

两江铜矿区化探找矿效果

广西冶金地质勘探公司二七二队

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在批林整风和批林批孔运动的推动下，一九七二年六月以来，我队运用化探紧密结合地质，对两江铜矿点进行普查评价，效果良好。区内发现十五处化探异常，其中有些异常已查明为铜矿体引起，另一些见到了铜矿化，认为与铜矿体赋存有关。工作结果表明，本区是一具有远景的铜矿区。本文介绍区内运用化探寻找热液充填型破裂带铜矿床的效果。

一、地质概况

矿区位于广西山字型构造前弧西翼，某背斜南西翼中段。

区内出露地层主要为

寒武系浅变质泥质砂岩、页岩及铁锰质碳酸盐岩石。菱铁矿呈似层状产于碳酸盐岩相中。上覆泥盆系莲花山组砂岩，与寒武系地层呈角度不整合接触，其底部的石英砂岩，普遍见星点状铜矿化。火成岩主要为石英斑岩，多呈岩墙沿北东向产出。矿区主要构造形迹为断裂，次为东西向复式褶皱及一系列紧密褶皱。断裂构造以东西向压扭性断裂为主，是主要控矿构造。北东向张扭性断裂为部分石英斑岩和部分铜矿的赋存空间。

铜矿床属热液充填型，受断裂构造严格控制，矿体主要产于东西向压扭性断裂带中。矿石类型有致密块状和细脉浸染状。金属矿物以黄铜矿为主，次为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、黝铜矿、辉

表1

单矿物中元素含量分析 (%)

编号	矿物名称	采样位置	矿物纯度	元素含量 (%)									
				光谱			分光			析 (%)			
				Cu	Pb	Zn	Co	Ni	As	Ag	Cd	Bi	Sb
Cu-1	黄铜矿	108号窿	90%以上	>1	0.01	1.0~0.6	<0.001	<0.001	0.003	>0.003	0.02	0	<0.003
Cu-2		15号窿	"	>1	0.025	0.6~1.0	<0.001	0.03	0.1	>0.003	0	0	<0.003
Cu-3		30号窿	"	>1	0.006	0.6~1.0	<0.001	0.05	0.06	>0.003	<0.001	0	<0.003
Zn-1	闪锌矿	30号窿	"	0.02	>1	>1	0.001	<0.001	0.02	0.001	>3	0.02	0.003
Zn-2		30号窿	"	0.08	0.1	>1	0.001	<0.001	0.03	0.0005	>3	<0.003	0.003
Pb-2	方铅矿	108号窿	"	0.025	>1	1	0.006	0.003	0.015	>0.003	0.3~0.6	0.003	0.3
Fe-1	黄铁矿	1号窿	"	0.003	0.015	0.08	0	<0.001	0.6	0	0	0	0.08
Fe-2		12号窿	"	0.10	0.01		<0.005	0.001	>1	0.001	0	0	0.1

铜矿、孔雀石等，脉石矿物为石英及少量重晶石、方解石。矿体厚度5~20米不等。围岩蚀变见硅化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化、角岩化、叶蜡石化等。

二、指示元素的选择和异常背景值、异常下限的确定

(一) 指示元素的选择

据光谱扫视，矿石含铜、锌、砷、银、铅、钴、镍、镉、铋、锰等元素，为了解在其矿物中的分配情况以确定其找矿的指示意义，曾挑选一些单矿物进行光谱分析(表1)。

黄铜矿中有锌、银、砷及微量镍、锰，偶见镉和铅，钴、铋、锑不出现；闪锌矿含有铅、镉、银及微量铜、砷、铋、锰，而钴、镍、锑不出现；方铅矿含锌、银、镉、锑及微量铜、钴、铋，而砷、镍极微，锰不出现；黄铁矿主要有砷、锑、铜，微量铅、锌、银，而钴、镍、镉、铋、锰不出现。钴在上述几种矿物中，基本上不出现，但见于矿石中，显然是赋存于其它矿物中。可以看出，与铜常相伴出现的主要是锌、砷、银、铅、镍。为了解铜与这些元素在迁移和沉淀过程中的相互关系，采用二元线性相关分别计算了相关系数，并用司都顿检验确定其相关程度(表2)，结果表明，铜与锌、砷、

