

18-21, 32

铜山铜钨矿控矿因素及找矿建议

p618.410.2
p618.670.2

王朝义

(冶金工业部华东地勘局综合地质大队·马鞍山·243000)

铜山铜钨矿是一个富含 Cu、W、S、Ge、Ag、In 等元素,具较高经济价值的中型夕卡岩型矿床。从矿床地质特征入手,分析其独特的控矿因素,提出在该区寻找此类矿床的几点建议。

关键词 铜钨矿床 控矿因素 找矿建议 安徽铜山

铜矿床

铜山铜钨矿是皖东南一带迄今所发现的唯一达中型规模的矿床。其产出条件独特、主矿体埋藏浅,储量集中,综合利用元素多,矿区水文地质及工程地质条件简单,经济价值高。

山,EW 长近 30 km,SN 宽 15 km,面积 450 km²。本区在大地构造上虽属下扬子拗陷带,但在成矿及赋矿量上与长江中、下游金属成矿带截然不同。前者成矿类型以单一的夕卡岩型为主,矿种为 Cu、W、S、Mo 等,至今被发现的矿床数量少且规模小;而后者矿床类型较多,有夕卡岩型、斑岩型、玢岩型等,矿种以 Cu、S、Au、Fe、Pb、Zn 为主,矿床数量多且规模大。

1 区域成矿地质背景

1.2 地层岩性与矿化关系

1.1 概况

矿床产于下扬子拗陷带与江南古陆过渡部位的东南缘隆起区。南侧以江南深断裂为界,往南则为江南古陆;东、西、北均为断陷区,沉积白垩系地层。整个断隆区褶皱西起宣城新河庄,东至江苏高淳秀

本区地层与下扬子区相似,但各组沉积建造内含矿元素的丰度值却远不如铜陵、九瑞、安庆、宁镇等地(见表1),难以成为矿源层。

表1 相邻区域地层主要成矿元素丰度值对比

(W_B × 10⁻⁶)

地层名称	Cu				Pb				Zn				Mo			
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
三叠系中、下统青龙群 T ₁₋₂	129	154	142	61.2	40	43	13	4.9	43	50			1.1	4.8	2.0	0.29
二叠系上统龙潭组 P ₂ l	25	43	158	10.0	45	80	60	25.0	40	83	200	21.1	15.0	24.0	12.0	6.8
二叠系下统孤峰组 P ₁ g	36	20	27	14.5	8	22		7.6		94	280	60.0	30.0	80.0	27.0	16.1
二叠系下统栖霞组 P ₁ q	17	28		4.9	13	16		8		58		23.3	5.0	23.0	5.6	0.5
石炭系上统船山组 C ₃ c	23	11			25	80		27		50			2.6	2.3		
石炭系中统黄龙组 C ₂ h	42	15	17	6.2	91	45		17.5				26.3				1.7
石炭系下统高骊山组 C ₁ g		21	83	12.3		79		17.3			72	54.9		5.4		1.6
泥盆系上统五通组 D ₃ w		70		16.2		18		8.4			454	60		37.9		1.9
志留系上、中统茅山群 S ₂₋₃	29	172	101	10		41		2.5		69	186	32.9				1.2

注:①—九瑞地区(岳文清等,1984);②—铜陵地区(常印佛等,1986);③—安庆地区(常印佛,1980);④—本区全区平均值。空白为地层未出露或无数据。

区内褶皱地层自志留系中、上统至三叠系下、中统地表均有出露。志留系为泥砂岩建造(黄绿色页岩),泥盆系为石英砂岩建造,石炭系下统为砂泥岩建造,石炭系中统一二叠系下统栖霞组为碳酸盐岩建造,二叠系下统孤峰组为硅质岩建造,二叠系上统龙潭组为砂泥岩含煤建造,三叠系下、中统为泥质碳酸盐岩建造,各组间多为平行不整合。三叠系上统未沉积,侏罗—白垩系为沉积火山岩建造,分布于断陷盆地内。其中,石炭系中统黄龙组—二叠系下统栖霞组的碳酸盐岩沉积建造与区内金属矿床关系较密切,尤其是石炭系中、上统的地层。

晚期前次的侵入岩以中偏基性为主,岩性由辉石闪长岩、石英闪长岩等组成,与围岩同化混染强烈,其周边与灰岩接触带均具 S、Pb、Zn、W、Au 矿化;燕山晚期后次的侵入岩以中偏酸性为主,侵入体呈岩株、岩枝状产出,受构造控制明显,以马山埠岩体(γδπ)为代表,与围岩有强烈的接触变质和矿化蚀变现象,铜山矿床就产于其上、下接触带中。后期区内又出现酸性脉岩,主要有花岗斑岩和石英斑岩 2 种,多沿 P₁q—P₁g 接触界面侵入,与围岩无明显的接触变质和矿化蚀变。

