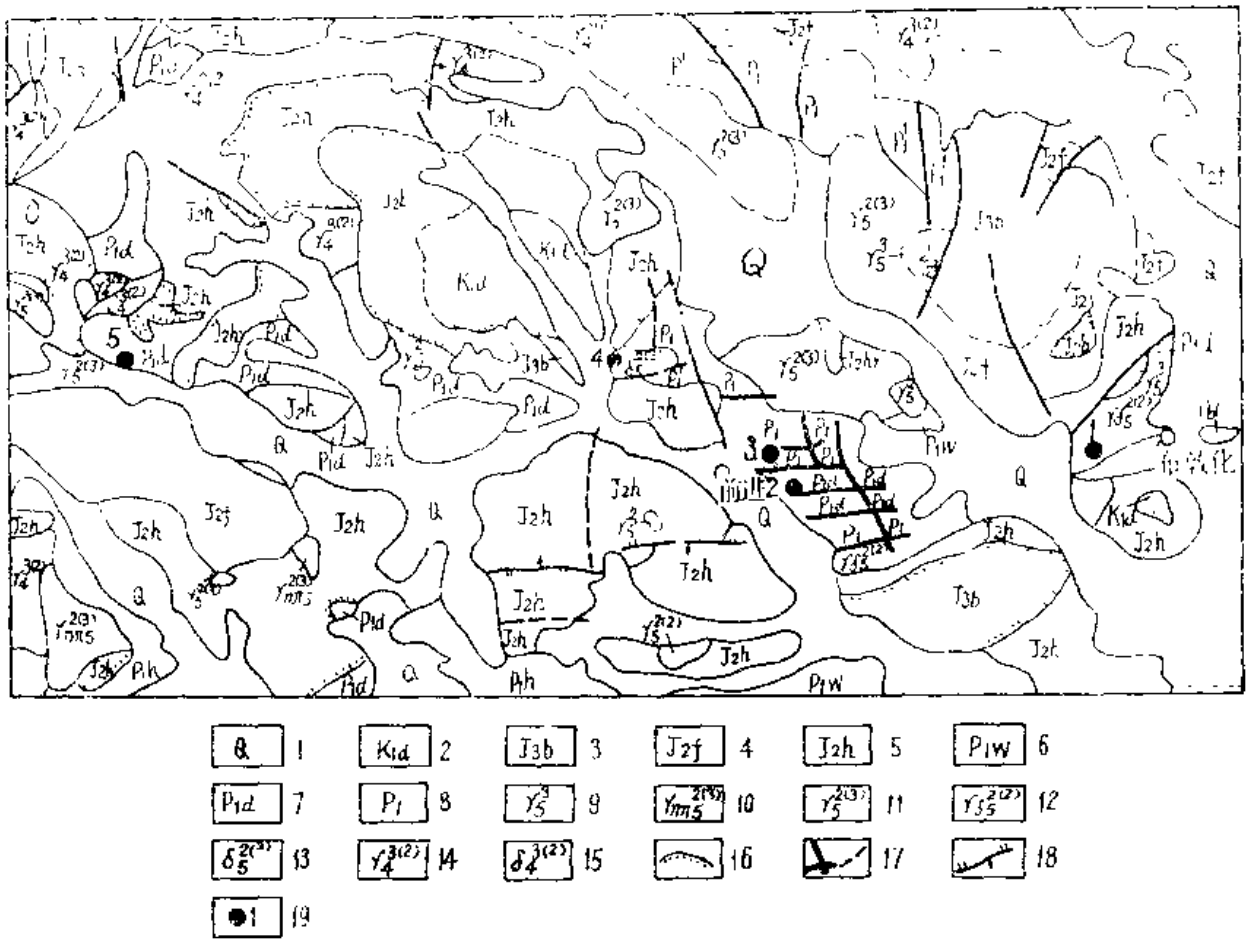


图 1　布敦化一带区域地质图

1—第四系；2—白垩系大庙组；3—侏罗系宝石组；4—侏罗系中统傅家洼子组；5—侏罗系中统乎日格组；6—二迭系下统吴家屯组；7—二迭系下统大石寨组；8—二迭系下统碎屑岩夹灰岩；9—黑云母花岗岩；10—二长花岗岩；11—黑云母花岗岩，斑状花岗岩；12—花岗闪长岩；13—石英闪长岩；14—黑云斜长花岗岩；15—石英闪长岩、闪长岩；16—不整合界线；17—实测及推测断层；18—实测逆断层；19—铜矿点及编号（1.布敦化　2.杜七营子　3.孚和哈达　4.塔尔布勒吉　5.放包乌拉）

中于7、8、9月份、蒸发量大于降水量。地表径流少。植被较发育，以杂草及灌木为主。

土壤富含钙质，属黑钙土和栗钙土类。分布于山顶附近的土壤厚度一般不超过0.5米。A层由腐植质和砂土组成，含下伏基岩碎块，厚度不超过20厘米。B层缺失，由A层向下逐渐过渡到C层。在距地表20～30厘米深度上发育着钙质层，这种土壤中铜元素变化情况基本上反应了下伏基岩中铜元素的变化情况（见图2）。如放包乌拉铜矿点中的5号含铜石英脉拣块分析铜含量为0.32%，土壤样品光谱分析铜含量为0.2%；4号含铜石英脉拣块分析铜含量为0.04%，土壤样品光谱分析铜含量为0.04%，含量十分接近。分布于缓坡处的土壤，一般可分为A、B、C三层。A层厚20厘米左右，以腐植质及亚砂土为主，灰黑至褐色；B层厚50～60厘米，以亚砂土为主，含亚粘土、砂土及岩石碎块，黄褐色；C层厚

70～100厘米，由下伏基岩碎块与砂土组成。此种土壤的钙质层多位于距地表30～100厘米深度上。试验结果表明，铜含量随深度增加而增高（见图3）。但30厘米与50厘米曲线形态相似，故可选30厘米深度为最佳取样深度，即相当于B层上部。

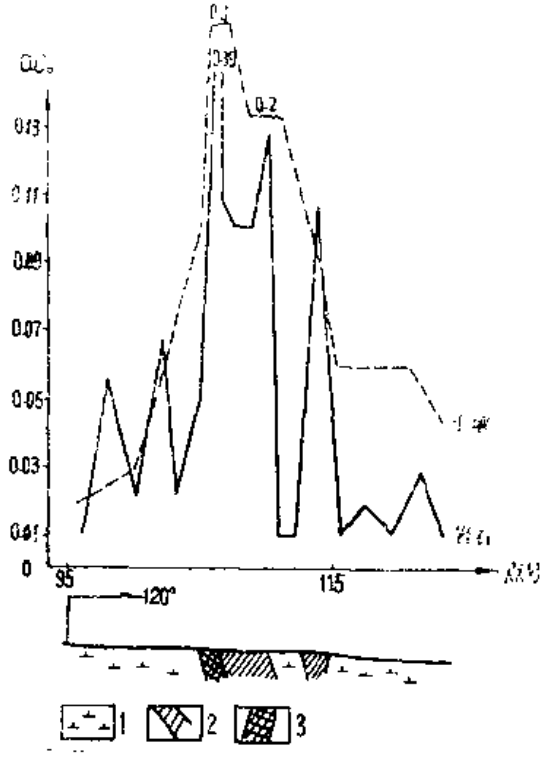


图 2　土壤测量与岩石测量铜含量对比曲线
1—石英闪长岩；2—铜矿化；3—铜矿体

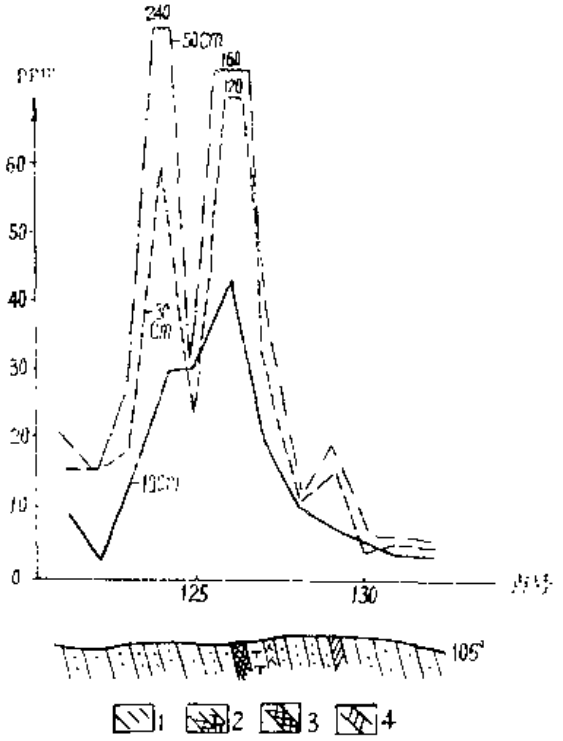


图 3　不同取样深度对比图
1—变质砂岩；2—砂岩；3—铜矿体；4—铜矿化

较为干旱的气候及相对集中的降水，为原生铜矿石的氧化创造了较好的条件。据地表标本观察，在孔雀石中可见有黑铜矿分布，黑铜矿中见有黄铜矿残留体，因而推测黄铜矿在氧化带中的变化顺序为：黄铜矿→黑铜矿→孔雀石。

富钙的土壤环境，限制了铜在土壤中的转移。因而，尽管在布敦化铜矿见到22米深的氧化带，但铜在土壤中活动性并不大，多形成尖峰状的异常。据统计，铜在地表附近的分散系数一般在7.5～12米之间，平均为9米。

异常峰值与矿脉在地表露头位移一般不大，该数值与地形坡度、土壤厚度有关。一般情况下，土壤层愈厚，地形愈陡，异常位移愈大。在试验条件下，地形坡度为7°，土壤厚不足1米，矿脉与蚀变带总厚为10米，形成的异常宽度为40米，其中铜含量在0.01%以上的异常宽为20米，0.006～0.01%间的异常宽为20米，异常位移仅达3米（见图4）。

铜在试验的三种粒度中，即（－20，＋100）目，（－100，＋160）目，（－160）目，含量无显著变化，因此样品加工最佳方案以（－160）目为好（见图5）。

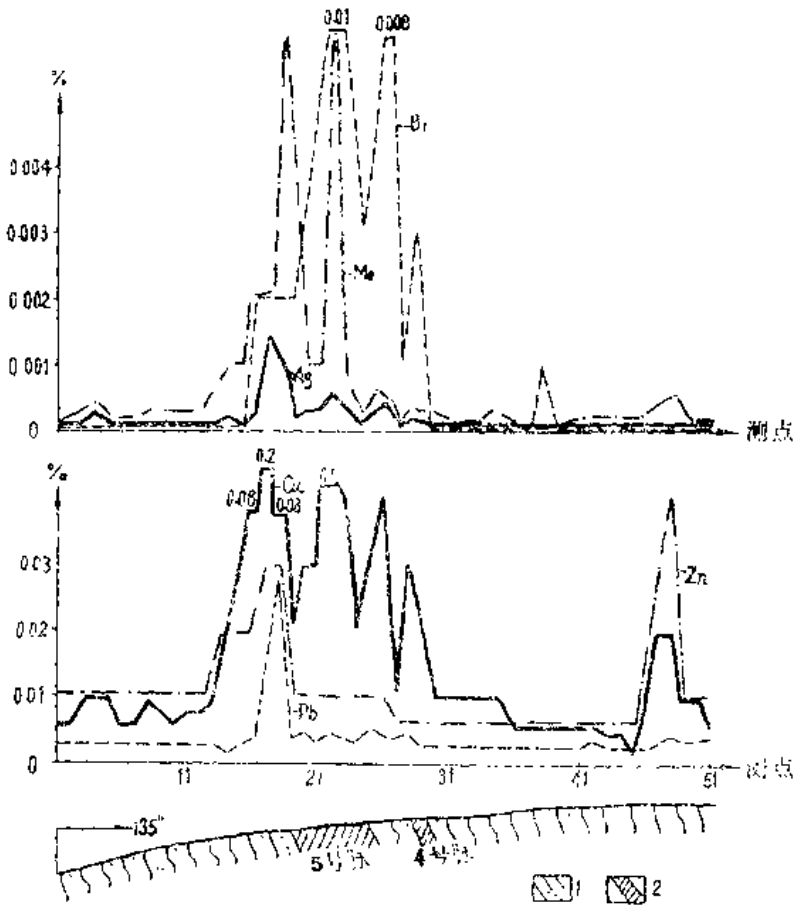


图 4　不同元素对比剖面图

1—石英绢云母片岩；2—铜矿化脉

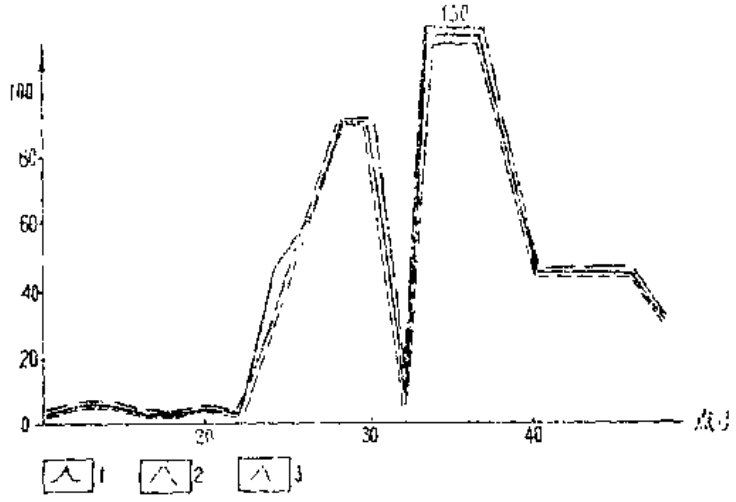


图 5　不同粒度Cu含量对比剖面图

1—（-160）目曲线；2—（—100；—160）目曲线；3—（—20；—100）目曲线

三、指示元素的选择

对所采样品利用中型光谱仪进行了半定量测定，分析了Cu、Pb、Zn、Ag、Bi、Mo、Sn、As、Mn、Cr、Ni、Co、V、Ti十四种元素，其中在铜矿脉上方土壤中出现异常的只有：Cu、Pb、Zn、Ag、Bi、Mo、As等元素（参见图4）。选敖包乌拉热液脉型铜矿及塔尔布勒吉斑岩型铜矿点计算了Cu与有关元素的相关系数（见表1、2）。

表 1

元素对	Cu—Ag	Cu—Bi	Cu—Pb	Cu—Zn	Cu—Bi	备注
相关临界值 ($r_{0.05}$)	0.37	0.30	0.37	0.37	0.38	敖包乌拉铜矿点
相关系数	0.80	0.28	0.44	0.18	0.43	

表 2

元素对	Cu—Ag	Cu—Pb	Cu—Zn	Cu—Bi	Pb—Ag	备注
相关临界值 ($r_{0.05}$)	0.38	0.38	0.46	0.38	0.50	塔尔布勒吉斑岩型
相关系数	0.56	0.04	0.12	0.84	0.31	铜矿点

从表1可见，Cu与Ag、Pb具有显著的正相关关系，这一点从图4中也可看出。从该图中还可以看出，在铜矿体上方Bi也出现明显的异常，但计算结果表明（表1），Cu与Bi不具显著的相关关系。为此我们又计算了地表氧化矿石中Cu与Bi的关系，计算结果表明，两者具有显著的正相关关系。为什么土壤测量结果Cu与Bi不具有明显相关关系呢？我们认为这是Cu与Bi在表生条件下表现出活动性差异的结果。Bi在氧化带中比Cu更不活泼，因为Bi的氧化产物——氢氧化物或碳酸盐是非常难溶的化合物，只有在地表水长期作用的情况下或者在溶液的酸度很高时（本区土壤P^H值一般为6.0）方可以设想Bi从氧化带矿石中少许分散出来。而这两个条件在区内都是难以满足的，这就是造成Cu与Bi异常即相伴生又不具显著相关关系的地球化学原因。一般来说，Bi异常更靠近铜矿脉。

从表2看出，Cu与Ag、Bi具有显著的正相关关系，Cu与Pb、Zn不具显著的相关关系，由于分析灵敏度不够，Mo、As未参加计算。

综上所述，Cu、Ag、Bi对寻找铜矿具有普遍的指示作用，其余元素可能在个别矿脉上有指示作用，特别是Pb元素，是否可以用来区分热液脉型铜矿与斑岩型铜矿是值得注意的。

四、找矿实例

（一）布敖化铜矿区的化探工作

矿区内所见褶皱基底由浅海相下二迭统片理化凝灰质砂岩、变质砂岩夹黑色板岩组成；盖层由中下侏罗统的凝灰质砂岩、砂砾岩及上侏罗统的中酸性熔岩组成。燕山期的角

闪黑云母花岗岩沿背斜轴部侵入（见图6）。已知的孔雀石矿段、串珠岭矿段、开屏沟矿段均分布于角闪黑云母花岗岩岩体的北侧外接触带。矿体呈脉状，透镜状、扁豆状，呈南北方向延伸，长度一般为百余米，厚度1～2米，主要金属矿物有黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、闪锌矿、黄铁矿、辉银矿、镍黄铁矿等。矿石结构以细—中粒他形、半自形连晶为主，交代次之。矿石构造以细脉状、网脉状、浸染状为主，致密块状次之。近矿围岩蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化等。

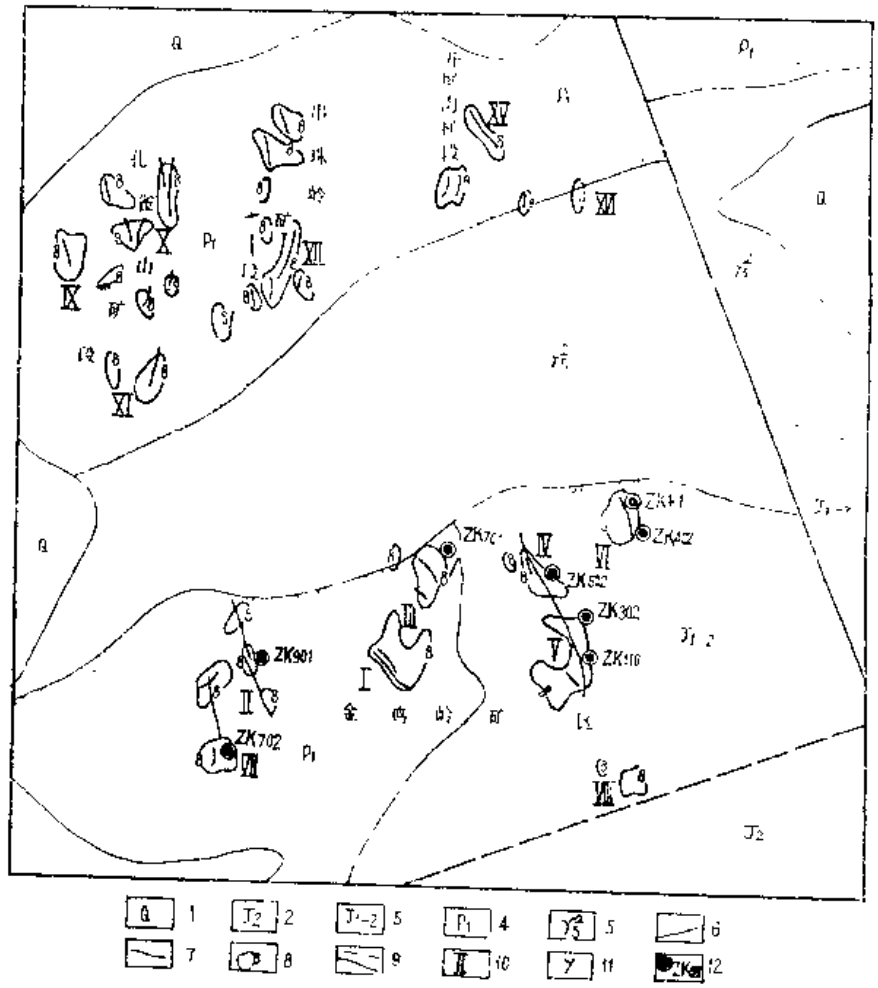


图6　吉林省西部某铜矿区化探地质综合图

1—第四系；2—中酸性熔岩；3—凝灰质砂岩砂砾岩；4—片理化凝灰质砂岩、变质砂岩夹黑色板岩；5—角闪黑云母花岗岩；6—角岩化；7—铜矿体；8—铜量等值线(ppm)；9—实测推测断层；10—铜异常编号；11—地层产状；12—钻孔及编号