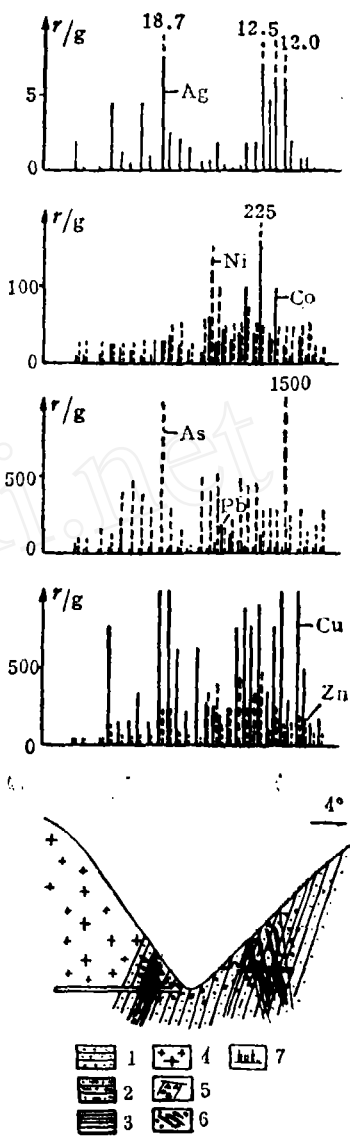


图1 2-6号剖面
1—砂岩；2—泥质砂岩；3—页岩；4—石英斑岩；
5—断裂带；6—矿体；7—原生晕元素含量

元素相关系数计算结果 表2

元素对 相关系数 检验值	Cu—Co	Cu—Ag	Cu—Ni	Cu—Zn	Cu—As	Cu—Pb
I号铜矿带	0.56 $t=5.67>$ $t_{0.05}=2.0$	0.67 $t=8.88>$ $t_{0.05}=2.98$	0.65 $t=8.36>$ $t_{0.05}=1.98$	0.50 $t=4.12>$ $t_{0.05}=2.01$	0.49 $t=5.42>$ $t_{0.05}=1.98$	0.207 $t=1.94<$ $t_{0.05}=2.0$
II号铜矿带	0.99 $t=59.1>$ $t_{0.05}=2.0$	0.73 $t=9.44>$ $t_{0.05}=1.99$	0.92 $t=20.76>$ $t_{0.05}=1.99$	0.41 $t=3.94>$ $t_{0.05}=1.99$	0.41 $t=3.54>$ $t_{0.05}=2.0$	-0.104 $t=0.98<$ $t_{0.05}=1.99$
III号铜矿带				0.76 $t=8.27>$ $t_{0.05}=2.02$	0.48 $t=3.37>$ $t_{0.05}=2.02$	0.5 $t=0.89<$ $t_{0.05}=2.02$

元素浓度背景值异常下限

表3

类别	岩性	背景值 (Y/g)							异常下限 (Y/g)						
		Cu	Pb	Zn	As	Mn	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Mn	Co	Ni
原生晕	寒武系砂页岩	46	26	70	20	738	21	30	100	65	125	60	1250	37	50
	石英斑岩	25	7	19					80	67	60				
次生晕	土壤	13	32	13	35	15			65	54	40	100	500		

银、钴、镍关系密切，为正相关，认为这些元素在成矿、成晕过程中与铜是共迁移共沉淀的，铜与铅则表现为时而相关，时而不相关，可能与热液活动的多期性有关。图1是一条实测的原生晕剖面，示出在已知矿体上方各元素晕反映的清晰程度。其中铜、砷、银晕最清晰，锌晕和钴、镍晕微弱，钴间或有突变异常，铅在矿体上方基本上无异常，而在其围岩则有微弱晕。这种呈晕现象，在一定程度上反映出它们各自的渗滤迁移能力。