1.3 岩浆岩及其与矿化关系

1.4 构造与矿化的关系

区内岩浆活动时代主要为燕山晚期。其中燕山

区内褶皱构造以长山复式背斜为主体(总长达 15 km),整体上表现为一组轴向 NE60°左右的背

(向)斜构造,轴线呈略向 SE 突出的弧形,往东轴向渐变为 NE20°,轴面倾向 SE,南翼缓、北翼陡。次级褶皱有:煤山—云山倒转向斜、荞麦山—茶山倒转背斜(图 1)。区内矿产主要沿荞麦山—茶山倒转背斜两翼分布,其中 Cu、W、Pb、Zn、S 等均产于背斜两翼的碳酸盐岩地层与岩浆岩的接触带中,Mn 矿主要产于灰岩喀斯特溶洞中,为背斜翼部高骊山组(C_{1g})或孤峰组(P_{1g})含锰地层风化、淋滤堆积而成。

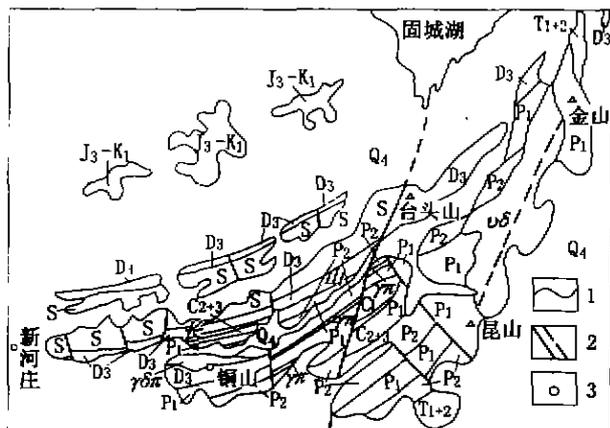


图 1 宣城新河庄—固城湖区域地质图

Q₄—第四系;J₃-K₁—大王山组;T₁₊₂—青龙群;P₂—龙潭组;P₁—栖霞、孤峰组;C₂₊₃—黄龙、船山组;C₁—高丽山组;D₃—五通组;S—茅山群;γδπ—辉石闪长岩;γπ—花岗岩;γδπ—花岗闪长斑岩;1—地质界线;2—实(推)测断层;3—矿床位置

区内断裂构造可分为三组:(1)NE 向纵断层,性质为逆、逆掩,使地层缺失或重复,多伴有岩浆侵入和矿化现象,既是容浆构造又是容矿构造。(2)NNW 向横断层,多切割褶皱和纵断层,但平移错位不大,对矿体起破坏作用,为成矿后断层。(3)NNE 向断层,该组断裂规模大切割深、活动延续时间长,为区内导浆构造(图 1)。

2 矿床地质特征

2.1 容矿围岩与控矿构造特征

铜山铜钨矿产于荞麦山—茶山倒转背斜的 SW 端 NW 翼近核部,容矿围岩主要为黄龙、船山组灰岩、白云质灰岩(多已大理岩化、夕卡岩化),其次为正接触带蚀变岩体(夕卡岩化花岗闪长斑岩)和五通组石英砂岩。矿体与大理岩呈渐变过渡关系。

控矿构造为 NE 向纵逆断层及倒转褶皱核部 D_{3w} 地层(石英砂岩、石英岩)组成的顶盖屏障构造(图 2)。NE 纵逆断层既是容浆构造,又是容矿构造(矿床南矿带的矿体就充填于该组断裂内)。断层走向 NE 65°~70°,倾向 SE,倾角上陡下缓,上部一般在 60°~70°,下部则变为 20°~30°,其上盘石英砂岩

作为矿体顶盖靠近岩体部位均已石英岩化,岩性均一。

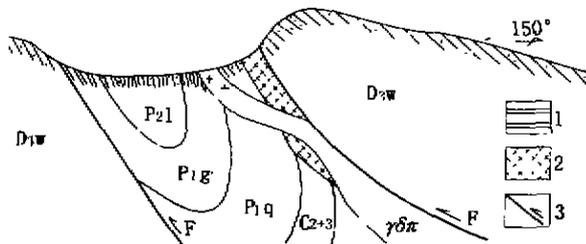


图 2 铜山铜钨矿床地质剖面图

P₂₁—龙潭组;P_{1g}—孤峰组;P_{1q}—栖霞组;C₂₊₃—黄龙、船山组并层;D_{3w}—五通组;γδπ—花岗闪长斑岩;
1—煤线;2—矿体;3—断层