通过50米×10米网度的土壤测量工作，以8ppm为异常下限，圈出冷提取铜量异常十六处（参见图6）。其中Ⅸ号至XVI号异常位于黑云母花岗岩的北侧外接触带，与已知的矿脉分布范围基本一致。Ⅰ号至Ⅷ号异常位于黑云母花岗岩的南侧，由西向东大致可划出三个异常段，统称为金鸡岭异常区。当年对Ⅵ号冷提取铜量异常进行了槽探揭露工作，见到了较好的铜矿体。

两年后，在化探异常区及周围做了同比例尺的激发极化法工作。在绝大部分化探异常上出现了视极化率异常，以后在化探的Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ号异常上施工了8个钻孔，其中7个见矿。Ⅳ、Ⅴ号异常控制长度200米，两异常深部经证实已相连。矿体呈厚

层状、浸染状，深部见矿 4～5层，累计厚度在 27～59 米，品位在 0.3～1%左右。其中以ZK302孔见矿最好，共见四层矿体，累计厚度42.31米，其中一层厚达 20.8 米。Ⅵ号异常控制矿床长百余米，在ZK401孔见矿四层，累计厚度30余米（见图 7）。

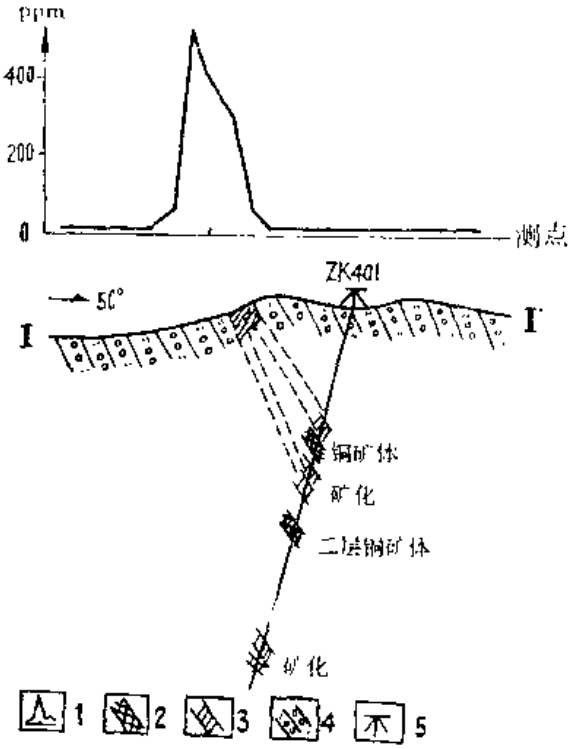


图 7. Ⅵ号异常综合剖面图

1—冷提取铜量曲线；2—铜矿体；3—铜矿化；4—凝灰质砂砾岩；5—钻孔及编号

以前一直认为铜矿体赋存在下二迭统地层内，通过对Ⅴ、Ⅵ号冷提取铜量异常的验证，在中下侏罗统地层内见到了较好的铜矿体，为以后找矿，扩大该铜矿的远景打开了新的局面。

（二）塔尔布勒吉斑岩型铜矿点的化探工作

该矿点位于次一级东西向复向斜北翼，沿此复向斜构造为一铜矿带（见图 8）。

区内地层主要有下二迭统吴家屯组（P_1w）由黑色粉砂质板岩、变质砂岩等组成；次为上侏罗统宝石组（J_3b），由安山岩、安山集块岩、晶屑岩屑凝灰岩、凝灰质砂砾岩组成。

矿区内侵入岩发育，有燕山早期的石英闪长岩和燕山晚期的花岗岩。岩脉主要有闪长玢岩、花岗斑岩与细晶岩等。

矿区内断裂发育，有北东东向压性断裂，北东及北西向扭性断裂，北北西向张性断裂，北北东向压扭性断裂以及近南北向扭性断裂等。

铜矿化赋存于石英闪长岩中，分布广泛，遍及岩体内部及内外接触带中。地表所见均为氧化矿石，以网脉状，细脉状、细脉浸染状为主。含铜矿物有孔雀石、黑铜矿，次为兰铜矿、斑铜矿及铜兰。伴生金属矿物以黄铁矿、磁黄铁矿为主。矿石品位较低。围岩蚀变主要有石英绢云母化与钾长石化，形成明显的退色带，可以做为直接的找矿标志。

在该区以 250米×50米 的测网进行土壤测量工作，以 6ppm 为异常下限，圈出冷提取铜量异常六处，异常主要位于石英闪长岩体内及其内外接触带附近，异常强度不大，多在10余ppm，最高为 40ppm。随后在普查工作的基础上，又进行了网度为 50米×10米 的土壤测量及激发极化法的详查工作，发现了成群的冷提取铜量异常，经检查或者揭露均见到了铜矿化（见图 9）。

土壤测量除对发现铜矿化有直接指示作用外，对区分引起视极化率的原因也有较好的作用。例如在该矿区的下二迭纪地层中局部地方出现了视极化率（ηs）异常，ηs 值一般为3—15%，最高达30%，在ηs异常范围内，没有出现化探异常，结合地质条件，认为是由碳质板岩引起的。后经钻探验证，证实了推断是正确的。

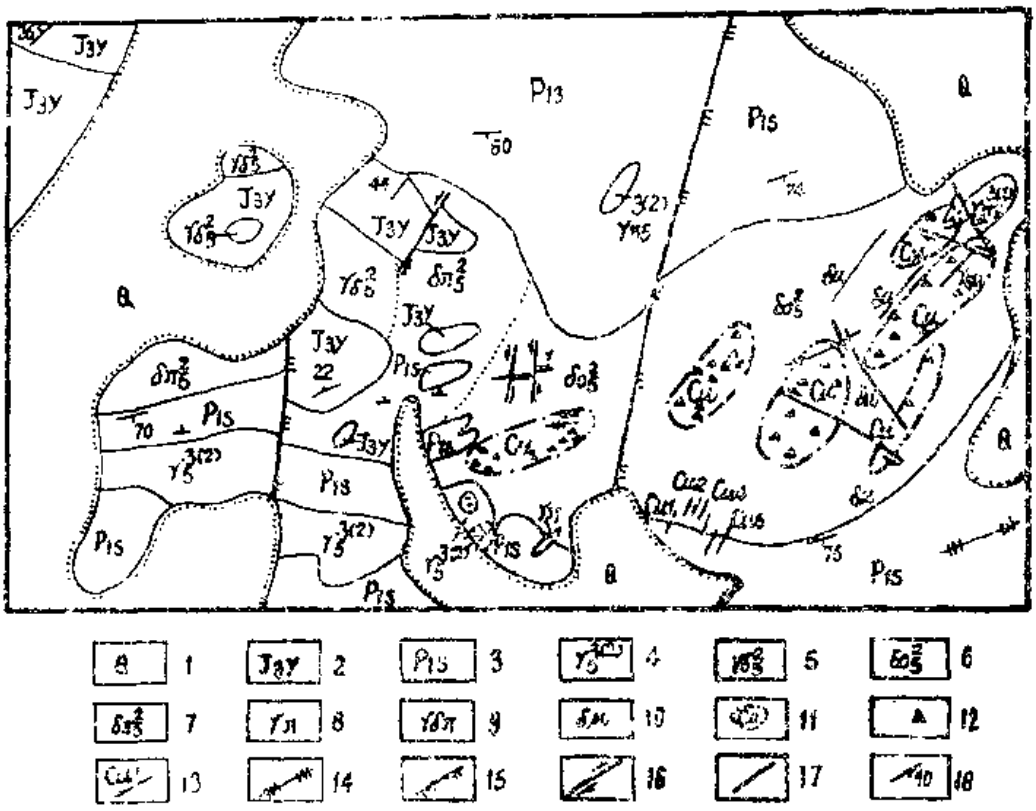


图 8　塔尔布勒吉铜矿地质图

1—第四系；2—上侏罗统扦毛沟组；3—下二迭统索伦组；4—白垩纪花岗岩；5—侏罗纪花岗闪长岩；6—侏罗纪石英闪长岩；7—侏罗纪闪长斑岩；8—花岗斑岩脉；9—斜长玢岩脉；10—闪长玢岩脉；11—蚀变矿化带；12—铜矿化露头；13—铜矿脉；14—挤压破碎带；15—压扭性断裂；16—扭性断裂；17—性质不明断裂；18—地层产状

五、冷提取分析在土壤测量中的作用

在开展土壤测量工作中，我们在分队驻地设立冷提取分析站，对样品进行冷提取分析工作。实践证明，在发现铜矿脉方面，冷提取分析方法可以取得与其他方法相同的地质效果（见图10）。我们用冷提取分析的样品都是过160目筛孔的。它可以使样品中的铜更易于被提取，还可以保证铜在样品中的均匀性，因而分析质量较高。以两次分析结果误差≤33%为合格，合格率一般达到95%以上。

冷提取分析还可以用来研究异常中元素的赋存状态。我们发现在冷提取异常地段，冷提取铜量与光谱铜量比值（冷铜/光铜）较高。如在敖包乌拉铜矿点冷提取铜异常区内，冷铜/光铜在6～10%者占样品数的33%，11～37%者占样品数的33%，小于6%的占样品数的34%。在冷提取铜量没有出现异常的地段，该项比值均为2～4%。

众所周知，冷提取分析主要参加反应的是样品中呈吸附状态及易溶盐类形式存在于土壤中的铜，而光谱分析除能反映上述状态的铜以外，还能反映以其他状态存在于样品中的铜。因此，我们认为，在本区内土壤中的铜异常，是由铜的易溶盐类及铜的难溶盐类混合组成的。即由铜的盐类异常与铜的机械异常混合组成，当然是以机械异常占主要成份。

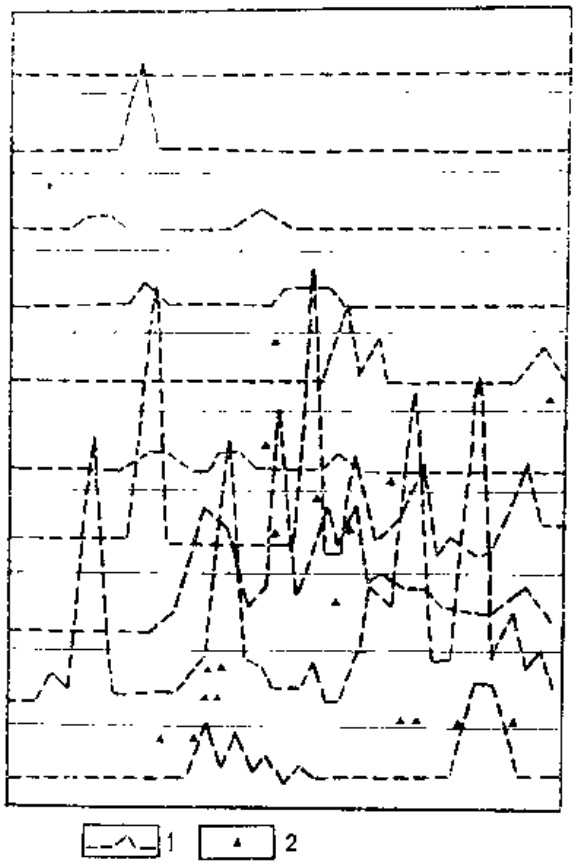


图 9　冷铜量异常剖面平面图

1—冷铜量异常；2—铜矿化露头

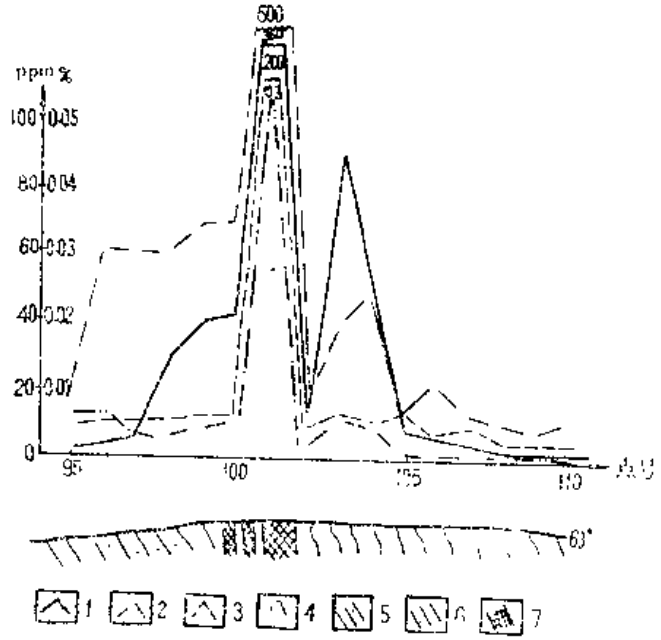


图 10　不同分析方法对比图

1—冷提取铜量；2—热溶铜量；3—冷提取重金属量总量；4—光谱分析铜量；5—变质砂岩；6—绢云母片岩；7—铜矿体

六、结 束 语

1．本区属半干旱的气候，发育着富钙质土壤，淋滤作用不强，元素未受到显著贫化作用，有利于土壤测量工作的开展。

2．取样层位以B层上部为宜（相当于30厘米深），样品加工可直接过160目即可。

3．铜在表生带的分散系数较小（在7.5米至12米之间），铜异常多呈尖峰状，范围不大，各阶段的土壤测量工作点距宜相应的加密，不宜放稀。

4．对于寻找铜矿，Cu、Ag、Bi具有普遍的指示作用。Pb在热液脉型铜矿上与Cu有显著的相关关系，在斑岩型铜矿上与Cu不具有显著的相关关系，Pb是否可用来区分矿化类型，值得研究。

5．在寻找铜矿脉方面，冷提取分析可以起到与其它分析方法相同的地质效果。对于研究铜在土壤中的赋存状态，也能提供有用的数据。

吴努克头山铜钼矿区化探找矿效果

尹 玉 贤

黑龙江省地质勘探公司物探队

一、吴努克头山铜钼矿区的发现和发展

吴努克头山铜矿点是1960年内蒙地质局在进行百万分之一地质调查时发现的。同年，对该矿点作了评价（只挖了四个小槽），认为属于花岗岩中浸染状铜矿化，品位低、矿化范围小，工业意义不大。

1977年，我队一分队在该区作了化探试验工作，初步查明该矿点具有斑岩铜钼矿化特征，故被选作为1978年普查、详查工区，分别以1:2千和1:5千的比例尺作化探次生晕和磁法扫面工作。同时在详查区，投入了电法（自电）扫面工作。工作的结果，在117平方公里范围内，发现化探土壤异常10处，自电异常5处，磁异常3处。后经地表槽探和汽车钻验证，初步肯定了该区为具有一定规模的铜-钼矿化区。并根据化探、物探异常并结合地质，设计了六个钻孔。

1979年，我公司706地质队及我队综合组为了配合对该区的远景评价，加强了验证及综合研究。对详查区的次生异常进行了数据处理，效果比较明显。经706队设计的六个钻孔，结果良好，都见了矿。有两个钻孔见铜-钼矿连续厚度达200米以上，见矿最少的一个钻孔铜-钼矿体厚度也在10米以上。成为我省化探普查找矿工作中成效最好的案例之一。

现在，吴努克头山铜-钼矿床是我公司重点勘探的矿区之一。

二、矿区地质概况

本区大地构造位置为海拉尔中生代凹陷西北边缘，与大兴安岭海西褶皱系满洲里向斜的接壤带；得尔布干深断裂带从测区东侧经过，并控制了海拉尔凹陷的西界。吴努克头山铜-钼矿区位于满洲里南部中生代火山岩中相对隆起的区域。

区内地层有：古生界（C_1h），中生界（J_3l），上第三系（N）及第四系（Q）。侵入岩为燕山期侵入的中粒—中粗粒黑云母花岗岩（γ_5^{2b}），其出露面积约120平方公里，以及浅成-超浅成的岩枝、岩脉分布于整个矿区。构造有石灰厂—吴努克头山背斜，轴向NE。区内断裂破碎挤压带较发育，走向分NE和NW两组，但以NE向为主，北西向稍晚（见图1）。