综合上述，本区化探找矿选定铜为直接指示元素，锌、砷、银为主要间接指示元素，铅、钴、镍为次要间接指示元素。在实际应用中，原生晕分析铜、锌、铅、砷、银、钴、镍，次生晕分析铜、锌、铅。

(二) 异常背景值和异常下限的确定

为确定异常背景值和异常下限，利用区内不同围岩以及土壤中元素的正常浓度以数理统计学中的有关公式和方法，分别进行计算，结果示于表3。

顺便指出，石英斑岩中铜、铅、锌的背景含量均低于寒武系砂页岩，所以，认为石英斑岩是本区成矿母岩的认识值得怀疑。从统计结果看出，作为本区主要围岩的砂页岩，含锰较高，考虑到干扰，故不取锰作为寻找铜矿的间接指示元素。

鉴于本区的主要围岩是寒武系砂页岩，

原生晕浓度Y/g分带

表4

	Cu	Pb	Zn
内带	> 1000	> 500	> 1000
中带	300~1000	200~500	375~1000
外带	100~300	65~200	125~375

因此以其元素含量背景值和异常下限作为区内原生晕的背景值和异常下限。

本区原生晕浓度分带，大体上以元素各自异常下限的1~3倍、3~10倍和大于10倍三个浓度区间分为外带、中带和内带三级。在寒武系地层中，铜、铅、锌的浓度分带区间见表4。

三、表生地球化学环境中元素的迁移

矿区属中高山区，海拔在500米以上，最高达千余米，气候温暖潮湿，雨量充沛，地表植物繁茂，原始阔叶林遍布。区内地形切割剧烈，沟谷纵横，构成山脊的莲花山砂岩，多成陡崖，寒武系地层形成30~50°坡角的山坡，贯穿矿区东西之河谷两侧，绝壁常见，使矿区呈现“U~V~U”复合型宏观地貌，这些因素影响着本区的成壤过程和元素的表生迁移。

本区土壤由腐植层、残坡积层和崩积冲积物构成，而以残坡积层为主。残坡积层多分布于山顶及山坡，分布面较广。腐植层覆盖于残坡积层之上，在原始林分布地段特别发育。崩积物常见于崖壁脚下，冲积物仅见于沟谷地。区内腐植层较发育，形成大量有机酸，由于天然降水垂向渗透作用显著，使土壤常含有有机酸、游离氧和碳酸气的溶液，有较强的氧化和溶解能力。据粗略测定，土壤的pH为4~5。在本区表生地球化学环境中，铜、锌主要呈盐晕分散，铅则以机械分散晕为主。

表征铜、锌、铅元素在表生环境中迁移状况的残余系数 U_{α} ，计算结果：

铜： $U_{\alpha} = 0.67$ ，锌： $U_{\alpha} = 0.53$ ，

铅： $U_{\alpha} = 0.96$ 。

由此可知,铜、锌在表生作用下受到严重贫化,而以锌更甚。铅则趋于平衡。

图2是本区西部土壤中元素浓度垂向变化的一个剖面,铜、锌浓度愈接近地表贫化愈严重,这是受土壤介质的强烈淋滤作用所致。从土壤层位看,B层比C层淋失尤甚。因此,在本区条件下,B层愈发育,铜、锌次生晕在地表显示愈微弱。在评价铜、锌次生异常时,不能只看浓度的大小,必须结合异常所在地段土壤的发育情况来考虑。铅自下而上浓度无大变化,不受土壤介质的影响,结合表生环境中迁移趋于平衡的特点,认为可以从铅次生晕的浓度大小评价铅次生异常场源铅的矿化程度。

从整个矿区来说,土壤发育是不完整的,B层尤不发育,往往和C层无明显界线,或是B层缺失,A层直接覆盖于C层之上。本区在次生晕采样时,多采至B、C混合层或C层,因而获得的次生异常浓度,多数显示清晰。