2.2 成矿母岩特征

成矿母岩为马山埠花岗闪长斑岩,侵入时代(115 Ma)为燕山晚期,中浅成相,属中偏酸性,分布于荞麦山倒转背斜核部,出露面积 0.5 km²,呈似层状侵位于 D_{3w}—P_{1g} 之间,占据 C₂₊₃ 层位,由 SW 向 NE,岩性由 γπ 变成 γδπ,往深部(500 m 以下)渐变为花岗闪长岩,浅部钾长石化较强,相变明显。

1) 岩石学特征

岩石呈浅灰色略带肉红色,块状构造,斑状、似斑状结构,基质呈微粒结构。主要矿物为斜长石(含量占 60%),石英(25%),钾长石(10%);次要矿物为黑云母、角闪石(多已绿泥石化)约占 10%;副矿物有磷灰石、磁铁矿、锆石。镜下斜长石晶体呈聚片、卡纳双晶较多,环带构造清晰。

2) 岩石化学及微量元素特征

化学成分:属铝过饱和、SiO₂ 过剩、富碱(Na₂O+K₂O 含量为 10.0%),特别是钾(K₂O 为 5.17%,且大于 Na₂O 含量)。

微量元素:岩石中的 Cu、W、Mo、Ag 等元素浓集系数均在 3 倍以上,表现为与矿床中成矿元素的一致性。

3) 岩石同位素特征

经桂林院 1988 年测试,花岗闪长斑岩中⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 的比值在 0.706~0.711 之间,δ³⁴S 值: +2.6‰~+6.9‰,平均: +4.9‰,说明该浅成侵入岩岩浆起源于下地壳或接近于上地幔。

2.3 矿体规模、形态及其与围岩关系

整个矿床分为南、北二矿带,其中南矿带规模较小,由 2 个矿体组成,主矿体长 150 m 宽 20 m 延深 80 m;矿体呈透镜状、脉状充填于纵向(NE 向)断裂中,与围岩界线分明;北矿带规模较大,所含 Cu、W、S 储量占全矿床 85% 左右,由 5 个矿体组成,主要产

于($\gamma\delta\pi$)与上、下盘 C_{2+3} 灰岩的接触带上;主矿体在 -300 m 以上延长达 600 m,地表最宽 104 m,平均宽 60 m,延深 > 350 m;呈似层状,走向 NE70°,倾向 SE,倾角 50°~70°,深部变缓,尖灭快;主矿体与围岩(主要为夕卡岩化 $\gamma\delta\pi$ 、夕卡岩、大理岩)呈渐变关系,多为互层状、混杂团块状。

2.4 矿化特征

整个矿床从 SW→NE,矿石结构由粗→细,由中粒结构→细粒不等粒结构;矿石构造由条带状→块状;矿石矿物成分由黄铁矿、磁铁矿为主,磁黄铁矿、黄铜矿居次渐变为磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、白钨矿为主,磁铁矿居次,脉石矿物由夕卡岩矿物为主,方解石、石英居次渐变为以单一的方解石为主。

主要有益组分 Cu、W、In、Ge 在主矿体中的含量呈正相关(图 3)。

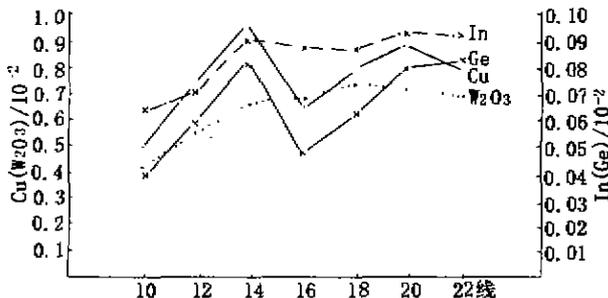


图3 Cu、W₂O₃、In、Ge与矿体变化的关系

在矿化连续性上,以硫矿最好、铜矿居次、钨矿最差。钨矿主要以细粒(0.02 mm~0.1 mm)状白钨矿细脉(2 mm~5 mm)穿插于黄铜矿、黄铁矿、含铜磁铁矿及蚀变围岩中。无论在矿体走向上还是在倾向上,Cu、S品位均呈现“两头低”、“中间高”的特征,在近外带部位最富,与围岩呈渐变过渡关系,唯 W 元素主要富集于内接触带。

2.5 围岩蚀变

主要发生在地接触带附近,其中内带以碳酸盐化、绢云母化、硅化、绿泥石化为主,外带则以大理岩化、夕卡岩化、硅化、角岩化为主。近矿围岩蚀变为大理岩化、夕卡岩化、硅化,其中大理岩化、夕卡岩化蚀变强度较大、分布较广。

3 控矿因素

3.1 岩浆岩因素

高碱富钾质花岗闪长岩是铜山矿床的成矿母岩。其控矿作用主要表现在两方面:一是提供成矿物质,矿床中的 Cu、W、S 等元素均来自岩浆,二是提供热能,产生热液,使交代成矿作用得以发生,矿质