吴努克头山矿区位于中粒—中粗粒黑云母花岗岩岩基西部边缘的破碎蚀变花岗岩相带

内。矿化于蚀变花岗岩相带内，以浸染状及细脉微细脉侵染状铜-钼矿化为主，有用矿物有斑铜矿、黝铜矿、辉铜矿、黄铜矿、孔雀石、兰铜矿、闪锌矿、黄铁矿等。蚀变有硅

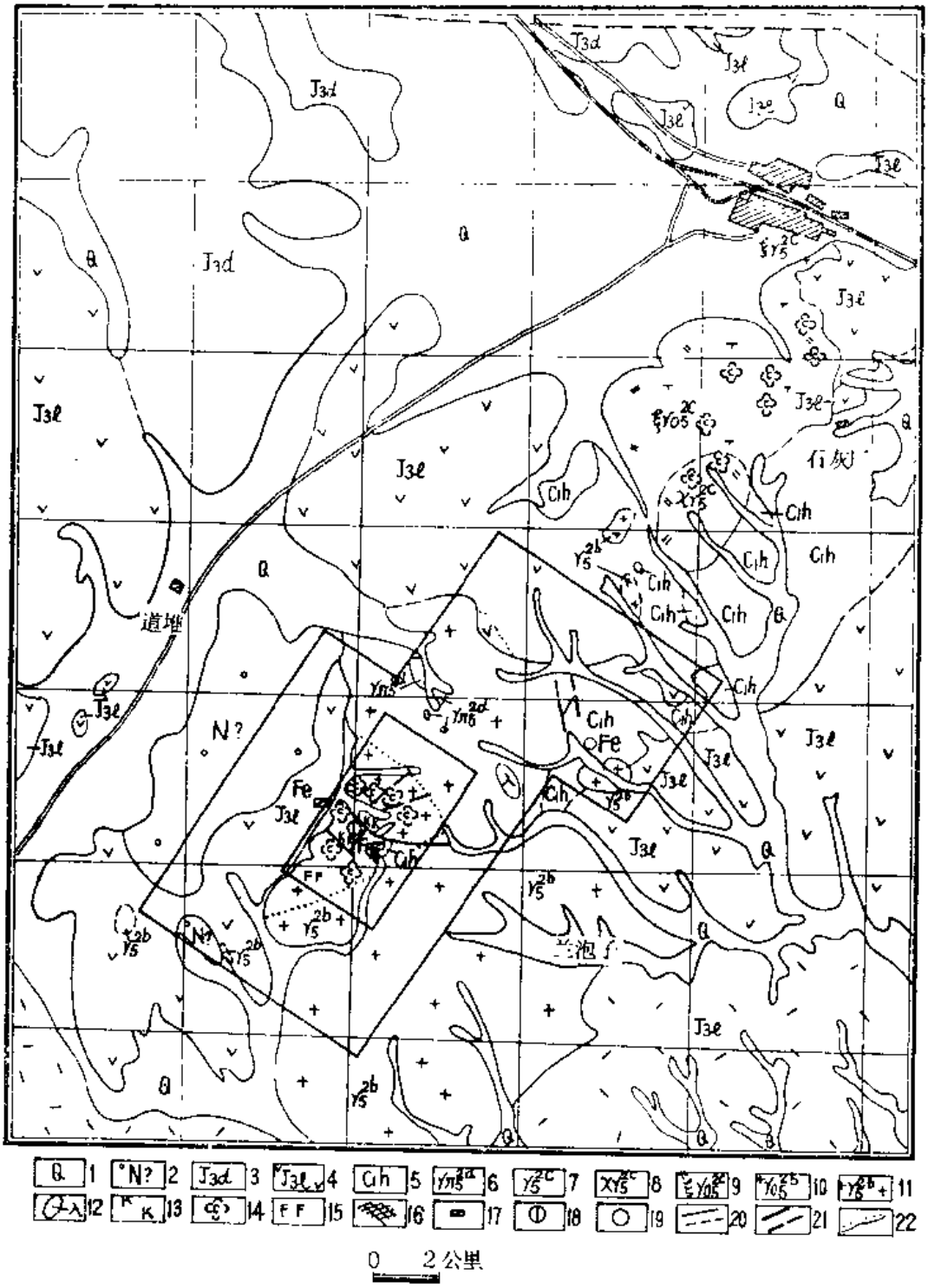


图 1 黑龙江省满洲里—达赉东区域地质草图

1—冲积湖积堆积，砂砾石、亚粘土、松散沉积；2—砾石层松散沉积；3—大磨拐河组，砂页岩夹褐煤层；4—龙江组，以流纹岩为主夹安山岩及中酸性凝灰熔岩凝灰岩火山角砾岩；5—上部红水泉子组，灰白色结晶灰岩、下部为砂岩砂砾岩粉砂岩、页岩；6—花岗斑岩、石英长石斑岩；7—细粒红色花岗岩；8—中粒碱性花岗岩；9—蚀变粗粒花岗岩；10—破碎蚀变花岗岩；11—中粒—中粗粒肉红色黑云母花岗岩；12—流纹岩；13—钾化；14—绢英岩化；15—萤石化；16—矽卡岩化；17—磁铁矿转石点；18—铜钼矿点；19—铁矿点；20—实、推测地质界线；21—实、推测断层线；22—实、推测不整合界线

化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化、矽卡岩化、绿帘石化等。镜下鉴定见有钾化。

三、景观地球化学特征

测区地势较高，一般海拔800米，相对高差不大于200米。地形起伏平稳，属低山丘陵区，山坡区残积层较发育。

（一）土壤测量结果

吴努克头山铜钼矿区的地球化学评价和外围普查找矿是分别采用50×20和200×40的网度(米)采样。采取B层土样，约100克。样品经过自然晒干，过120目筛，终重10—20克作分析用。全部样品作光谱半定量分析，分析的元素有：Cu、Pb、Zn、Ag、Mo。分析的灵敏度见表1。

表 1

元　　素	Cu	Mo	Pb	Zn	Ag
灵敏度	10	1	10	30	0.1

经统计计算本区各元素的背景值和异常下限列于表2。

表2(ppm)

	Cu	Mo	Pb	Zn	Ag	备　　注
背景值	50	6	50	70	0.6	Mo或Mo
异常下限	100	12	100	140	1.2	Co2倍

采用滑动平均方法制作异常平面图。对原始数据作了处理，获得了清晰的异常显示。

纵观全区异常分布的特征（见图2）可以看出，整个异常带呈NE—SW分布，其面积约5平方公里。异常分布的范围与蚀变带矿化的范围大体是一致的。异常分带性好，大致可分三部分，西南部异常范围较大，元素组合较复杂，出现的主要元素为Cu、Pb、Ag、Mo；中部异常主要为Mo、Cu，无Pb、Zn、Ag；东北部异常虽然也有Cu、Mo、Pb、Ag等元素出现，但都是互不联系、零星分布的单个小异常。从异常分布情况来看，南部异常区和中部异常区是很有希望的地段，北部异常区异常小而零散估计希望不大。

整个异常带，从南西向北东方向，元素分带的顺序是Pb、Zn、Cu→Pb、Zn、Cu、Ag—Cu、Ag、Pb、Mo→Cu、Mo→零星小异常。这一分带序列表明，南部异常区的西南端可能是以铜多金属矿化为主，南部异常区的东北端可能是以铜钼矿化为主、至中部异常区可能以钼铜矿化为主。

以后的钻探工作证明，这一地球化学异常的推断是正确的。

（二）异常验证情况

进一步的地表地质工作表明，南部异常区北东部，地质环境比较复杂，为石英绢云母化蚀变带。在该蚀变带中侵入了多种脉岩，有花岗斑岩脉、石英脉、石英长石斑岩脉等十

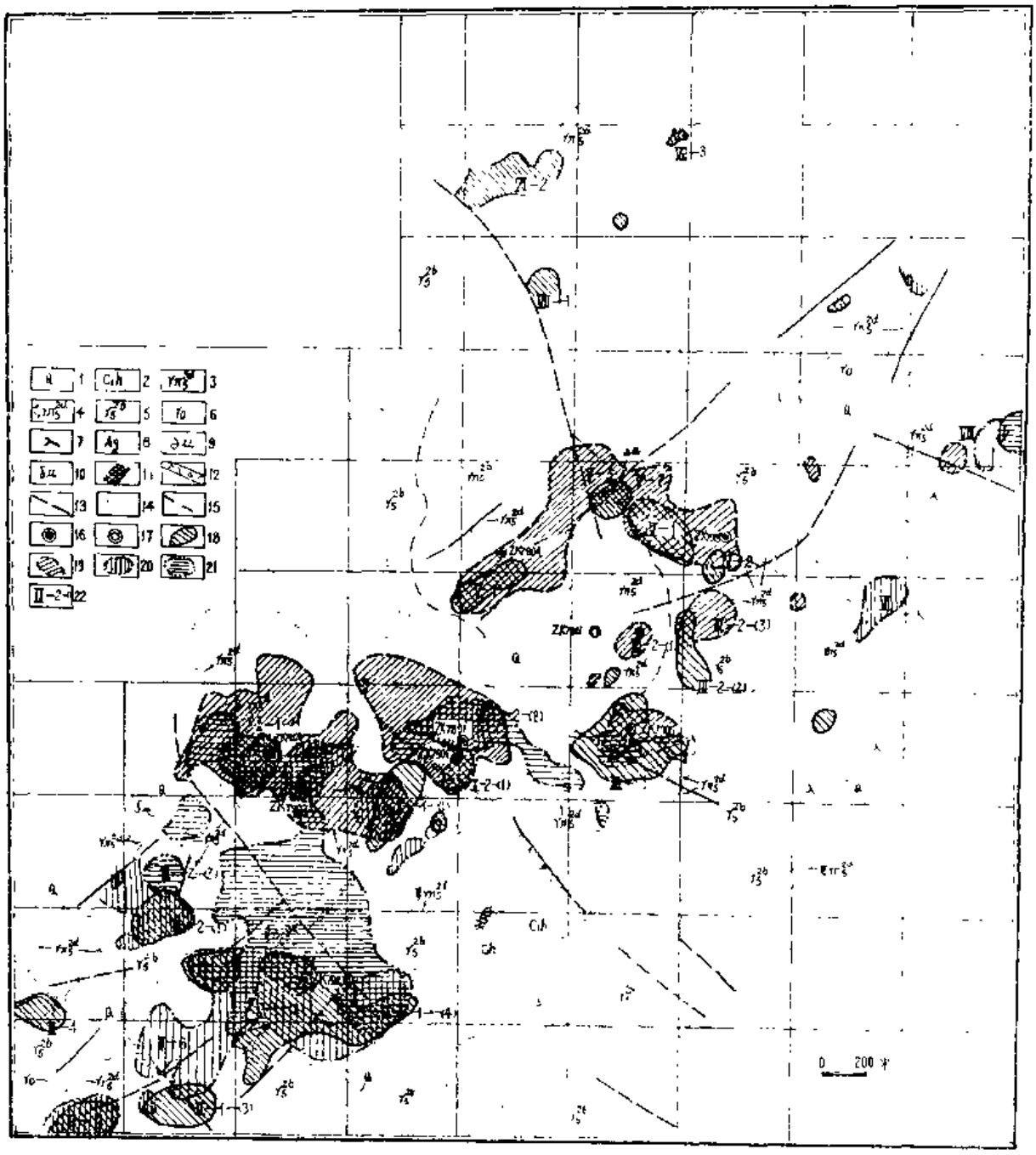


图 2　吴努克头山铜钼矿区地质—地化综合图

1—第四系松散沉积；2—下石炭统红水泉组结晶灰岩；3—花岗斑岩石英长石斑岩；4—正长花岗斑岩；5—中粗 中粗粒黑云母花岗岩；6—花岗细晶岩；7—流纹岩脉；8—流纹质凝灰角砾熔岩；9—安山玢岩；10—闪长玢岩；11—矽卡岩化；12—断层角砾岩带；13实推测断层线；14—不强蚀变岩相的大致分界线；15—实 推测地质界线；16—见矿钻孔；17—未见矿钻孔；18—铜异常；19—钼异常；20—铅锌异常；21—银异常；22—异常编号

余条。构造破碎带很发育，主要以北东和北西向两组，地表矿化普遍。通过拣块取样，分析结果大多数样品铜、钼均够工业品位。以后，在该处打了7801、7901、7902、7909四个钻孔，证实在距地表较浅处有铜钼锌矿体存在。

在南部异常区的南端打了7903号孔，结果在地表较浅处见到了铜锌矿体。

中部异常区的地质情况与南部异常区的情况有些类似，打了四个钻孔（7906，7905、

7911，7904)，7906，7905和7904三个孔在距地表较浅处均打到了钼铜矿体，其中7905和7904两孔钼铜矿体连续厚度达200多米。图3，是7905孔的地质剖面图。

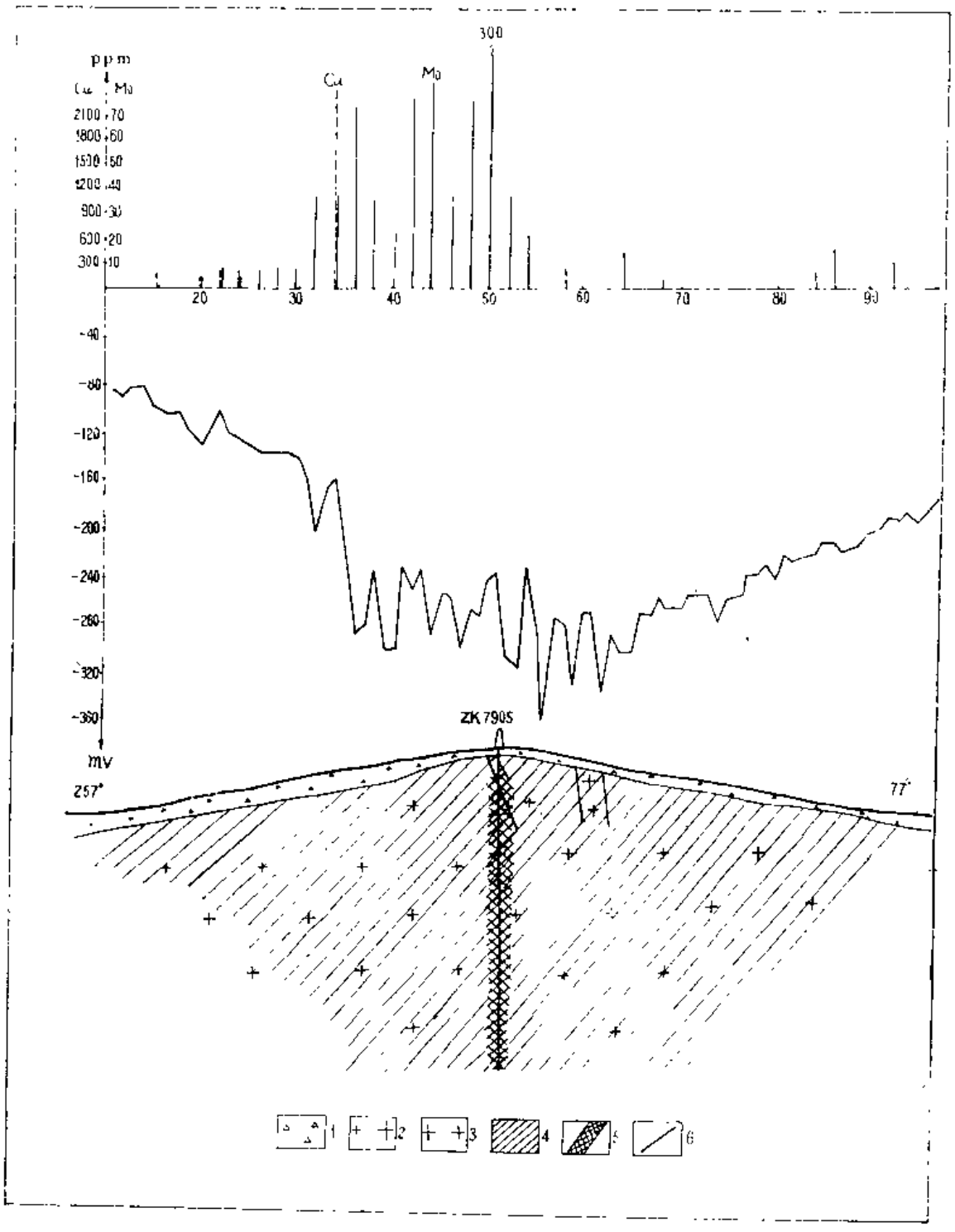


图 3　吴努克头山Ⅴ号综合剖面图

1—第四系松散堆积；2—花岗斑岩；3—黑云母花岗岩；4—强矽化绢云母化带；5—矿体；6—断层

通过地质详查评价认为，吴努克头山铜-钼矿床属于斑岩型铜-钼矿。

桂北崇洞湾锡—多金属矿床的发现

李 自 雨

广西壮族自治区地质局区调队

1967～1968年，我队在桂北开展1:20万罗城幅区域调查工作时，通过河流重砂取样及水系沉积物地球化学测量，在图幅东部圈出一个面积较大的低缓锡石重砂异常（图1）。异常的东北部还重叠有锡的地球化学异常。该重砂异常经加密取样及追索揭露，已发现一个锡、铜、铅脉状矿体及多处矿化。当时，由于某种原因未能继续工作，仅作为矿点处理了，但提出了进一步工作的建议。1971年，我队在该图幅东北部三防花岗岩体的南端外接触带开展1:5万红岗山幅区调工作时，对上述矿点又继续作了地表揭露。稍后，第九地质队进行了普查，先后发现矿体三个，初步查明为一个小—中型锡—多金属矿床。目前，地质队对该区正在进行普查评价。

一、矿区地质概况

矿区位于雪峰地背斜的东南缘，红岗山背斜的东段。构造线方向近东西。出露地层为前寒武系四堡群上部鱼西组浅变质的泥质岩石，并有闪长岩及辉绿岩小岩体侵入。区内断裂构造发育，以北东向压扭性及北北西向张性断裂为主。断裂带中岩石硅化和片理化发育，蚀变强烈，而且地表往往有多金属矿化，可视为找矿标志。

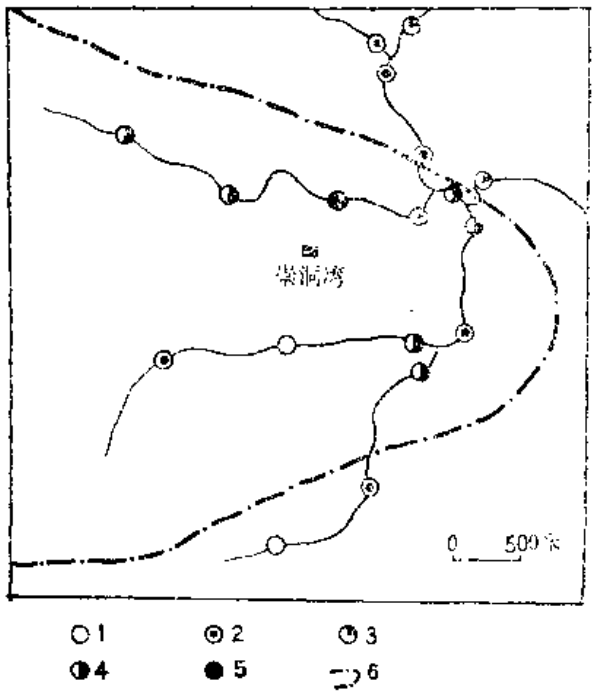


图 1崇洞湾锡石重砂异图常

1—取样点，2—1～100颗；3—101颗—0.01克，4—大于0.01克，5—大于1克，6—重砂异常

二、原生矿物发现的经过

1:20万重砂测量时，虽然圈出了一个面积较大的锡石异常，提供了寻找原生矿的线索。但其面积大，含量较低，目标不明确。后又经分析研究认为，崇洞湾地区尽管只有少数几个三级和个别四级含量的样品，然而它们分布在一级水系中，又处于花岗岩体的外接触带，成矿条件有利，具有检查意义。因此，选择了该区进行重砂加密取样。结果表明，不但原先的异常存在，且其范围明显缩小，靶区突出（图2），有找到原生矿的很大可能性。后来经矿产组采用地质路线、残坡积层取样及人工重砂相结合的方法，同时进行追索检查，很快在断裂带中发现了原生锡矿。

三、初步普查成果

1．矿体主要赋存于北东及北北西向两组断裂带内，严格受断裂带控制；尤以两组断裂交汇处或断裂弯曲部位，矿体增大变富。

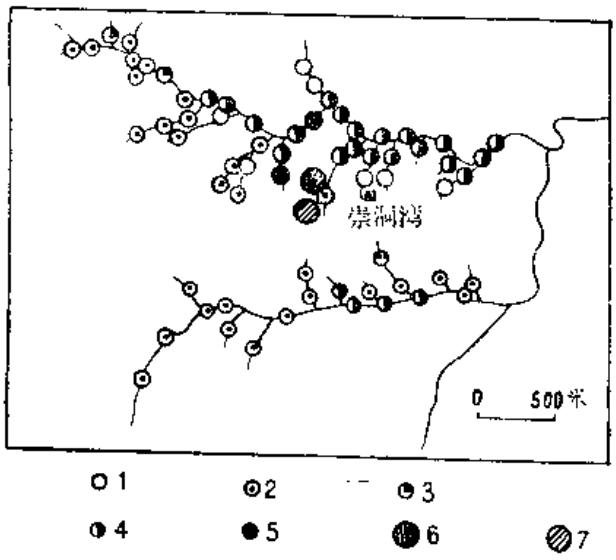


图 2 崇洞湾锡石重砂加密取样成果图

1—取样点；2—1～100颗；3—101颗—0.01克；4—大于0.01～1克；5—大于5克；6—锡铜矿化点；7—锡矿化点

2．在崇洞湾龙家地区发现矿体三个，编号①、②、③（图3），呈脉状、透镜状或扁豆状沿断裂产出。矿石呈块状、浸染状及星散状分布。金属矿物除锡石外，尚含有黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂等。各矿体矿石品位以及伴生组分，经化验绝大部分达工业要求（表1）。此外，经光谱半定量分析，稀有元素铟、镓也达工业要求。故该矿床可综合利用。