由于区内地形复杂,晕常位移,形态复杂。靠近莲花山地层构成壁崖的地段,受莲花山崩积物的覆盖,致使晕难达地表,但仅是局部现象。

四、原生晕矿致晕的成晕特征和晕的判别分析

(一) 矿致晕的成晕特征

1. 晕的分布、形态 本区铜矿体严格受断裂构造控制,原生晕亦沿断裂带发育。

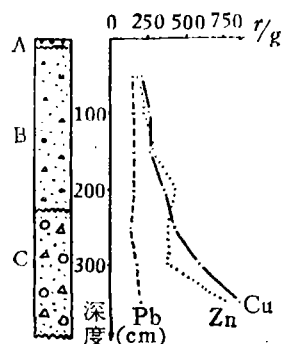


图2 土壤中元素浓度垂向变化

由于金属元素以沿断裂、裂隙、片理渗滤运移为主,向两侧围岩扩散成晕规模小,致使晕呈狭长带状沿一定方向展布。区内矿致晕带均呈东西向或北东向延伸,晕带上有横向膨胀或晕呈“人”字形分布的地段,反映了控矿断裂、裂隙带的横向发育或是两组控矿断裂的交汇,是矿体变厚或矿体密集的地段。

2. 晕中元素的组合和浓度 矿致晕以多元素综合晕为特征,综合晕的元素组合为铜、锌、砷、银、铅、钴、镍,而以铜、锌、银、砷组合为常见。晕的浓度衬值以铜、砷、银较高,锌晕和钴、镍晕表现微弱,铅晕时而不出现,时而微弱,时而显示突变异常。综合晕组合元素的浓度下限一般为(γ/g):铜300、砷200、银3、锌150、60、镍80,铅晕不稳定。铜晕大于500 γ/g 、钴银晕大于10 γ/g ,是近矿标志,地表可见到矿化。

(二) 矿致晕和非矿晕的判别分析

运用判别分析的方法,以已知的矿致晕和非矿晕作为不同母体,求出判别函数临界值 R_0 ,作为区分矿致晕和非矿晕的地球化学指标之一。

在运算中,以已知的矿致晕为A母体、已知的非矿晕为B母体,以铜、铅、锌浓度为变量,计算结果如表5。

计算结果表明,矿致晕和非矿晕的判别函数 R 以判别函数临界值 $R_0 = 4.7$ 为界有明显的分离,矿致晕 R 值大于 R_0 ,非矿晕 R 值小于 R_0 。

(三) 铁帽原生属性的判别

本区表生地球化学景观,有利于原生矿体氧化而形成铁帽。铁帽类型有两种,一是由硫化矿(铜矿)氧化形成的铁帽,一是由菱铁矿氧化形成的铁帽,这两种铁帽组份区别不明显。判断铁帽的原生属性,对本区找矿很有意义。为此,亦运用判别分析的方法,计算其判别函数临界值 R_0 ,作为判别铁帽属性的一个标准。

表6是以已知铜矿铁帽为A母体、已知菱铁矿铁帽为B母体,选择锰、铜、钴和锰、

矿致异常与非矿异常判别分析计算果表

表5

异常性质		矿致异常			非矿异常			待判别异常							
异常编号		②-2	②-1	①	④	④	④	①	②-3	②-3	②-3	②-4	②-4	②-4	④
计算线号		2-6	A ₁₀	11	50窿	53窿	56窿	1-4	35窿	36窿	2-4	25	2-5	K64	59窿
判别母体		A	A	A	B	B	B								
Cu Pb Zn 元素组	λ_1	68.8													
	λ_2	-45.8													
	λ_3	-31.7													
	R	20.9	24.4	26.8	-25.4	-11.6	-7.8	8.6	20	33	7	21	36	28	8.1
	R ₀	4.7			4.7										
判别结果		已知			已知			矿致异常							

铜、铅两组元素浓度为变量计算所得结果。

显然,两种铁帽的判别函数R,以判别函数临界值 $R_0(Mn, Cu, Co) = -10.0$ 和 $R_0(Mn, Cu, Pb) = -16.43$ 为界,得到明显分离,R值大于 R_0 值者为菱铁矿铁帽,R值小于 R_0 值者为铜矿铁帽。

综合上述,得出如下认识:

(1) 晕的分散模式表示为纵向延伸大、横向不发育的长条带状,晕为多元素综合晕,晕中出现铜、砷、银、锌、铅、钴、镍,或出现铜、砷、银、锌,视为矿致晕,铜晕大于500Y/g,银晕大于10Y/g是近矿标志。

(2) 综合晕带上有横向膨胀或呈“人”字型分布的地段,是矿体变厚或矿体密集的地段。

(3) 进行判别分析,待判别异常的判别函数R,大于 $R_0(Cu, Pb, Zn) = 4.7$ 为矿致异常,反之则为非矿异常。

(4) 进行判别分析,待判别的铁帽的判别函数R大于 $R_0(Mn, Cu, Co) = -10.0$ 和 $R_0(Mn, Cu, Pb) = -16.93$ 者为

菱铁矿铁帽,反之为硫化矿(铜矿)铁帽。

五、地质效果

(一) 圈定含矿断裂带, 扩大找矿远景

②号异常带是本区的主要异常带,由铜、铅、锌组成一长2000米的次生综合晕带,呈东西向展布。铜晕中100Y/g等值线从2-6剖面向东延续达1600米,以200Y/g等值线各自闭合,构成三个异常,西部的一个异常则与①号异常带汇合。铜晕浓度最大达1000Y/g。锌晕主要分布于晕带的中段,东段仅显示零星低弱晕。铅晕则呈多个异常断续分布,铅、锌浓度不高,最高仅200Y/g。其中②-2异常处,是已被揭露的铜矿体,该处民窿较多,矿富,矿体主要受东西向断裂控制,呈脉组分布。晕带恰处于已知矿及其延长线上,晕的展布特点和规模表明,成矿断裂构造带向东西向特别向东大大延伸,是找矿的有利地段。经实地踏勘、槽探和浅坑验证,证实晕带展布地段是一长达2000余米的东西向压扭性含矿断裂带,从而打开了本区铜矿的找矿前景(图3)。

铁帽原生属性判别函数计算结果

表6

判别母体	Cu、Pb、Mn 元素组					Cu、Co、Mo 元素组				
	λ_1	λ_2	λ_3	R	R ₀	λ_1	λ_2	λ_3	R	R ₀
铜矿铁帽(A)	-5.25	-1.68	0.934	-21.4	-16.93	-4.53	-1.14	1.58	-14.3	-10.0
菱铁矿铁帽(B)				-11.8					-6.6	

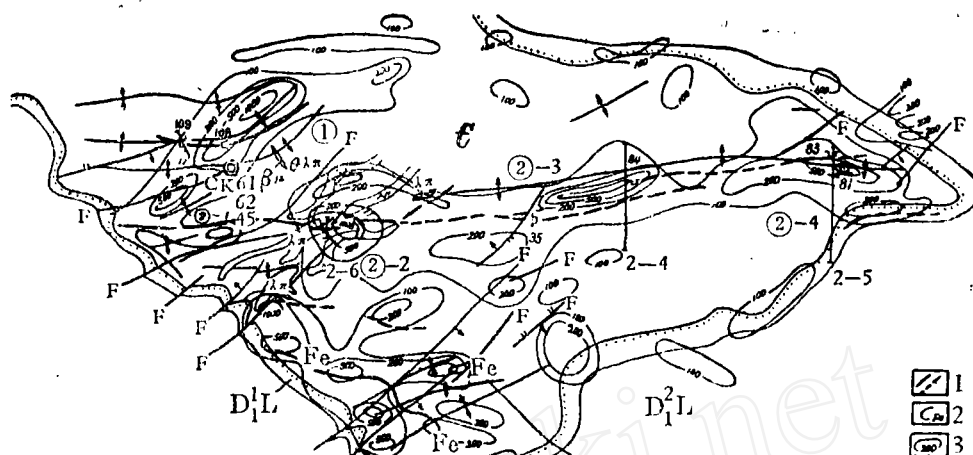


图3 两江铜矿化探次生晕铜元素地质综合图

D_1^2L —下泥盆统莲花山组泥质砂岩； D_1^1L —下泥盆统莲花山组石英砂岩； C —寒武系中统砂页岩； $\lambda\pi$ —石英斑岩； $\beta\mu$ —辉绿岩；1—铜矿体和铜矿化带；2—菱铁矿层；3—次生晕铜元素等值线（ γ/g ）