3．矿体在地表的厚度及品位变化不大，但沿倾向延伸，局部具有厚度变薄（图4），品位降低的趋势。

4．根据矿体与地质构造的关系，崇洞湾矿区的东西两侧，具有相同的地质构造及同

地表各矿体规模及伴生组份品位　　表 1

矿体编号	长度（米）	厚度（米）		锡品位(%)		伴生组份品位（%）					
		一般	平均	一般	平均	Cu	Pb	As	Sb	In	Ga
①	135	1—5.99	2.98	1.5—2.93	2.476	0.453	1.45	6—7			
②	63.5	2.01—2.4	2.2	0.425—53.16	8.51						
③	153	0.94—4.2	1.5	0.266—3.600	0.3	0.3	2	10	>1		

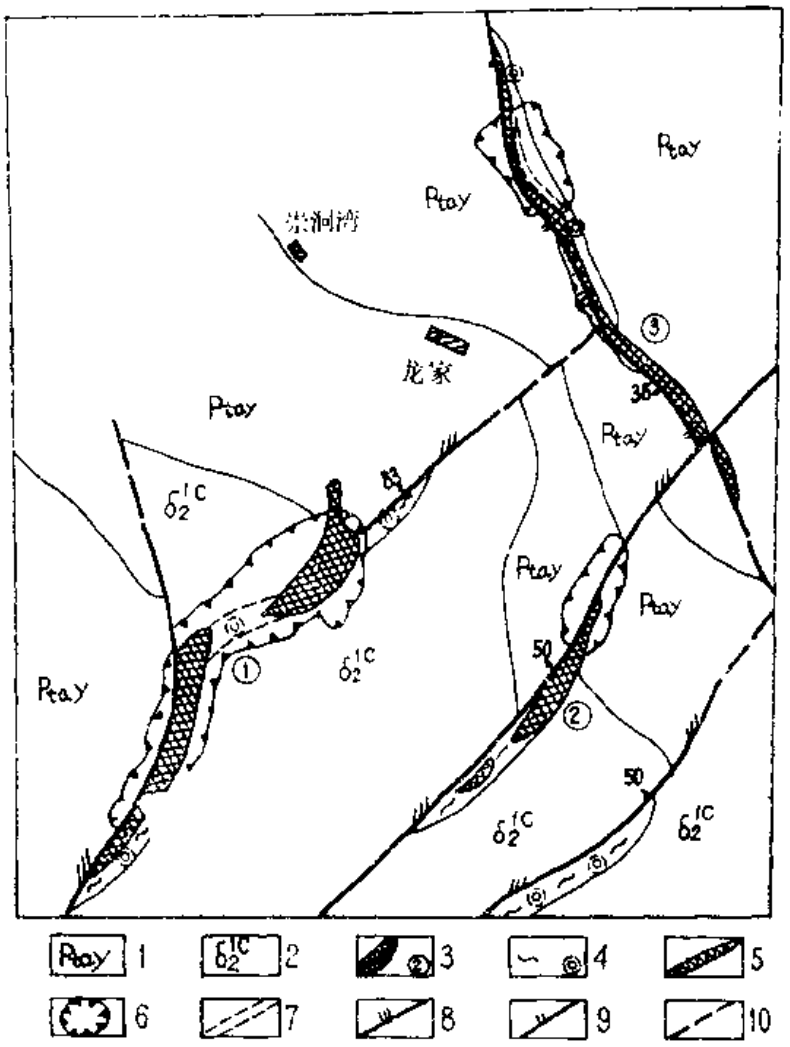


图 3 崇洞湾龙家锡—多金属矿地质略图

1—四堡群鱼西组；2—闪长岩；3—矿体及编号；4—硅化及片理化；5—石英脉；6—开采场；7—蚀变带；8—压扭性断裂；9 张性断裂；10—性质不明断裂

类型的矿产分布，所以应将本区和东西两侧的矿区，视为一个统一的以锡为主的多金属矿带（红岗山矿带）。本区即为其中的一个矿区。

四、几 点 体 会

1．通过化探（包括重砂）手段寻找盲矿，尤其是寻找有色金属矿产，是多年来实践所证明了的行之有效的找矿方法。该方法具有简便、见效快、成本低的特点，应大力推广和综合使用。

2．要使化探发挥积极作用，无论在区调工作、专业性矿产普查或综合性的地质详查评价工作中都应使用化探方法。化探工作一定要先行，最好在开展面上的地质工作之前。这样，才能起到及时的指导作用。

3．化探工作结果，不仅要求把异常画在图纸上写在报告中，重要的是选择有意义的异常进行查证，解剖麻雀，缩小靶区，由点指导面，最终以找到矿为目的。因此，异常的查证，不但是检验化探异常的主要方法，也是总结工作经验，提高找矿效果的手段。切忌单打一的检查方法，否则就不能发挥化探找矿的积极作用，收到预期效果。

4．评价异常，要充分地考虑异常的各种因素（异常面积、强度，元素组合），内部结

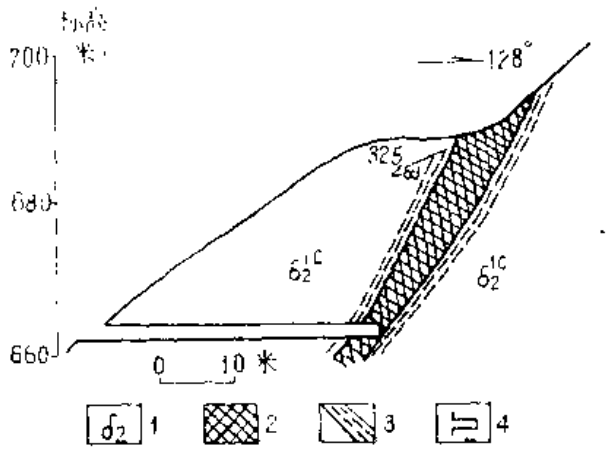


图 4　崇涧湾锡—多金属矿 1 号矿脉剖面图

1—闪长岩；2—锡多金属矿体；3—片理化蚀变带；4—坑道位置

构(有无浓集中心，分带关系，地球化学省是否存在等)，以及所处的地质构造部位与已知矿产的关系，还要结合地质、物探的成果，才能作出切合实际的评价，给以后工作提供可靠的资料。

吉林省通化西部地区的区域化探工作

张成梁　童金亮

吉林省地质局区调大队

本文介绍通化西部地区1:20万区域地质测量工作中的化探效果。

用统计的方法对通化西部地区的岩石测量、土壤测量及重砂测量的结果作了分析研究。现在初步认为：铜镍硫化物矿化岩石测量的结果反映良好；多金属矿化带土壤测量的结果明显；稀有及部分非金属矿产重砂测量的结果较好；钼酸铵点磷方法对找磷具有简易快速的效果。

这些化探成果所反映的异常与地质构造及岩浆活动在时间和空间上均有紧密联系，且有规律可循。

几年来，通过化探工作，在该区找到了小型磷矿一处，有希望的铜矿点一处，有值得进一步工作的以铜为主的多金属矿化带一处，以及仍在追索的金矿一处，并且发现了有深入研究价值的含铬尖晶石的赋存层。在综合分析研究了地质和地球化学成果的基础上，圈划了本区以化探异常为依据的找矿远景区。

一、异常与地层的空间联系

图1，是本区化探成果图。从图上可以看出，异常多分布于太古界（鞍山群）片岩、片麻岩、斜长角闪岩及下元古界(集安群、老岭群)变粒岩、浅粒岩、石英岩、片岩及大理岩等岩层上，少数分布在中生界侏罗系中酸性火山岩及其碎屑岩中。这就显示出了古老变质岩系的良好含矿性及中生代火山岩建造的成矿作用。虽然异常区与同期构造岩浆活动、部分为混合岩化作用，以及后期成矿作用有关，但是，异常在空间上与所处的地层岩性的制约作用是该区化探异常分布的一个显著特点。

二、异常与构造的控制关系

本区构造复杂、类型繁多，不仅控制了区内岩层的展布，而且也控制了化探异常的分布。从原生异常、次生异常的空间排列情况来看，在本区可以勾划出以北东40°左右方向的六个带，即：Ⅰ大顶子东山—老龙岗；Ⅱ哑吧岭—五凤楼；Ⅲ苍家街—川排沟；Ⅳ英戈布—岔路子；Ⅴ光华—赤柏松和Ⅵ下龙头—甲乙川。以及横贯于本区中部的自红升经湾湾川至金厂一带所呈现的东西方向的有规律的各异常(图中虚线所示)。这些现象，恰好与区内北东向构造带和东西向构造带相吻合。

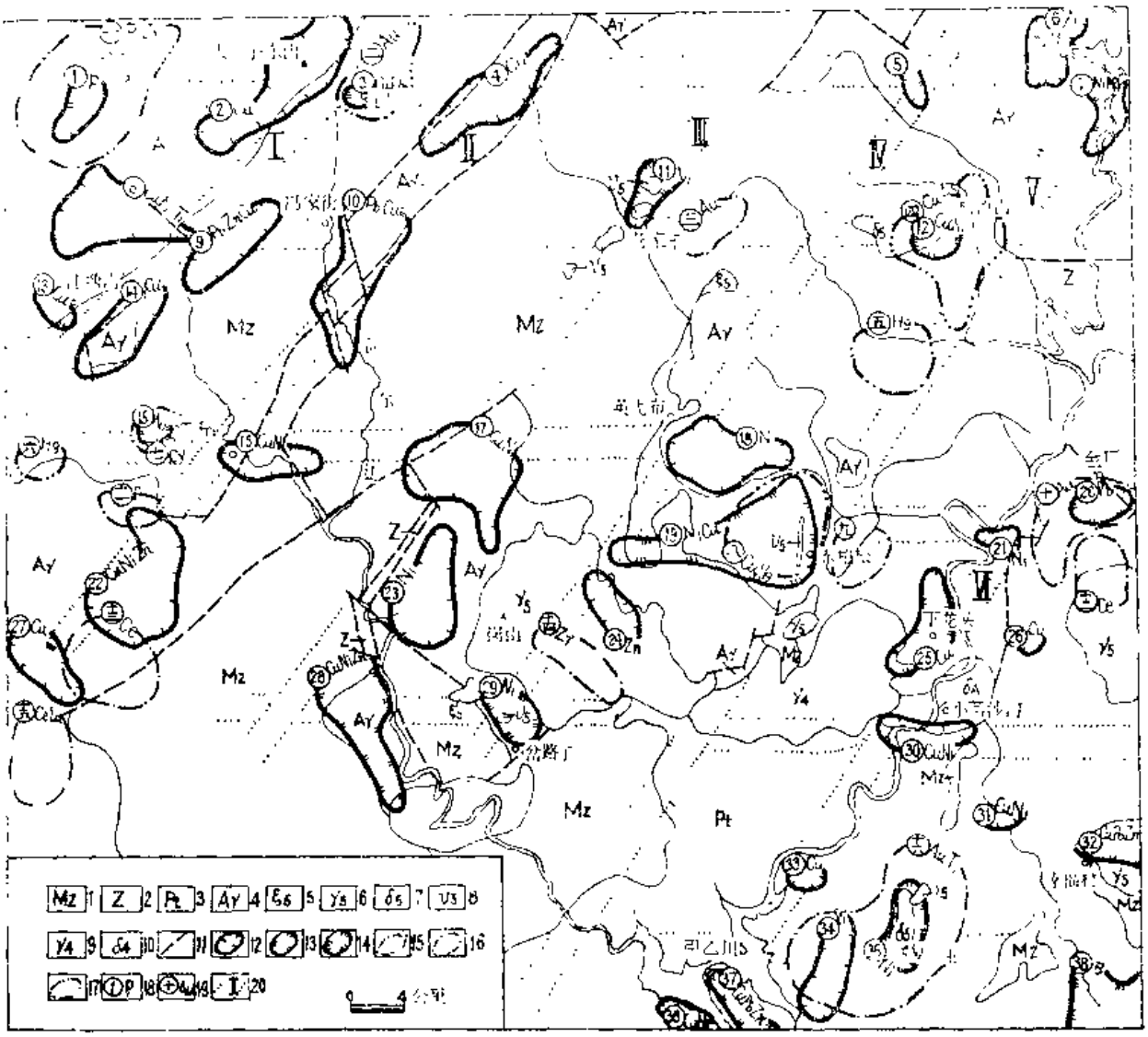


图 1　通化西部地区化探异常分布略图

1—中生界火山岩及其碎屑岩；2—震旦亚界石英砂岩、页岩、燧灰岩；3—下元古界变粒岩、石英岩、片岩、大理岩；4—太古界片岩、片麻岩、斜长角闪岩；5—燕山期正长岩；6—燕山期花岗岩；7—燕山期闪长岩；8—燕山期辉长岩；9—华力西期花岗岩；10—华力西期闪长岩；11—断裂；12——级金属量异常区；13—二级金属量异常区；14—三级金属量异常区；15——级重砂异常区；16—二级重砂异常区；17—三级重砂异常区；18—金属量异常区编号及主要元素代号；19—重砂异常区编号及主要矿物代号；20—构造分析线及编号

从异常分布的不同构造部位，反映出下面几个特点：（1）本区西北部为一轴向北东，倾向北西之倒转复背斜，②号大顶子东山铜异常区正好位于该复背斜东南倒转翼边缘断裂及岩脉发育的地带，指示出了地质构造突变部位与矿化、异常的空间关系；（2）⑧号大窝堡和⑱号洼塘沟等多金属异常区以及某些高含量的异常点出现在北西向断裂带中，似乎表明有同方向导矿构造的存在；（3）富尔江流域出现的铜异常有受断裂构造控制的迹象；（4）⑯号旧门子、⑲号赤柏松和㉚号西翁圈等铜镍异常区均处于东西向与北东向构造的复合或联合部位；（5）③号金厂沟及⑳号金厂一带的金、铅异常与在东西向断裂交叉部位出现的与中基性岩体有关的异常则有近乎等间距的排列状态。

三、异常与岩浆活动的依附关系

区内华力西期-燕山期基性岩浆活动的时代目前虽有争议，但是，所见基性侵入岩体或岩脉均有铜镍异常反映，特别是分异较好的含矿基性岩体（为赤柏松）的异常强度明显增高。异常强度具有随基性程度增强而升高的趋势。太古代正变质成因的斜长角闪岩亦被认为是基性岩浆活动的产物，除了具有铜镍异常之外，还有磷异常的显示。

华力西晚期-燕山早期中性至中酸性侵入岩体所表现的矿化作用，如松顶山岩体、小芋沙河岩体、复兴屯岩体等，均有与之相符的铜或镍的异常出现在岩体与围岩的内外接触带上。当然，这些接触带的构造因素也是重要的。

华力西晚期-燕山早期酸性岩浆所形成的岩基状侵入体上出现的化探异常为三种情况。（一）为岩体内部矿化的反映，如幸福村花岗岩体上的铜、铅、锌异常；（二）为与岩浆期后热液作用有关的在岩体边缘及外接触带上的异常，如岔信子花岗体东北端与鞍山群之侵入接触带上的铜异常；（三）为含有稀有元素的白岗质花岗岩体的化探异常，不仅以重砂矿物中的副矿物反映出其含矿性，而且还有与稀有元素相关的金属量异常，如岗山岭岩体的与铌铅矿有关的伴生矿物锆石、曲晶石异常以及金属量锌异常。

四、地球化学异常的指示作用

本区工作面积约6400平方公里，共取土壤样品13000余个，岩石样品2000余个，自然重砂样品3000余个，磷点滴样品约3000个。经分析统计，共发现次生异常点945个，原生异常点126个，磷点滴异常3处和各种重砂异常点2900个。据此，圈定了金属量异常区38个和重砂异常区16个。这些异常区经野外初步查证，金属量异常区中除反映已知矿床及低缓孤立异常之外，其中有8处具有进一步工作的价值。重砂异常区中有进一步工作价值的有4处，值得探讨的有7处。综合地质构造诸因素特征，划定并提出具有找矿远景的异常带两个。

下面举列叙述根据化探异常评价的几个有找矿远景的地区。

（一）赵家堡子铜矿点的发现

在测区的北西角上大顶子东山出现了一个②号Cu异常区。该异常区中含有铜Ⅰ级异常点27个、Ⅱ级异常点1个、Ⅳ级异常点1个。异常分布于鞍山群角闪质变质岩区内，含铜0.006～0.01%，个别0.02%，并伴有钴、镍异常。高含量异常位于辉长岩上。在路线地质调查中，由于岩石受风化强烈，加之结构较细，肉眼难以识别其矿物成分，金属矿物氧化后也不易鉴别，未发现矿化情况。在对异常查证时，对基岩采样分析后，发现含铜高达1%，进而做了岩矿鉴定，发现大量浸染状黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿。从而肯定了该基性岩(脉)体的含矿性，提出了进一步工作的依据。

发现土壤中次生铜异常含量较低是由于异常位于海拔900米高的山脊附近，地表风化剥蚀强烈，造成了土壤中金属元素的大量淋失。

（二）下龙头铜异常的找矿意义

㉕号铜异常区位于下龙头。异常区内包括Ⅰ级铜异常点8个，Ⅱ级异常点2个，Ⅲ级

异常点1个，铜异常含量一般0.006～0.01%，少数0.02%，个别达0.4%，伴生有镍异常。异常区位于花岗岩、石英闪长岩与鞍山群变质岩接触带上，而且是在东西向构造与北东向构造的复合部位上。在异常区南部已见到铜矿化点，异常区北部经地表初步检查，发现孔雀石及褐铁矿化多处，因此，该异常区应为找铜的远景区，并指出了进一步详细工作的位置。

（三）湾甸子中小型磷矿床的发现

在自然重砂样品鉴定中，发现湾甸子地区96个重砂异常中有84个样品中有磷灰石异常。其中磷灰石含量高的可达1.45克/32公斤，并伴有锆石、榍石、磁铁矿、石榴子石等。磷灰石呈无色透明破碎柱状，包裹物极少，偶见雾状混入物。对此异常经地表检查，证实由角闪质变质岩系中变质基性岩内的副矿物引起。又据对样品的化学分析，P_2O_5含量大于1.5%。这样，就发现了由混合岩化黑云斜长角闪片麻岩构成的含磷矿层。目前，该磷矿正在详查，初步已确定，可供当地农业磷肥原料基地的中小型磷矿床。