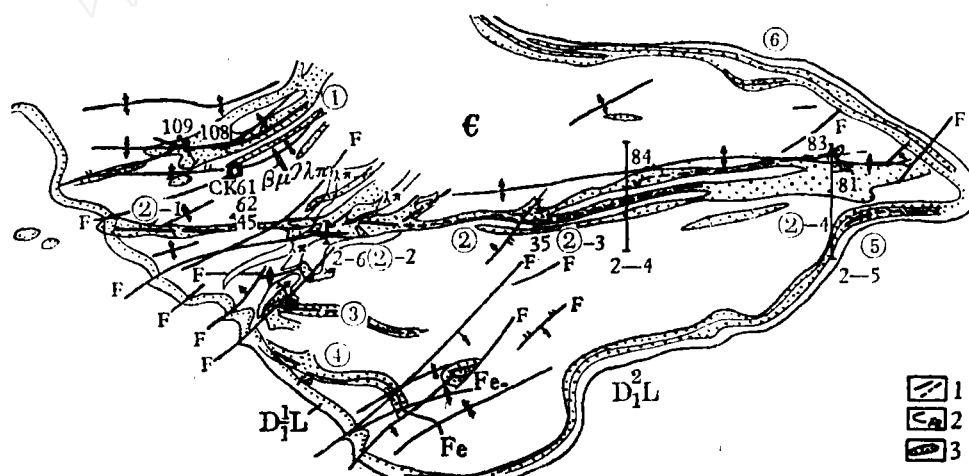


图4 两江铜矿化探原生晕铜元素地质综合图

D_1^2L —下泥盆统莲花山组泥质砂岩； D_1^1L —下泥盆统莲花山组石英砂岩； C —寒武系中统砂页岩； $\lambda\pi$ —石英斑岩； $\beta\mu$ —辉绿岩；1—铜矿体和铜矿化带；2—菱铁矿层；3—原生晕Cu元素异常（在 C 中 $\geq 100\gamma/g$ ，在 D_1L 中 $\geq 50\gamma/g$ ）

原生晕带是以铜晕为主的综合晕带，铜晕带严格沿东西向断裂带发育，长达2140米，晕的形态不稳定，横向膨缩现象相间出现。膨胀部位大体等距离分布，致使晕带形似藕状。在晕的膨胀地段，铜晕出现内、中、外三级浓度带，而收缩地段则缺少内带或中带。锌晕在铜晕的膨胀地段，或出现内、中、外带，或出现中、外带，或仅出现外带。铅晕除在②—2膨胀段出现内、中、

外带以外，其余则缺少内带。晕的分布特征，反映了元素具一定分带现象。从晕中元素组合、浓度和展布特征分析，认为晕带上的四个膨胀浓集带属矿致晕；而收缩狭长地段属矿化晕，或属远程矿致晕，尚待研究（图4）。通过原生晕工作，详细圈定了含矿断裂带的准确位置，指出矿体可能赋存和密集的地段，从而进一步缩小了地质找矿评价“靶区”。

(二) 扩大已知矿体规模

①号异常带,由铜、铅、锌组成次生综合晕,长800米,呈北东向展布,铜晕浓度达1000Y/g,锌晕与铜晕相吻合,晕值低,仅100余Y/g,铅晕主体相对铜晕向北有较大偏移,晕值高达500Y/g。铜、锌晕的展布与北东向成矿断裂方向相一致。晕的中部,由民窿揭露,已知矿体长约200余米。显然,该异常属矿致异常,但从晕的展布规模、形态,结合地貌条件分析,已知的铜矿脉,表生分散不足形成如此规模的铜晕,因而认为在其旁侧应有矿脉组存在,矿体向两端仍有延伸(图3)。

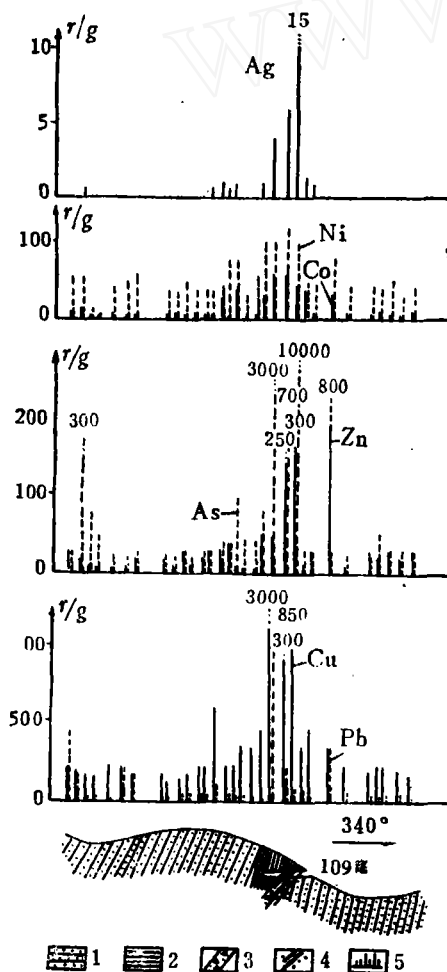


图5 11号剖面

1—砂岩; 2—页岩; 3—断裂带; 4—矿体;
5—原生晕元素含量

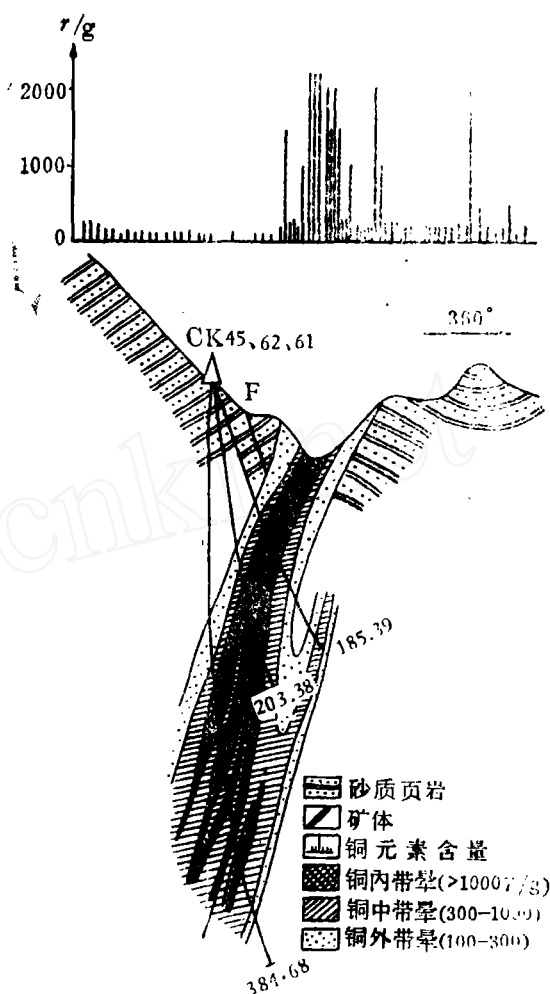


图6 2号剖面铜原生晕地质综合图

从原生晕看,晕带沿北东向断裂带发育,呈带状分布,为多元素综合晕。已控制晕带总长近720米,铜晕内、中、外带均出现。锌晕出现中、外带,与铜晕内带吻合,铅晕则断续分布。在中段,铜中带晕膨胀而使晕幅变宽。除上述元素晕外,尚有砷、银、钴、镍异常。据晕的展示推断,晕的形成除与已知矿段有关外,向西方向,矿带仍有较大延伸(图4),从铜、银出现高浓度(铜3000Y/g,银15Y/g)这一现象表明,矿体已近地表。经109号线浅窿验证,见到矿体(图5),证实了这一推断,扩大了矿体规模。异常中部综合晕带的横向膨胀,表明矿带厚度增大,108号窿穿脉掘进,已见矿厚达9米,矿体尚未穿透。CK61、CK62、CK