五、锌和铅异常的指示意义

铜、铅、锌异常同时出现，一般是作为找寻高中温热液金属矿床的标志。但是，在本区，发现一些单独的Zn异常往往可作为含稀有元素矿物及其副矿物的间接找矿标志。比如，岗山花岗岩体中含铌钽较高，但不易察觉，其中富含铌的铌铅矿（长白矿），肉眼很难以认出。但初步研究表明，单独的锌异常与铌钽组分相伴生的这一特征可作为找寻这种铌钽矿产的间接标志。这一规律已在库仓围子一带（24号异常区）得到证实，并在五凤楼一带含有稀有元素的独居石重砂异常区（㈢号）中再次反映出来。经研究，本区锌异常在花岗岩地区可能是铌钽矿的间接找矿标志，在变质岩区则可能是钇、铈、镧的间接找矿标志。

铅异常，对中低温多金属热液矿床或矿化是常见的。但是，在区内金厂沟屯和金厂公社金矿点上却出现明显的铅异常（⑧号，⑳号），而在汤家沟、东流串、大梨树沟等金异常区则未见铅异常（㈢号、㈨号、㈥号Au异常）。经地质检查，发现，具有铅异常的金矿化多系构造控制的裂隙充填石英脉型金矿，而无铅异常者多位于酸性火山岩区内。铅异常的这种与金矿化的空间伴生关系，不仅可作为金矿化的找矿指标，也可作为金的矿化类型的评价依据。此外，还发现Pb和Au有互消长的关系。

辰砂异常一般是辰砂矿的直接找矿标志，但也是金矿的间接标志。如，㈥号碰子沟辰砂异常圈定了一个金矿点；㈤号黑虎头沟辰砂异常揭示了裂隙中的金矿化。

六、红升铬尖晶石异常的地质意义

在红升地区内22个重砂样品中含铬尖晶石异常（㈦号Cr重砂异常），分布面积约1.5平方公里。样品中铬尖晶石含量一般3克/吨，最高达65克/吨，伴生有橙红色锰铝榴石、绿色辉石、淡黄色锆石以及金红石、锐钛矿、钍石等。含铬尖晶石为八面体自形晶或破碎棱角状颗粒，粒径0.3—0.5毫米，表面黑色，粉末黄褐色，半透明，玻璃光泽。铬重砂异常区内出现0.02%的镍金属量异常。经追踪查证，该异常系侏罗系上统火山角砾熔岩中的

通化西部地区化探异常分级表

表 1

工作方法	异常代号	矿种	异常分级标准（金属量%。重砂：粒或克/32公斤）				异常区划分原则			说明
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ级异常区（未知型）	Ⅱ级异常区（远景型）	Ⅲ级异常区（已知型）	
金属量测量	Cu	铜	0.006—0.01	0.02—0.03	0.04—0.06	>0.1	构造发育，有岩脉分布，矿化蚀变不明显，已知矿点少或无，异常点多，但强度低、分布均匀或零散，少数有其它物化探异常。	具有控矿地质条件，有岩浆分异或热液活动现象，围岩蚀变、矿化较强，有已知矿点或矿床，异常分布集中，强度多在Ⅱ级以上，少数有其它物化探异常。	控矿地质条件明确，有已知矿床或有进一步工作价值的矿点，异常分布集中、强度多在Ⅱ—Ⅲ级以上，有其它物化探异常。	铜、镍、钼、硼原生晕异常分级标准提高一级（次生晕Ⅱ级为原生晕Ⅰ级，次生晕Ⅲ、Ⅳ级为原生晕Ⅱ级）。铅锌、钛原生晕异常分级标准同次生晕。
	Pb	铅	0.006	0.01—0.03	0.04—0.06	0.1—0.3				
	Zn	锌	0.04—0.05	0.06—0.1	>0.1					
	Ni	镍	0.01	0.02—0.03	0.04—0.06					
	Mo	钼	>0.002							
	Ti	钛	>0.6							
	B	硼	0.02—0.04	0.05—0.06	0.1					
重砂测量	Au	金	1—5粒	6—15粒	16—50粒	>50粒	异常点分布均匀，重砂矿物含量多为Ⅰ级，矿点或矿化稀少，成矿远景待查。	异常点分布集中，重砂矿物含量以Ⅱ级为主、少数Ⅰ、Ⅲ级、个别Ⅳ级，见有矿点或矿化蚀变现象，具有成矿地质条件，可作为找矿远景区。	异常点较多，重砂矿物含量多为Ⅱ、Ⅲ级，少数Ⅳ级，有已知矿点或矿床，矿化蚀变现象普遍，是已知成矿区、有矿大远景之希望。	辰砂异常多有雄黄异常伴生。独居石异常可有磷钇矿异常伴生。铬尖晶石与尖晶石异常共生。
	Cu	黄铜矿	1—100粒	>100粒	>0.1克					
	Pb	方铅矿	1—10粒	11—20粒	>20粒					
	Ti	钛铁矿	1—10克	11—30克	31—50克	51—70克				
	Cr	铬尖晶石	1—10粒	11—100粒	>100粒	>0.1克				
	Zr	锆石	0.5—2克	3—5克	6—20克	>20克				
	As	毒砂	1—10粒	11—100粒	100粒—1克	>1克				
	Ce	独居石	10—100粒	100粒—0.02克	0.03—1克	>1克				
	Hg	辰砂	1—10粒	11—30粒	31—50粒	>50粒				
	P	磷灰石	0.01—0.09克	0.1—1.9克	2—5克	>5克				
	W	白钨矿	1—30粒	31—100粒	100粒—0.01克					

榴辉岩角砾之副矿物所引起。但是，不仅在异常区附近，或区域性地质资料中均未见有此种榴辉岩层。异常是出现在火山岩区，而火山岩又系覆盖在鞍山群变质岩层之上，因此，由发现铬尖晶石异常而追索到的榴辉岩，为测区内变质相带的划分和研究提出了新的课题。此外，对火山喷发的通道，岩浆源的深度的研究以及对探讨地幔物质成分均提供了线索。当然，也可能存在隐伏的基性岩体。总之，此铬尖晶石异常的发现，为地质提出了一些颇有研究价值的问题。

通化地区化探异常及异常区的划分标准见表1。

本文承谢恩泽总工程师审阅，作者谨致谢意。

化探在找钒钼矿中的应用

黄 武 胜

广西壮族自治区地质局区调队化探组

我队1:20万区调化探工作成果中，在桂北寒武系清溪组下段分布区圈定了不少钒的土壤地球化学异常。但是，由于异常是在沉积岩分布地区，钒又非急需矿种，没有引起注意。1973～1976年我队在三门地区开展1:5万区调，在小布一带寒武系底部普查石煤时，发现石煤中钒、钼含量较高。因此，选择了小布至田栋一带7.5平方公里范围进行加密土壤地球化学测量。在此基础上进行了地表工程揭露，证实化探异常是寒武系底部含碳岩层中的钒、钼矿体所引起，并初步确定为具有工业价值的钒（钼）矿床，为进一步普查提供了资料。

一、地质及景观地球化学特征

矿区位于三门背斜南部之西翼。出露地层为寒武系清溪组及震旦系，二者整合接触。与异常有直接关系的含矿岩系为寒武系清溪组下段之下部，由炭质页岩、硅质页岩等组成，并含磷结核及石煤透镜体。区内褶皱、断裂发育。断裂常破坏含矿岩系或矿体的完整性（图1）。

小布一带属中一高山地区，海拔400～1000米，相对高差200～400米，沟谷发育。主沟两侧山坡较陡，坡角一般30度左右，中等切割。在砂、页岩分布区植物发育，硅质岩分布区悬崖峭壁。山坡堆积物为残积、坡积物，小部分为冲积物，厚度一般为0.2～0.5米，靠近主沟局部厚度较大，达3～8米。硅质岩地区基岩裸露，一般无次生堆积物。

二、土壤地球化学测量

工作方法：在拟定的土壤测量范围内，考虑矿化有一定层位，故取样路线大致垂直于地层走向；线距200～300米，点距20米。

为了提高土壤测量的找矿效果，对采样层位、深度和分析方法的选择进行了试验。在探槽Tc_1和Tc_2中三处按不同深度、层位分别取样。结果表明：钒、钼一般富集在30厘米左右的淋积层(B层)中，该层以黄褐色粘土为主；母质层中钒、钼均略有降低；至含矿层迅速增高。故确定取样层位为淋积层，一般深度在30厘米左右。对深度试验的10个样进行了发射光谱与化学分析方法的对比。从表中可以看出：钼光谱分析结果与化学分析相差极小，完全达到土壤地球化学测量的要求；钒的光谱分析与化学分析结果相差大一些（表1），但基本可以满足土壤地球化学测量的要求。故选择发射光谱分析是可以的。

根据少量岩石光谱分析结果及参考外省同类型矿床的工作经验，拟定本区土壤测量的指示元素为钒、钼，另选择伴生元素钇、铜、铅、锌、银、镍、钴。

经作直方图结合计算及经验估计，确定主要指示元素在土壤中的背景值及异常下限见表2。

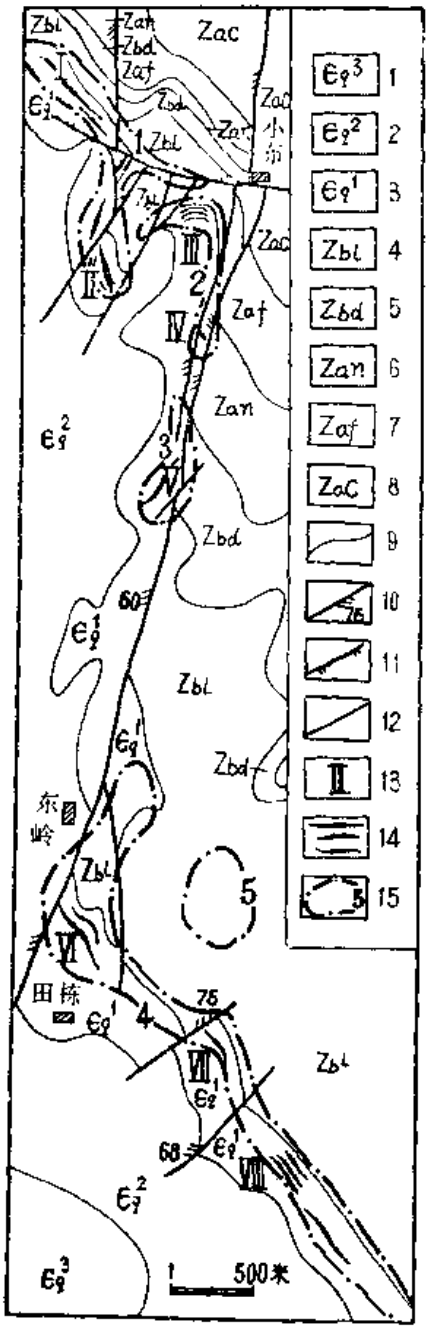


图 1　龙胜三门小布—田栋钒钼矿地质化探略图

1,2,3—寒武系清溪组上、中、下段；4—老堡组；5—陡山沱组；6—南沱组；7—富禄组；8—长安组；9—地质界线；10—压扭性断裂及其产状；11—张性断裂；12—性质不明断裂；13—矿段编号；14—钒钼矿体；15—钒、钼异常及其编号

分析方法对比表　　表 1

钒　(%)		钼　(%)	
化学分析	发射光谱	化学分析	发射光谱
0.224	0.2	0.007	0.005
0.220	0.2	0.012	0.01
0.291	0.2	0.007	0.005
0.242	0.2	0.006	0.005
0.370	0.2	0.008	0.007
0.025	0.01	0.002	0.001
0.123	≤0.2	0.004	0.003
0.140	0.2	0.004	0.003
0.116	≤0.2	0.002	0.003
0.215	0.2	0.006	0.003

异常下限表（ppm）　　表 2

项　目	钒	钼
背景值	130	*
异常下限	500	10

* 低于分析灵敏度

异常规模及形态简表　　表 3

异常编号	规模 长	规模 宽	规模 面积	形态
1	1.7	0.1—0.15	0.21	带状、向东有分枝
2	1.3	0.05—0.15	0.11	弯带状
3	1.5	0.07—0.15	0.10	带状
4	3.5	0.05—0.5	0.70	带状
5	0.45	0.37	0.13	椭圆状
备注	长、宽单位为公里，面积为平方公里			

土壤测量基本成果：共取样676个，其中99个样含钒达到异常含量；165个样钼达到异常含量。结果圈定了钒、钼异常五个（因钒、钼异常基本重合，合并圈图）（图1）。第1～4号异常分布在寒武系清溪组下段及震旦系老堡组顶部；第5号异常分布在震旦系老

堡组硅质岩内，为缓坡剥蚀面上的寒武系底部含炭岩石的残积物引起。1～4号异常呈南北向狭长的带状分布，组成异常带。异常总面积1.25平方公里（各异常规模、形状见表3）。钒、钼异常基本重叠，衬值清楚，规律性好。异常长轴与地层走向一致，并随地层弯曲而转弯，随断裂错开而位移，显示了异常带与地层的依存关系。

三、岩石球地化学测量

选择露头较好的冲沟作取样剖面，以便了解寒武系清溪组下段岩石含矿性并验证土壤地球化学异常的可靠性。用连续拣块法，在岩性变化不大的情况下点距1米，取样重量大于100克，在野外直接进行半定量化学比色分析。这一分析结果可基本代表地表品位。选定五氧化二钒及钼做为岩石测量找含矿层的地球化学指标。

通过七条剖面的岩石测量分析，经地表揭露，已证实有矿存在。原生异常极为清晰，清溪组下段下部衬值高钒及钼呈共消长关系（图2）。清溪组下段中、上部也有个别地段

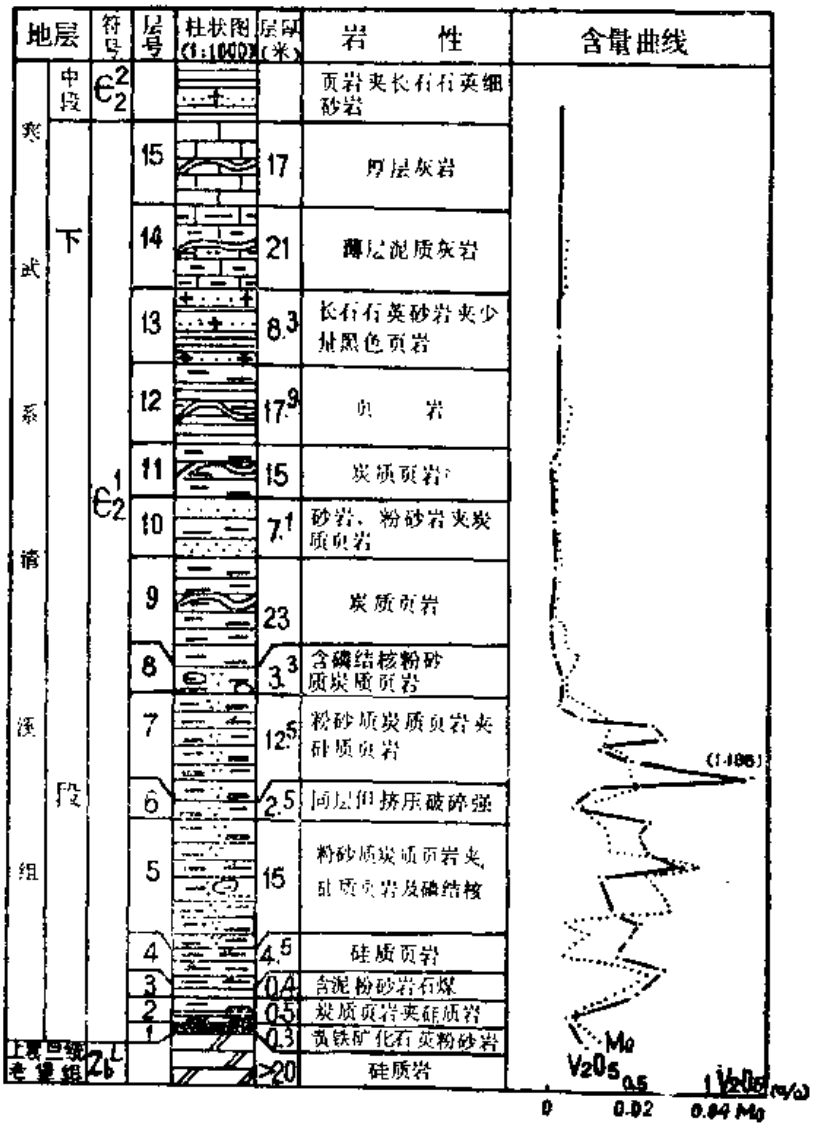


图 2　寒武系清溪组下段钒、钼矿变化曲线图

含五氧化二钒及钼超过异常下限，衬值低于4，且点孤立，不作为主要含矿层处理。

含量情况：五氧化二钒在非异常地段含量为0.006～0.08%，异常地段含量为0.05～1.15%，矿段含量为0.5～1.15%。钼在非异常地段含量小于0.004%，异常地段0.04～0.054%，矿段为0.02～0.054%。

四、验证结果

通过土壤地球化学测量及岩石地球化学测量，圈定了异常及含矿部位。对1～4号异常先后进行了地表揭露，证明四个异常都是矿体引起。矿层在地表断续分布，在906高地

各矿段规模品位一览表　　表4

矿段编号	矿层号	规模(米)		品位(%) V_2O_5			品位(%) Mo			备注
		长	厚	最高	最低	平均	最高	最低	平均	
I	1	1100	2.24	0.996	0.500	0.616	0.053	0.020	0.0317	钒钼矿层
	2	300	1.03	0.792	0.504	0.667			0.024	
	3	300	1.64	0.678	0.596	0.637	0.014	0.010	0.0125	钒矿层
II	1	600	6.33	0.904	0.500	0.585	0.032	0.021	0.0259	钒钼矿层
	2	90	2.70	1.016	0.500	0.696	0.016	0.012	0.0147	钒矿层
III	1	250	0.35			0.518			0.022	钒钼矿层
	2	250	2.40	0.754	0.530	0.642			0.022	
	3	350	5.12	0.790	0.518	0.611	0.036	0.022	0.0293	
	4	300	3.80	1.188	5.596	0.915			0.020	
IV	1	140	1.10	0.250	1.80	0.223	0.026	0.020	0.0223	钼矿层
	2	140	1.90	0.574	0.510	0.542	0.007	0.005	0.006	钒矿层
	3	140	0.45			0.696			0.018	
	4	140	0.80			0.520			0.003	
	5	140	0.40			0.542			0.013	
V	1	260	5.69	0.896	0.512	0.663	0.040	0.020	0.0246	钒钼矿层
VI	1	150	0.40			0.294			0.025	钼矿层
	2	400	1.26	0.540	0.500	0.520	0.025	0.022	0.023	钒钼矿层
VII	1	150	0.76			0.502			0.007	钒矿层
VIII	1	200	1.72	0.650	0.522	0.601	0.008	0.006	0.007	
	2	200	0.67			0.314			0.022	钼矿层
	3	200	0.99	0.670	0.580	0.625	0.035	0.023	0.027	钒钼矿层
IX	1	350	1.47			0.506			0.026	
				0.71	0.57	0.637	0.050	0.036	0.043	次生钒钼矿

以南约1公里范围内因断层受破坏，成为无矿地段。以906高地为界分南北两部，共九个矿段、二十三个矿体。以北部Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ矿段为好；南部Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ四个矿段所处地形平缓、次生作用较强，虽形成较好异常，但矿体规模小，品位偏低（表4）。

矿层在含矿岩系中受含炭岩石的严格控制，北段最多可见五层，夹层厚0.5～4米，与矿层呈过渡关系。矿体以似层状为主，也有呈透镜状者。矿体一段长200～400米，最长1100米。厚一般1.03～5.12米，最厚11米。矿石含钒、钼可分三种类型：即钒、钼矿；以钒为主伴生钼；以钼为主伴生钒。三种矿石沿走向、倾向都具有互为过渡关系（矿石中含五氧化二钒平均为0.661%，钼为0.026%）。矿石的贫富与厚度变化无明显的关系。

伴生有益组份有钇、银、铀、铂、钯。钇在矿层中普遍存在。含三氧化二钇0.0042～0.037%，银3克/吨以上，铂+钯一般0.04～0.08克/吨。由于铼和钼的伴生关系，选择少量样品分析铼，在14个样品中含铼0.000005—0.00024%，有两个样达到工业要求。

人工重砂分级淘洗物化学分析结果表　表5

重量分级	分析结果 %	
	V_2O_5	Mo
沉淀泥粉	1.180	0.024
回收的粗屑	0.740	0.044
第五次重砂	0.300	0.065
第四次重砂	0.176	0.059
第三次重砂	0.134	0.049
第二次重砂	0.092	0.035
第一次重砂	0.040	0.018

成矿控制因素比较明显。含矿岩系属寒武系清溪组下段下部，岩性为炭质页岩、含炭硅质页岩及轻变质含泥粉砂岩、石煤等。矿层下距震旦系老堡组硅质岩0～55米。以炭质页岩含钒、钼较高，硅质页岩含钒、钼很低。挤压破碎或节理裂隙发育地段含矿相对富集，钼尤为明显。钒、钼矿物肉眼及镜下很难观察到。通过物相分析，钼有单独矿物存在，主要为辉钼矿，其次为钼华。钒的赋存状态还不清楚，在物相分析不能作的情况下，进行人工重砂分重量级淘洗，经分析发现，钒主要集中在沉淀的泥粉中，即赋存在轻矿物——含炭的粘土矿物中，而钼在中等重量级矿物中偏高（表5）。

五、几　点　认　识

1．土壤地球化学测量对找沉积类型钒、钼矿是行之有效的。工作之前，先做些方法试验，可以提高化探的找矿效果。

2．岩石地球化学测量对确定含矿层位及矿体部位是直接而有效的，可克服由于肉眼见不到矿物给工作带来的困难。

3．就矿床而言，矿层层位稳定，品位均匀，有一定规模，除钒、钼外尚伴生有多种金属元素，可综合利用。

桂北地区寒武清溪组下段分布广，还有不少钒、钼化探异常或矿点，是寻找此类矿产的有利地区。

一个运用土壤地球化学方法找磷矿的实例

姚 志 强

辽宁省地质局区调二队化探分队

一、岳家杖子磷矿床发现经过

1975年，我队在宁城县进行了1:5万区域化探土壤测量工作时，在岳家杖子地区发现了一个磷异常。异常分布有一定范围，含量较高，是一个比较好的异常，估计与磷矿化有关。但在对磷异常作出评价和决定对异常进行查证时，曾发生了争论。

有人认为，利用土壤地球化学方法寻找磷矿，还不成熟，正处在试验阶段。至于此磷异常是否有经济意义，值得研究。多数人认为，有无经济意义，要经过查证之后才能确定；不查证，谈不上有没有经济意义。最后，确定了对异常进行初步地质查证。

（一）查证情况

岳家杖子磷异常，面积约一平方公里。异常呈东西向椭圆状分布，一般含量为3000～5000ppm。4000ppm以上异常分成南北两个部分：北部规模较大，最高强度可达30000ppm，一般为5000ppm；南部异常规模较小，最高强度为2000ppm。南北两部分异常均成东西向展布。实地检查，发现两个异常的浓度中心分别位于一北西-南东走向的山梁的两侧。异常位于一闪长岩体之上。

在用化学半定量方法重新分析样品，确认异常存在的基础上，为了进一步了解磷矿化与岩性的关系，测制了1:2千的闪长岩体剖面图。然后用槽、钻探等手段，按照地方工业部门对低品位磷矿的工业要求，圈出了Ⅰ号和Ⅱ号两个矿体。

Ⅰ号矿体较大，位于北部异常的山坡上方。矿体地表形状如扁豆，北东向延展，长300米、宽120米，倾向南东，倾角30°～60°。矿体由含磷灰石的石英闪长岩组成，受后期中酸性岩脉破坏较严重。P_2O_5平均工业品位2.37%，个别品位可高达50%，含可溶铁7%。

Ⅱ号矿体较小，位于南部异常的山坡上方，大部分被第四系覆盖。矿体长190米，宽50～110米，北东向延展，倾向南东，倾角70～60°。矿体也为由含磷灰石石英闪长岩组成。P_2O_5平均工业品位2.55%，含可溶铁7.12%。

最后，两矿体共求出（C_1+C_2）级储量398万吨，为一小型磷矿床，供地方开采。

两个矿体与异常的位置大体是符合的。异常略向山坡下偏移，主要是受地形和地貌影响。矿体接近山脊，受冲刷作用，使磷灰石颗粒向山坡下搬运，冲失。而在山梁两侧的坡地或沟中，坡积层发育。异常强度增高，磷灰石反而富集（见图1）。

（二）地质简况

本矿区西靠大尖山，东临喇嘛沟洞，海拔高度为1270米，沟底海拔高度为700～800米。地表较高处基岩裸露，稍低缓处为残坡积物，部分残坡积层已变成农田。残积、坡积层厚

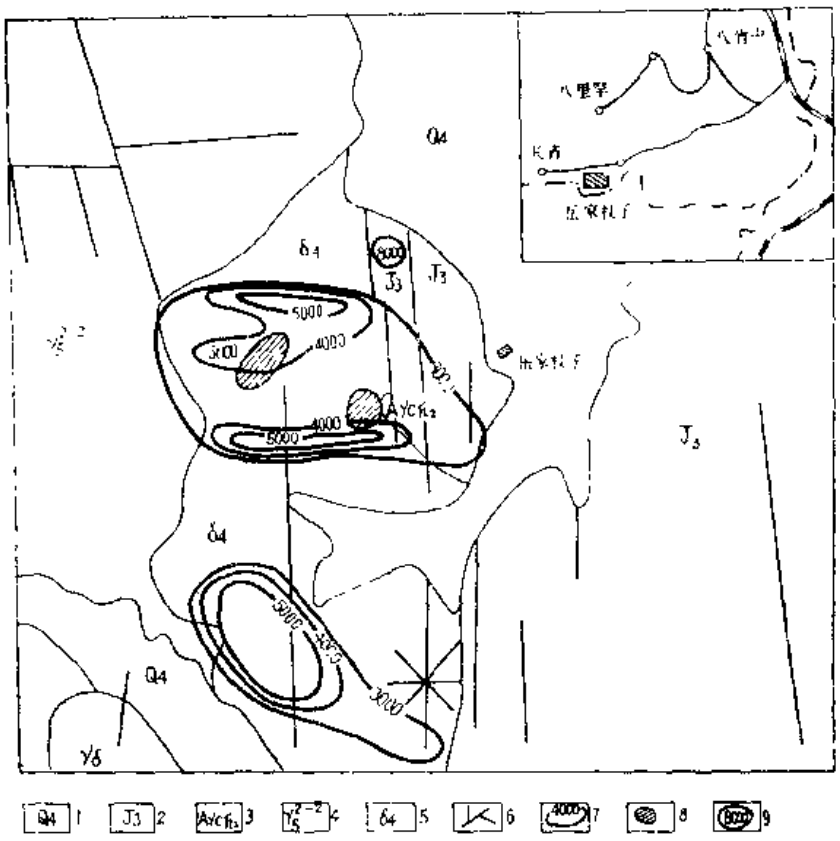


图 1　岳家杖子磷矿区地质及土壤地球化学异常图

1—第四系砂、砾；2—上侏罗统流纹石、安山岩；3—太古界片麻岩；4—燕山期花岗岩；5—海西期闪长岩；6—断层；7—磷元素次生晕异常；8—磷矿体；9—磷元素特高含量点

度不一，从几公分到几米。地形切割强烈，显示出侵蚀、剥蚀地貌的特征。

本矿区主要为一海西期闪长岩体。该岩体南北长2000米，东西宽300～700米，磷灰石矿体即产在该岩体中。闪长岩体西部有燕山期花岗岩侵入，东北部有上侏罗统（J_3）安山岩和凝灰岩及少量太古界斜长角闪片麻岩和角斜片麻岩，为断层接触关系。

闪长岩侵入体内，相变复杂。主要岩性有石英闪长岩、黑云母闪长岩，其次为中粒、细粒闪长岩；中粒、细粒黑云母闪长岩和混染黑云母闪长岩等。各岩石间成渐变关系，界线不清。

磷灰石矿体产在石英闪长岩内。岩性特征为：灰白色，深灰色，主要矿物有斜长石（60%）、角闪石（25%），其次为钾长石、条纹长石(2.5%)，石英（7%），及少量黑云母。付矿物为磷灰石、榍石、磁铁矿等。磷灰石成浸染状。晶粒长轴1～3毫米。

二、化探工作方法及资料整理

岳家杖子磷异常是在K—50—94—B头道营子幅进行1:5万土壤地球化学测量工作中发现的。

头道营子幅土壤地球化学测量的取样工作按500米×50米的测网进行。样品分布比较均匀。样品成分为残坡积物。取样深度10～20公分左右。全幅共取12067个样。所有样品均

进行光谱半定量分析，磷元素的报出下限为1000ppm。

没有按地质条件分为子区，而是把全部分析结果看作一个总体，进行分组统计，其分布特征的数值如表1。

磷元素含量统计分布表（ppm）　　表 1

含量分级	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	20000	30000
频数	9750	2880	311	137	13	26	1	12	3		8	4	2
累计频数	9750	12450	12761	12898	12911	12937	12938	12950	12953	12953	12961	12965	12967
频率%	73.80	22.10	2.60	1.06	0.10	0.20	0	0.092	0.023	0	0.061	0.03	0.015
累计频率%	73.80	95.90	98.30	99.26	99.46	99.66	99.66	99.75	99.77	99.77	99.83	99.86	99.88

从表上可以看出，以3000ppm作为异常下限，其累计频率已达99.26，置信度已很高。计算结果，算术平均值（X）约1000ppm，标准离差约1000ppm，按 $T=X+2\sigma$，则异常下限也应3000ppm。根据此数值全区共圈定16个磷异常。对其中规模较大的异常，又用化学半定量作了检查。在确认为异常后，投入地表地质检查工作，包括槽探和钻探。

三、结　　语

岳家杖子磷矿床规模虽然不大，品位也不高，但满足了地方工业部门对低品位磷矿的要求。开采和选矿均较容易，交通方便，这为地方化肥工业提供了磷矿资源。

在矿区南部还有一个磷异常，推测亦为磷矿体引起，有发现新矿体的可能。

岳家杖子磷矿床是通过土壤地球化学工作发现的。这表明金属量测量方法找磷是有成效的。关键的问题是，对已发现的较好的异常应及时地进行地质查证，做出客观的评价，切忌任何主观忆断。

苗龙金矿地球化学特征及其找矿意义

汪修经　　粟雨龙

贵州省地质局物探大队

苗龙原为一个锑矿点。解放前，曾有过少量开采，解放后未作过进一步的工作。直至1978年，我队在普查找矿工作中才首次发现该区锑矿石中含有金，十八件样品中有八件达到或接近边界品位，品位最高达15克/吨。与此同时进行的地球化学土壤测量，也在该地区圈出了与金有关的As、Sb、Cu、Pb、Zn等元素的异常。这一重要发现和进展，对该区找金矿工作起到了直接指示作用。不久，对区内化探异常进行了详细检查，用地表工程进行揭露，并配合地质填图，对构造进行追索。结果发现，这些化探异常均与含金断裂及金矿体有着密切的关系。

在这一矿床的发现和评价过程中，化探方法始终起了重要作用。我们知道，金这个元素在岩石中含量很低，又比较分散，而土壤中的金含量显然就更低了。在一般技术条件下，直接用金作为指标元素这在土壤测量中直接找金，是有一定困难的。此外，对金矿样品的碎样、加工、分析的要求均较高，费时又费工，往往拖延对异常评价的时间。因而，我们才通过研究与金有共生关系的其它金属元素的方法来寻找金矿，并取得了较好的实际地质效果。

一、地质简况

苗龙地区，在区域构造位置上处于江南古陆西南边缘拗陷带、新华夏构造体系与经向构造带的复合部位。区内有三条南北向断层（F_2、F_6、F_{11}）纵贯全区，与之斜交的有一组北北东向的褶皱断裂带。与这些构造相联系，发育有“入”字型构造（见图1）。

该区矿产较多。西部有已经或正在开采的大型汞矿床；北部有黄铁矿床（目前正为县办工业利用）；南部有多处铅锌、黄铁矿化点断续分布。区内沿F_2、F_6、F_{11}三条大断裂的两侧分布有小型锑矿化点数处，苗龙即为其中之一。

本区出露地层自上而下为：

下奥陶统
- 同高组（O_1tn）页岩
- 锅塘组（O_1g）条带状薄层灰岩

上寒武统三都组（ϵ_3s）层纹状、条带状、薄层状泥质灰岩、泥灰岩、灰岩及页岩夹泥质白云岩。

苗龙金矿位于F_2断层东侧、小寨—苗龙向斜的东翼及近轴部位。该向斜走向北北东，轴部附近岩层产状平缓。区内主要断裂有两组：一组为近南北向断层，断面向东倾斜；另一

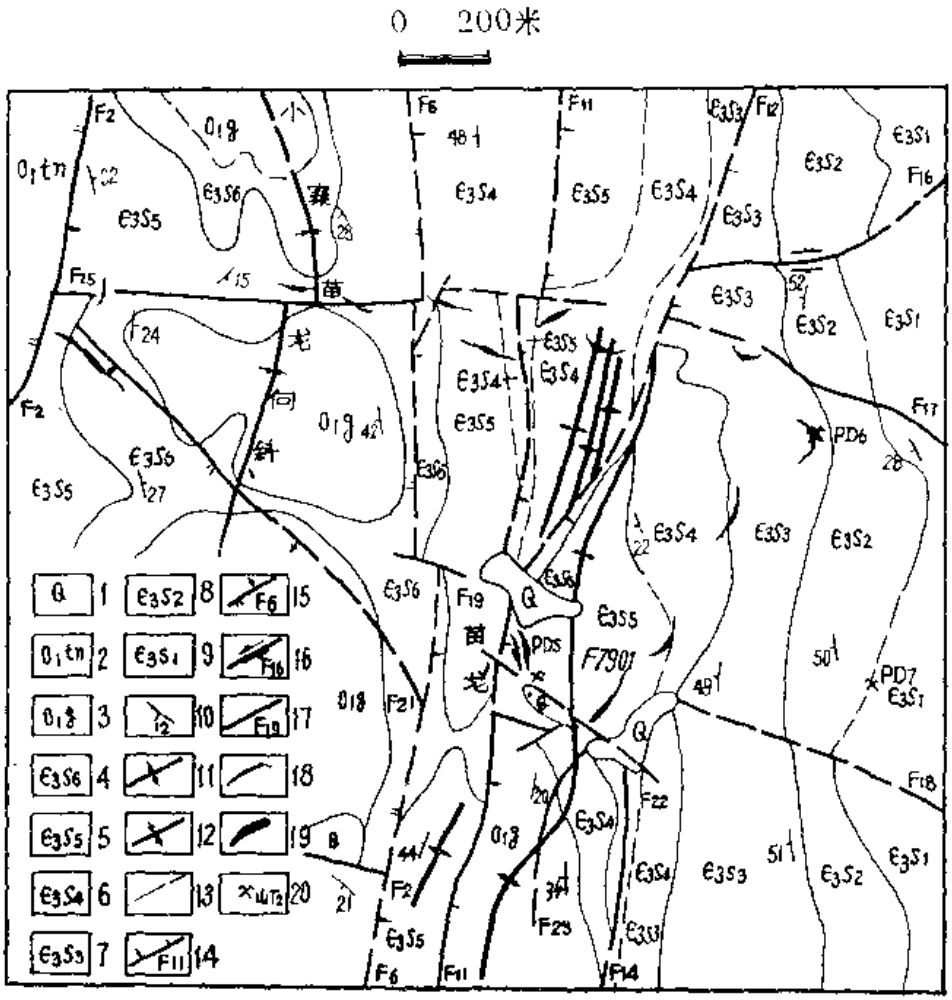


图 1 苗龙金矿地质图

1—第四系；2—间高组；3—锅塘组；4—三都组第六段；5—三都组第五段；6—三都组第四段；7—三都组第三段；8—三都组第二段；9—三都组第一段；10—地层产状；11—背斜；12—向斜；13—地层界线；14—正断层；15—逆断层；16—平推断层；17—性质不明断层；18—含金矿断裂；19—金矿体；20—锑矿开采硐

组为近东西向，它常切错南北向断裂。还有一些更低一级的走向为南北、南东及南西向的断裂，断距较小，挤压现象明显。按地质力学分类，这种断裂均属压扭性断裂。这是区内主要的含矿构造。

迄今，本区已查明的地表含矿断裂18条，其中圈出矿体11个。本区金矿化是与锑矿化伴生的。实际上，所谓金矿体，在地表明显地为锑矿体，当地老百姓常掘硐开采锑矿石。黄铁矿化（在地表为褐铁矿化）、硅化、重晶石化等蚀变现象是找金的地质标志。

二、地球化学特征

用刻线法*在地表矿化露头上采集岩石样品，用火法测定金的含量，同时用光谱分析其它元素。结果列于表1。

从表1不难看出：

* 类似刻槽方法的一种化探采样方法

含金和不含金岩矿石中微量元素含量　　表 1

Au 含量范围	编号	Au (克/吨)	As ppm	Sb ppm	Ag ppm	Ba ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
2—15 克/吨	31	14.65	10000	2000	3	10000	20	20	150
	30	6.91	10100	10000	1	>10000*	10	80	150
	24	6.36	10000	10000	1	1000	13	50	/
	17	3.52	8000	400	/	400	10	20	30
	16	3.36	10000	10000	2	400	20	400	1000
	21	2.88	10000	10000	1	300	13	80	800
	22	2.17	10000	5000	0.5	>10000	8	30	600
	27	2.33	6000	10000	4	600	100	100	300
平均		5.27	9250	7175	1.56	11580	24	96	379
1—2 克/吨	29	1.96	2500	300	/	800	7	23	100
	25	1.35	5000	800	/	1500	6	8	/
平均		1.66	3750	550	/	1150	7	16	50
<1克/吨	18	0.27	10000	10000	0.8	50	15	300	300
	19	0.46	4000	1000	/	500	8	23	20
	20	0.06	3000	700	/	300	10	80	100
	23	0.10	100	400	/	1200	6	3	/
	26	0.10	500	250	/	300	7	7	70
	28	0.12	10	600	/	400	4	2	/
	32	0.73	250	10000	/	>10000	10	27	/
	33	0.16	20	500	/	40000	4	3	/
平均		0.25	2235	2931	/	10380	7	56	61