45三个钻孔作深部验证,均遇见矿体,且矿带厚度有所增大(图6)。

(三) 发现新矿体

②—1异常位于东西向主断裂带西端,次生异常不发育,铜晕浓度仅200Y/g,无铅、锌晕。经原生晕工作,则获得较完整的

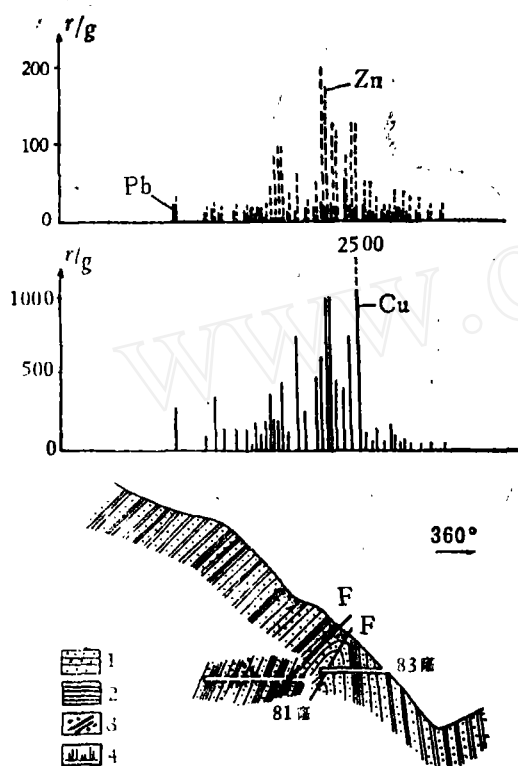


图7 2—5号剖面

1—砂岩; 2—页岩; 3—矿体; 4—原生晕元素含量

综合晕带,构成②号异常带原生晕横向膨胀地段之一。铜晕出现内、中、外带,且连续。锌晕出现中、外带,与铜晕内带相吻合。铅则分成两个形状截然不同的晕圈,东部的铅晕呈条带状,与铜内带晕相吻合。而西部铅晕,呈孤立的蚌壳状。从整个异常反映特点及其处于有利的成矿构造来判断,认为属矿致晕。随后,在铜晕的内带部位,打了两个浅窿,均遇见矿体,有待于深部评价(图3、4)。

②—4异常位于东西向主断裂带东端,次生晕由铜、铅、锌组成综合晕,铜晕浓度高达1000Y/g,铅、锌浓度分别为200和50Y/g,以铜晕200Y/g等值线圈定,晕长500米,宽80米。从原生晕剖面看(图7),铜晕横向连续性好,晕值最高达2500Y/g,锌晕相应出现,晕值近200Y/g,铅晕微弱,晕值60Y/g左右。经踏勘,地表已见铜矿化。据判别分析结果,晕的判别函数 $R=28$ 和 36 ,大于判别函数临界值($R_0=4.7$) (表5)。认为该异常属矿致异常(图3、4),经83、81号浅窿验证,见到强烈铜矿化和矿体。

区内化探工作仍在进行,其它异常有待进一步研究。以上是据目前所获资料得出的初步认识,因水平有限,错误难免,请予批评、指正。

(上接第27页)

②将各相邻的三个见矿孔连成若干三角形(尽可能为等边三角形)块段,并根据各块段的实际控制程度确定储量级别;

③求出各块段铅垂厚度的平均值、水平投影面积、体积、体重、矿石量、平均品位和金属量。

此法适用于倾角较小的层状、似层状或透镜状矿体。如矿体产状较陡,可在垂直投

影面或与矿体大致平行的斜面上用同样的步骤圈定矿体和计算储量。

矿体的空间位置和形态,可用矿体顶、底板等高线来表示。

参考文献

- ①杨开渠:矿体产状不稳定时绘制剖面图和中段平面图的方法。《地质与勘探》1974年第3期第35~36页。
- ②曾群望等:根据钻孔资料计算矿体真厚度公式的探讨。《地质与勘探》1974年第8期第35~37页。