*>40000者按40000计算，/示光谱未测出含量

1．含金高的样品（2～15克/吨）中含大量的As和Sb，其中As、Sb含量明显地比含金低（∠2 克/吨)的样品高；

2．含金高的样品中含有少量Ag（*n*ppm），但含金低的样品中几乎不含Ag；

3．含金高的样品中含少量的Cu、Pb、Zn，但含金低的样品中 Cu、Pb、Zn 的含量比含金高的样品要低得多。

据此可以看出，含金高的样品中的微量元素As、Sb、Ag、Cu、Pb、Zn 的含量都要比含金低的样品中的微量元素的含量高得多。因而认为，As、Sb、Ag 三个元素可以作为本区含金地质体（锑矿化脉体）的评价标志。

图 2 是一条通过一个金矿体的岩石测量结果的剖面图。图上标出了Au、As、Sb、Ag、Cu、Pb、Zn、的异常。从图上可以看出，在金矿脉的上方同时出现了 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn 的原生异常，且几个元素的异常复合较好。从图上还可以看出，As元素的异常含量高，异常宽，衬度大，异常明显。其次，是Sb异常，含量最低。

图 3 是土壤测量结果中As和Sb两个元素的异常平面图。从图上可以看出，As、Sb两个元素的次生异常大体上是一致的。异常的范围虽然不大，但基本上都能将矿体圈定在异常范围内。

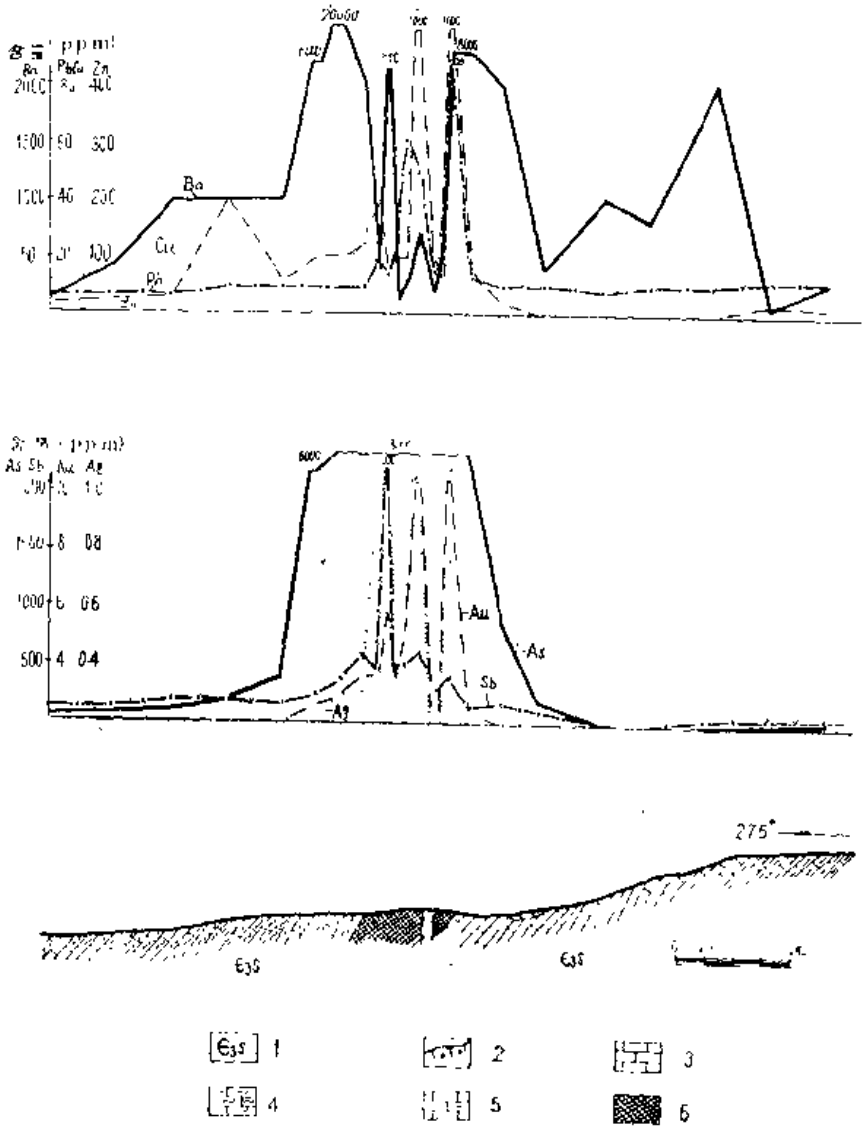


图 2　原生晕剖面图

1—上寒武系三都组；2—腐植土；3—石灰岩；4—层纹状灰岩；5—泥质灰岩；6—金矿体

以后，采用200米×200米的窗口，重迭1/2，对As元素的次生异常作了移动平均处理，结果示于图4。将图 4 与图 3 对比，可以看出，经过移动平均处理后的 As 异常，其规整程度比未经过处理的要好，其异常分布的态势更为清晰可见。当然，异常的总趋势并无多大改变。

从异常平面图上可以看出，异常的平面展布与构造的展布方向是一致的，不含矿的构造上无异常。据此可以进一步认为，三条近似南北向的大断层（F_2、F_6、F_{11}）不含矿，含矿构造应为次一级的东西向、北东向或北西向的小断层。

从土壤中的次生异常与岩石中原生异常比较来看，次生异常受地形影响，异常有一定位移，位移的距离受地形高差控制，但一般不超过20米。As比Sb迁移远，Cu、Pb 则更远。因而，可以运用次生异常圈定矿化带。

从异常分布来看，几乎所有的异常均分布在上寒武统三都组1～6段（ϵ_3S_{1-6}）中。三都组主要岩性为层纹状、条带状、薄层状泥质灰岩、泥灰岩、灰岩及页岩夹泥质白云

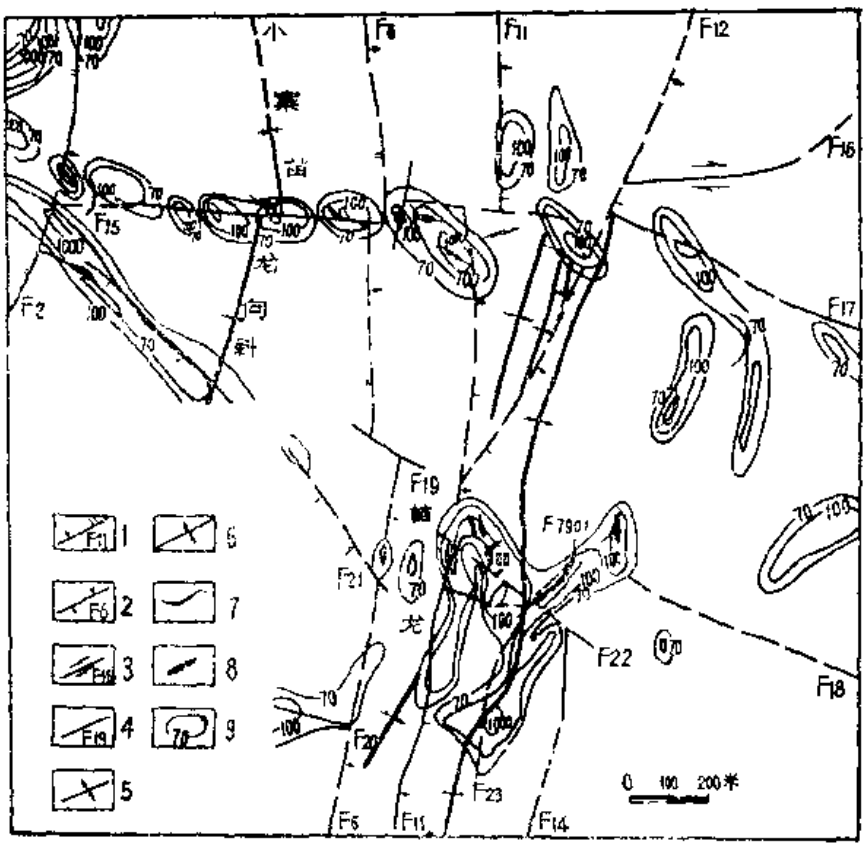


图 3（a）苗龙金矿地球化学土壤测量As元素异常等值线平面图

1—正断层；2—逆断层；3—平推断层；4—性质不明断层；5—背斜；6—向斜；7—含金断裂；8—金矿体；9—As元素含量（ppm）等值线

岩。这些围岩可以造成矿液上升时的良好的封闭环境，使矿液有可能富集，充填其中。

各元素异常均与断裂构造直接有关。而断裂带上的围岩蚀变较为明显，主要有硅化、重晶石化、黄铁矿化（近地表为褐铁矿化）。在硅化强烈的地段异常浓度较高，Au含量也较高。Ba异常与重晶石化基本吻合。含Au较好的As、Sb异常常伴有Ba异常。

异常元素的组合特征与含Au性有关。例如：PD_6、PD_2及F7901的三个异常属As—Sb—Pb—Cu型组合，其矿体中金含量较高。PD_7号硐上只有Sb—Cu异常，没有As异常，金含量小于1克/吨。

全区以As异常为主划分18个异常。其中：一级异常9个，As含量均大于1000ppm，最大值大于8000ppm，一般均有Sb、Ba、Pb等异常伴生；二级异常7个，As含量均大于100ppm，最大值为650ppm，一般均有Sb、Ba、Cu、Pb等异常伴生。

在这18个含Au异常中发现金矿体11个。这些金矿体，一般长30～200米，厚0.65～6米，平均品位5～8.7克/吨。据我队化验室提供的资料表明，该金矿为微细浸染型，矿化比较稳定粒度很小，最大直径仅二十几微米。该矿似乎与湘东石峡金矿类似，与美国卡林金矿亦有相似之处。

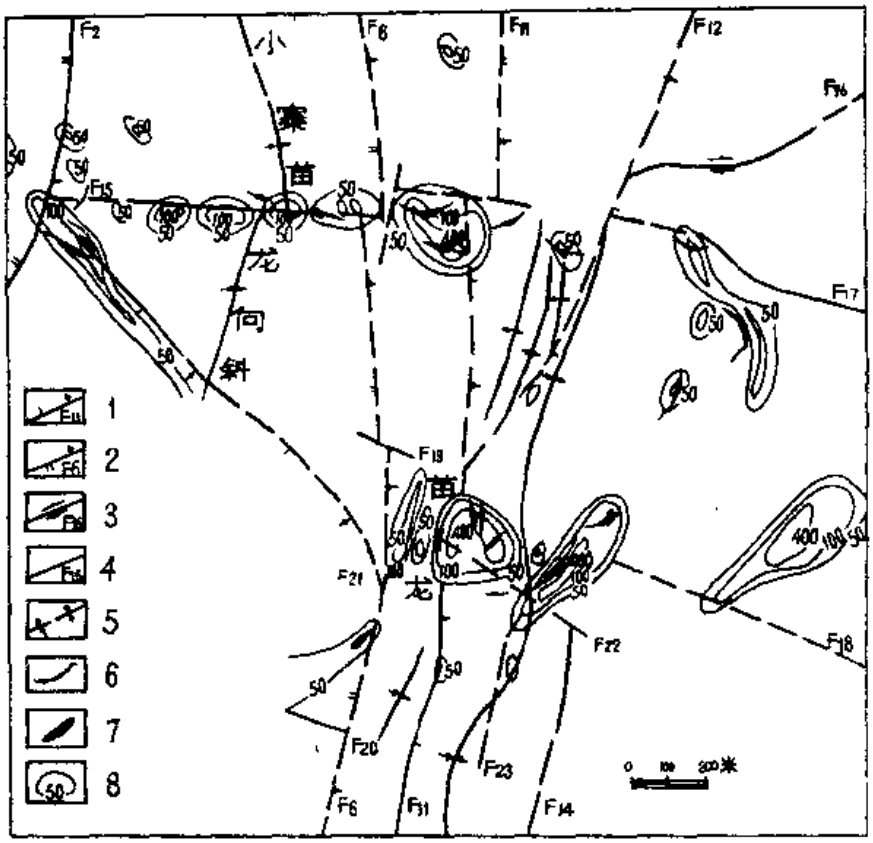


图 3（b）苗龙金矿地球化学土壤测量Sb元素异常等值线平面图

1—正断层；2—逆断层；3—平推断层；4—性质不明断层；5—背斜、向斜；6—含金断裂；7—金矿体；8—Sb元素含量（ppm）等值线

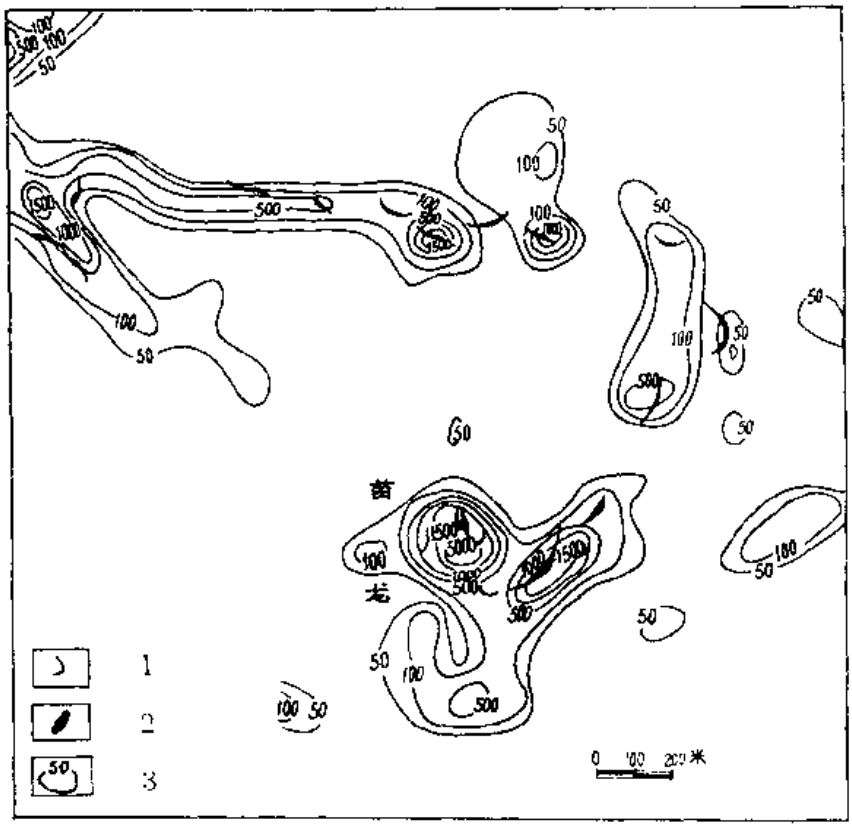


图 4 苗龙金矿地球化学土壤测量As元素滑动平均等值线图

1—含金矿脉；2—金矿体；3—As元素含量（ppm）等值线

三、结　语

在苗龙金矿的发现和评价过程中，化探方法确实起了重要作用，为该地区寻找同类型金锑矿，提供了一套可行的找矿方法。

1．采用露头评价的方法进行普查，可以迅速对脉体（含矿露头）的含金性作出初步评价。

2．大比例尺的土壤测量，利用与金矿化有关的微量元素的异常（As、Sb、Ag、Pb、Cu、Zn、Ba），结合地质普查，可以确定含金构造和含金构造的方向，以及含金构造中的金矿体。

3．As、Sb、Ag三个元素是找寻本区金矿的重要指示元素，也是含金性评价的重要指标。通过金的赋存状态的研究表明，金与毒砂矿物关系密切。

苗龙矿区位于一汞矿带的东侧。从区域上看，已知矿床、矿化点沿F_2断裂带断续分布，构成了一套中低温热液Hg—Sb—As等元素的水平分带；从构造、岩性看，与苗龙的地质环境类似，有些异常尚未封闭。因此，对找金是很有条件的。

本文在写作过程中得到地质部物探所邵跃同志及本队袁光宗同志的指导和帮助，作者在此表示谢意。

在次火山岩型金矿上的化探实验工作

陈存礼　　陈玉新

吉林省地质局物探队

本文介绍了北方火山岩地区利用地球化学探矿方法寻找金矿的效果和步骤，有一定实际意义。现简述如下：

一、地质及地球化学特征

文中所述地区位于老黑山一复兴金、多金属成矿带之南端，隶属北东向构造与东西向构造的复合部位。区内燕山期岩浆活动强烈，形成了从喷出-超浅成-侵入岩浆旋回。喷出岩以大面积中性、中酸性火山岩为主；次火山岩以闪长（安山）玢岩为主；侵入岩以闪长岩为主（见图1）。矿化及蚀变分别赋存于闪长（安山）玢岩内外接触带及其围岩喷出岩中。蚀变带呈东西向延伸，宽400～500米，长3000米。从蚀变类型可分为黄铁矿石英绢云母蚀变岩，青盘岩化蚀变岩。上述蚀变与金、多金属成矿作用关系密切。

金、多金属矿（化）体主要分布在黄铁矿石英绢云母化蚀变岩的深部，按矿物组合特征可以分为三种类型：

1．金铜矿（化）体：矿石矿物组合以黄铁矿、毒砂为主，并含少量黄铜矿、自然金等。自然金赋存于脉石矿物颗粒间隙中或呈包体。矿体中金的平均品位为6.39～7.55克/吨，银的平均品位为5.0～7.2克/吨，铜的平均品位为 0.22～0.68%。矿体金银比值近于 1 。金、铜有正相关趋势。铅锌含量低于0.04%。

2．银、金矿（化）体：赋存于蚀变破碎带中，围岩为青盘岩化安山质角砾凝灰岩。矿石矿物以黄铁矿为主，矿体中金的平均品位为3.97～5.84克/吨，银的平均品位为 33.2～348克/吨，铜的平均品位为0.09～0.45%，铅锌含量皆为0.01%，金铜无明显的相关关系，矿体地表出现明显的银、铅岩石地球化学异常。

3．铅锌矿（化）体：赋存于黄铁矿石英绢云母化蚀变岩中的碎裂部位。矿石矿物以闪锌矿、方铅矿、黄铁矿为主。锌的平均品位为 0.47～0.89%，铅的平均品位为 0.18～0.74%。铜含量低于0.04%。

本区海拔高度 800 米左右，由于植被覆盖面积大，降雨量大于蒸发量，地表径流发育，属半湿润中等切割的老爷岭山区的南部。在风化残积、坡积及河流沉积等母质层上发育起来的土壤一般可分为A、B、C三层。A层厚20～30厘米，黑色、结构疏松以腐殖质为主，B层厚40～70厘米，黄褐色结构较微密，以砂土、亚粘土为主，含下伏基岩碎块，C层厚50～100厘米或更深些，以下伏基岩碎块为主的含砂土呈黄褐色。

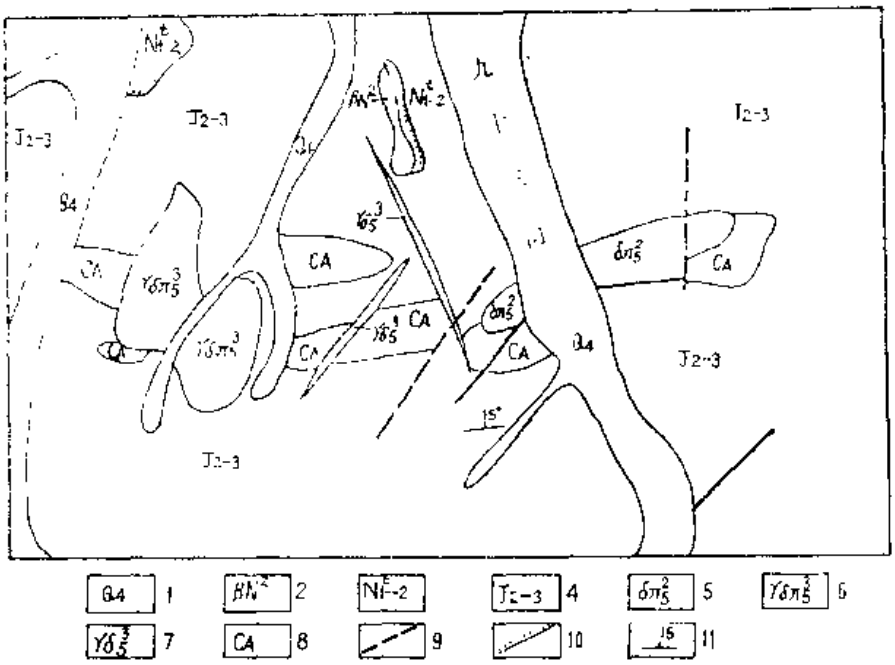


图 1 矿区地质图

1—砂砾岩；2—玄武岩；3—砂砾岩及泥砾岩；4—中性火山碎屑岩；5—蚀变闪长玢岩；6—花岗闪长斑岩；7—花岗闪长岩；8—蚀变岩；9—实测推测断层；10—不整合接触界线；11—地层产状

二、实验工作结果

（一）指示元素的选择考虑了以下四点

（1）被选择的指示元素应有较好的分析方法，以便能发现异常含量；

（2）该元素形成的异常具有较高的衬度，以便于识别异常；

（3）能形成一定规模的异常，便于发现异常；

（4）对矿体（化）有较好的指示作用或特殊的指示作用。

实验工作结果，在不同的矿化类型上方土壤中，出现不同的元素组合。在含金蚀变岩体上方，出现了明显的Au、As、Pb、Cu、Ag、Bi异常（见图2），有时有 Sb、Zn 异常；在含铅锌矿化的蚀变岩体上方，出现明显的Pb异常及较弱的As、Ag异常（见图3）。C层取样结果与岩石测量（原生晕）结果相近。

在土壤中以Pb、As异常规模最大，强度最高，衬度达 5～30。单一矿体或蚀变带形成的Pb异常一般为20米宽，最宽为50米。一般异常值为：B层0.01～0.02%，C层 0.02～0.03%，最高为0.2%。As异常宽度与Pb异常相同，As 只在C层才出现异常含量，一般异常值为0.02～0.04%，最高为0.6%。Cu和Zn只在Pb、As 异常处出现弱异常，有的甚至未出现异常。Ag、Bi、Sb由于分析灵敏度低，异常范围较窄，Ag、Bi异常最宽20余米。

（二）指示元素在土壤中的分布状态

基于本区表生环境的特征：降水量大于蒸发量，地表径流发育，土壤受淋滤作用较强，加之蚀变岩石中含有较多的黄铁矿，氧化后致使形成酸性土壤。从而使多数元素在表生带比较活泼。绝大多数指示元素在A、B层中发生贫化；在C 层富集（见图 4）。从图 4 可见，

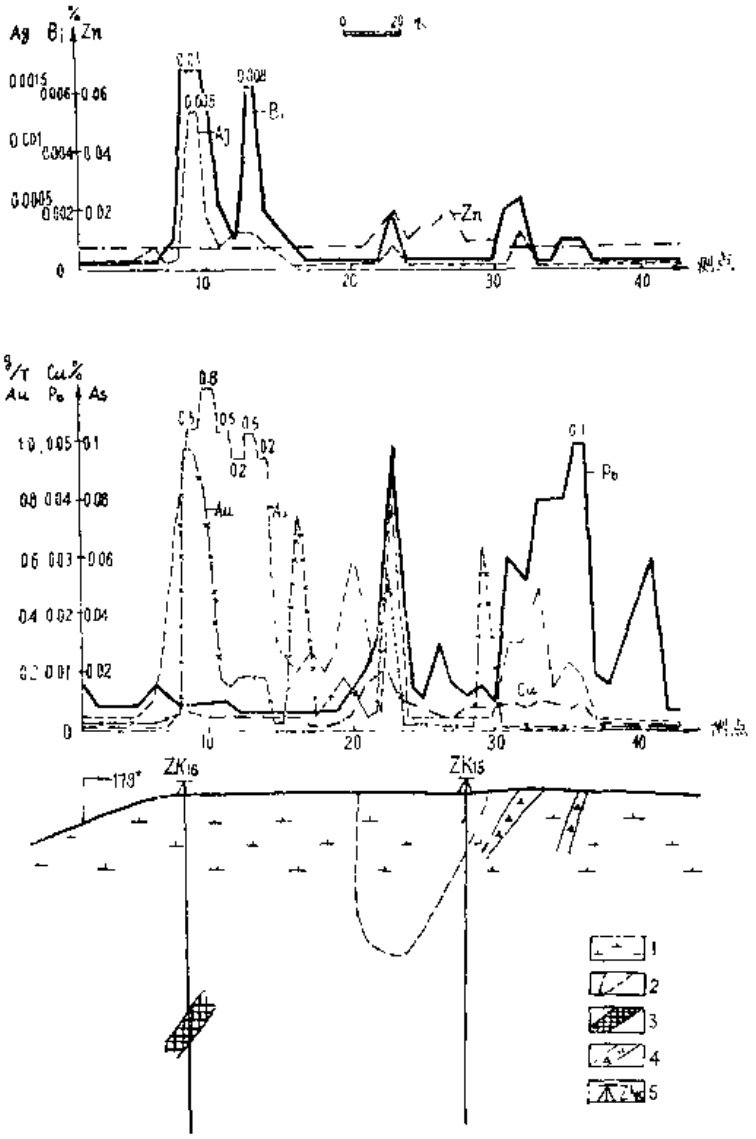


图 2　98线综合剖面图

1—闪长玢岩；2—青盘石化范围；3—金矿体；4—蚀变破碎带；5—钻孔及编 号

只有Pb 在A、B层有弱的异常含量(0.01%)出现。这是由于方铅矿在表生带氧化以后，与黄铁矿氧化时形成的硫酸作用而产生的白铅矿（$PbSO_4$）这一稳定的次生矿物避免了被大量淋滤。

黄铜矿、闪锌矿在表生带中是易于受到氧化淋滤的矿物。在有较多的黄铁矿氧化后产生的酸性环境中这一作用就更加显著了。尽管在C层取样，Cu 异常在含金蚀变岩石上方异常还是较弱，最高仅达0.01%，而Zn甚至在铅锌矿体上方也无异常出现（参见图 2、3）。

矿石矿物中的毒砂，尽管它氧化后可以形成在氧化带条件下相当稳定的臭葱石，但由于有较多的（5～10%）的黄铁矿，而黄铁矿氧化以后可以产生 H_2SO_4与$Fe_2(SO_4)_3$，在含H_2SO_4及$Fe_2(SO_4)_3$水的作用下，砷将被淋滤，臭葱石将被褐铁矿所取代。可见，砷在 A、B层无异常含量出现，只有在C层才出现异常含量。其余的元素Ag、Bi、Sb 由于这些元素的矿物在矿石矿物中含量不多，再加上这几种元素的分析灵敏度较低，只能发现它们形成的

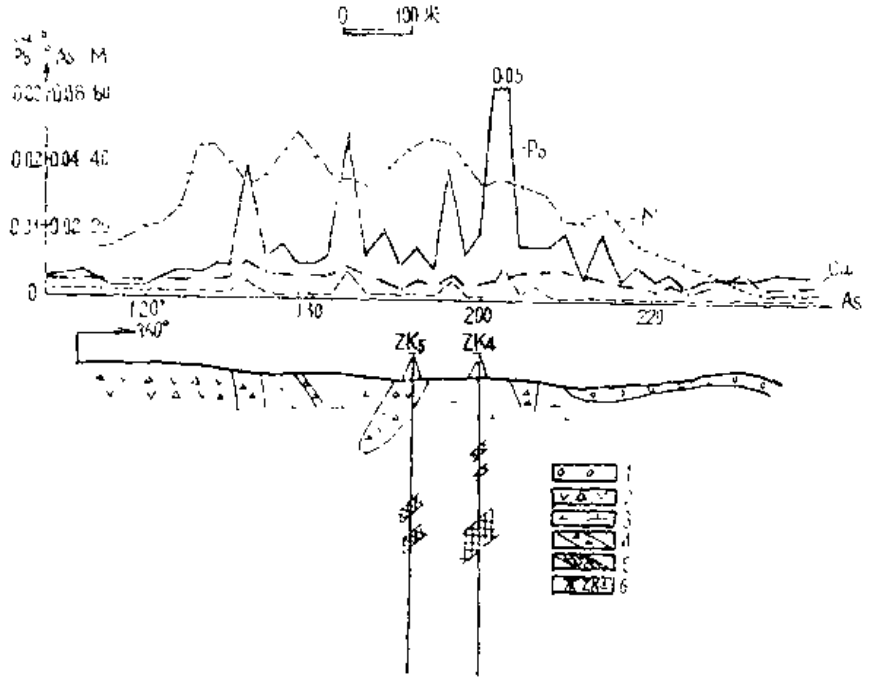


图 3　Ⅱ号综合剖面图

1—残坡积层；2—安山质角砾凝灰岩；3—蚀变闪长斑岩；
4—蚀变破碎；5—铅锌矿体；6—钻孔及编号

较强的异常。

对所取样品分别通过（－40、＋80）目、(－80、＋160）目、(－160）目三种粒度，分析结果表明，（－40，＋80）目粒度较不明显，(－160）目粒度异常最为明显（见图5)。

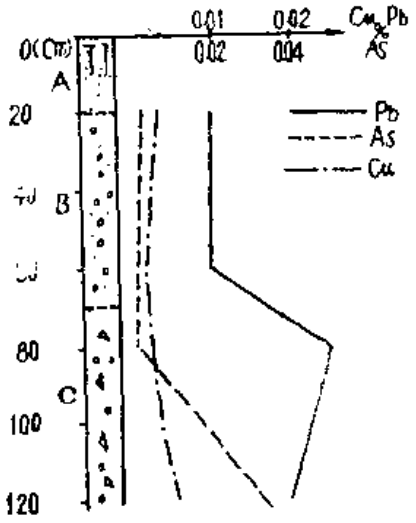


图 4　深度试验剖面图

取样点距的对比：

在已知含金蚀变岩上方进行了5米、10米、25米、50米点距的取样。结果表明，5米、10米点距的曲线反应最灵敏，特别是5米点距结果，几乎在各蚀变破碎带上方出现了Pb、As等元素异常（参见图2)。10米点距出现的Pb异常的宽度基本上与激发极化法 ηs 异常宽度相同（见图6）从图6可见两种异常宽度都近1000米，有趣的是Pb异常与 ηs 异常相比向北位移了250～300米，如果说Pb异常反应的是含矿蚀变岩在地表出露的部位的话，则 ηs 异常反应的可能是含矿蚀变岩的某一深部的相应位置上的金属矿化（按所采取的中梯装置的勘探深度推测为150～200米），两种异常产生位移是可以理解的。

25米点距的取样结果Pb、As异常范围表现得窄一些，但主要部位的异常还是明显的，异常的分辨能力较好。Ag、Bi异常虽窄，但也在主要部位出现了明显的异常。

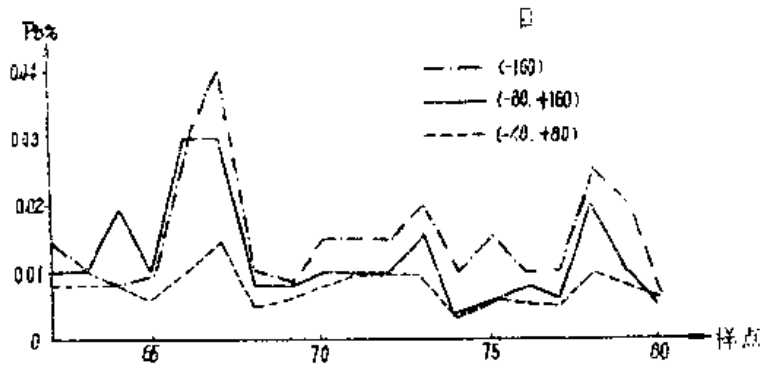


图 5　不同粒度对比图

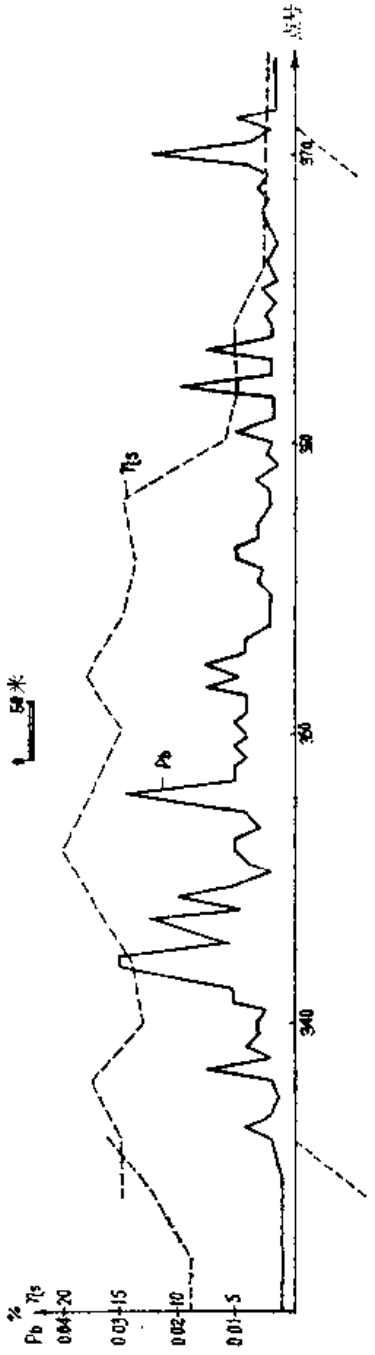


图 6　ηs与Pb异常剖面图（图中虚线表示含金蚀变带的宽度与产状）

50米点距的取样结果，Pb、As异常无论是强度还是宽度都不如25米点距的效果好。只在主要部位有孤立的异常存在，而 Ag、Bi、异常几乎消失（见图7）。

综上所述，圈定含金蚀变带以 25 米点距为好，从蚀变带中确定矿（化）体的部位以 5 米或10米为好。

激发极化法在寻找含金蚀变带的作用：

物性测定结果表明，在蚀变岩上有较高的η值出现（常见值2.4～18.4%），而未蚀变的岩石则η值均不高（常见值0.5～1.5），加之区内无含石墨岩石及碳质岩石，因此用激发极化法寻找含金蚀变岩具有较好的地球物理前提。

工作结果表明，在含金蚀变岩上方出现了明显的ηs（或充电率M）异常，异常值ηs值一般在15%左右（见图6）。因此，利用激发极化法可以有效的圈定出蚀变岩的界线。

合适的寻找含金蚀变岩的方案

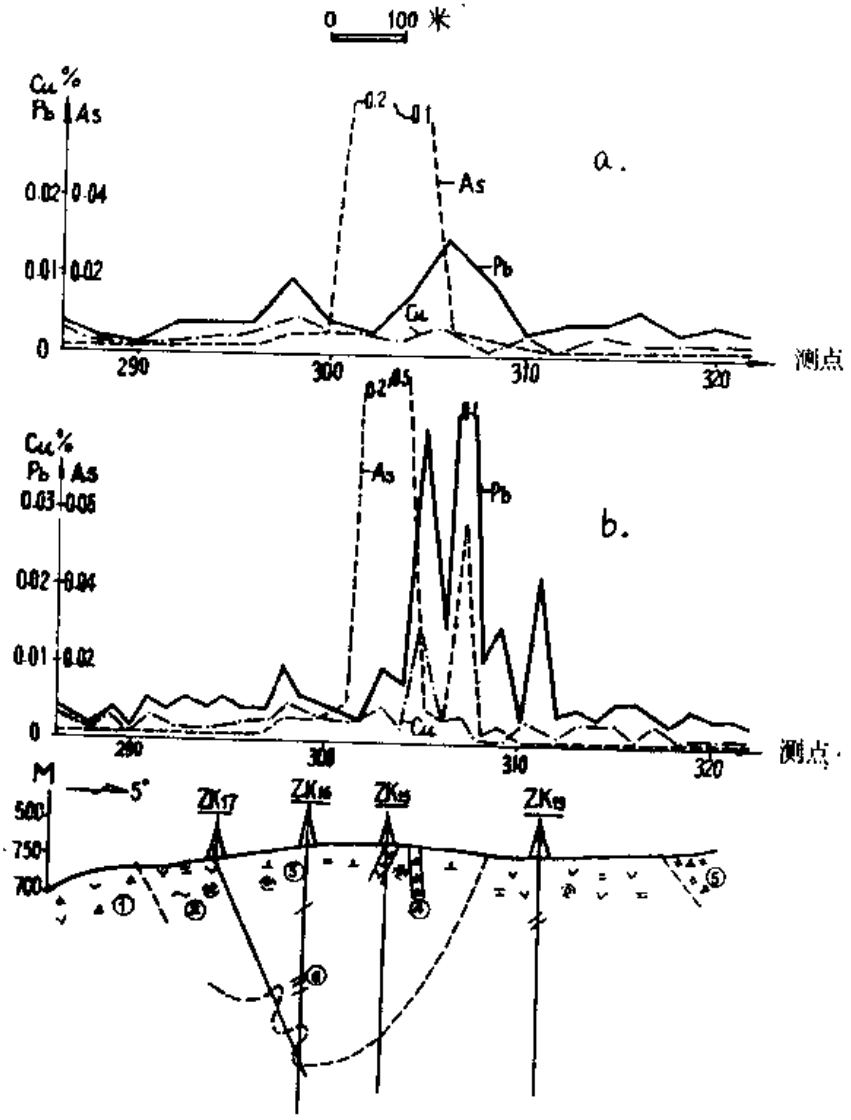
综合上述我们认为合适的寻找含金蚀变岩的方法步骤应是：

1．首先用激发极化法圈定出蚀变岩的范围，以缩小找矿的靶区；

2．然后在电法异常区内进行化探（以土壤测量为主，可以配合岩石测量）方法，确定电法异常是否为含金蚀变带引起，此时取样点距可为25米；

3．进一步在化探异常范围内及附近加密点距取样，以确定出露到地表的矿（化）体位置，此时点距可为 5 米；

4．用槽探，进而用钻探验证物化探得出的结果，并对解译应进一步用山地工程检验并具体圈定矿体的界线。



图（7）不同点距对比剖面图（a—50米点距，b—25米点距）

1—安山质角砾熔岩；2—蚀变安山岩；3—蚀变闪长玢岩；4—破碎带；5—安山质角砾凝灰岩；6—金矿体

三、结束语

1．在本区不同类型的矿（化）有不同元素组合。在含金蚀变带上方土壤中，有Au、As、Pb、Ag、Bi、Cu、Sb、Zn异常出现。在含铅、锌蚀变带上方土壤中有Pb异常及较弱的Ag、As异常出现。

2．指示元素的含量在土壤中，有随深度加深而增高的趋势，以C层0.6～1米深度为最佳。

3．指示元素富集于细粒土壤中，以（－160）目粒度中异常最明显。

4．合适的寻找金、铅锌异常区的方法步骤应是：激发极化法→化探（25米点距）→化探（5米点距）→槽深、钻探。