得以从岩浆中活化、迁移。

3.2 构造因素

NE 向逆掩断层是该矿床形成的重要控矿因素。其控矿作用主要表现在 3 个方面:1)断裂常发生在不同沉积岩性的接触界面间(如 $D_{3w}-C_{2+3}$ 、 $P_{1q}-P_{1g}$),先压后张,成为容浆构造,中偏酸性侵入岩多沿此断裂侵位,断裂的规模、方向、形态控制了岩体的延长方位及空间形态,进而控制接触带上矿体的规模、形态、产状等。2)断裂属逆掩性质,当其上盘为透水性较差、化学性质不活泼的沉积建造(如石英砂岩、石英岩、粉砂质页岩等)时,便成了很好的屏蔽盖层,当岩浆沿其下的断裂面上浸并与碳酸盐岩产生交代作用时,屏蔽盖层便使其处于封闭或半封闭状态,矿质难以逃逸失散,为矿液的集中和矿质的充分结晶、析出创造了条件。3)该组纵逆断裂有时还能成为容矿构造,为矿质赋存的空间和直接沉淀的场所。铜山矿床南矿带的矿体就是矿质直接充填在 NE 向断裂内形成的。

3.3 沉积围岩因素

沉积围岩(主要指 C_{2+3} 灰岩)的控矿因素也很重要。由于该组地层岩性为脆性、易溶、活泼、含 Ca、Mg 质高,与侵入岩接触能形成强烈的接触变质及交代蚀变,易于成矿元素从岩浆中活化、迁移。

综合 3 种控矿因素,比较其成矿贡献率大小和控矿重要性,笔者认为:岩浆岩是第一位的,构造因素应放在第二位,围岩地层因素则放在第三位。

4 找矿建议

4.1 重视区内的中偏酸性岩浆岩

综合该区迄今所发现的金属矿床,无一不与岩浆侵入活动有关,尤其是中偏酸性侵入岩(如花岗闪长斑岩、花岗闪长岩、石英闪长岩等)。对那些岩相分带明显、与围岩同化混染强烈且本身 SiO_2 过饱和、碱度高、富钾质的中偏酸性浅成侵入岩要特别注意,它们多为区内金属矿床的成矿母岩。从它们入手,围绕这类岩体做工作,就抓住了该区找矿工作的中心和要点。

4.2 加强对构造的观察与研究

本区地处南、北两大构造单元之间断裂拗陷带的东南缘,构造(尤其是断裂)较复杂。如前所述,本区 NNE 向断裂为导浆构造,NE 向纵逆断裂为容浆构造及容矿构造。尤其值得注重的是 NE 向纵逆断

(下转第 32 页)

哪些数据点相互接近,哪些数据点远离。也就是说存在一个尺度或对比手段,可以根据“欧氏距离”对数据点分类。

从统计学的观点来看,神经网络在应用时对所分析的问题的概率模型不要求通过演绎作出先验假设。用神经网络逼近映射可被认为是统计回归分析,尤其是非线性回归分析的推广,因为神经网络学习得到的函数形式可以是输入数据与回归参数的非线性函数。

在实际矿床中,从勘探活动中得到的数据常常是以样本点的形式出现,它们是能提供矿床中所关心的空间变异量之间的内在关系的实例,即有的点样本可以用作实例去训练神经网络以逼近矿床中一个样本的位置与品位之间的映射。训练后的网络可以用来对曾用于训练的已知样本点之间的品位插值,并建立矿床储量计算。

神经网络估值方法的性能在很大程度上依赖于已有数据的特征和数量,而较少依赖于针对数据而预定义的模型或假设。大量研究表明^[1,4,5]:用整个矿床的所有数据成功地训练一个大网络要比用几个较小范围的数据训练一些小网络更困难。因此,在实施神经网络方法时,应将所获得的矿床数据根据矿石类型、品位、品级以及开采设计所需矿块大小等要求分成更小的子区域,在矿床中各个子区域中训练一个小网络。把已有的大量矿床数据划分成较小的区域区段,用来训练神经网络,所选用的划分方法应满足以下准则:

1)将数据划分成较小的区域时,只允许采用原始样本数据值,不能采用插值,以免在网络训练前把误差引入数据之中;

2)划分后生成的较小区域必须能覆盖整个样本空间,也就是不留间隙或空洞;

3)如果可能,划分后生成的子区域之间应允许有某些重叠,以便使各个神经网络的训练区域可以相互重叠。

通常使用数字地形模型(DTM)作为划分数据空间的方法^[1],它是用已有的样本点有效地构成三角形表面。三角形是数字地形模型的基本元素,每一个顶点代表一个样本点,把每一个样本点输入样本域中的DTM中,即可划分整个样本域,并把它作为由所有DTM三角形组成的多边形的中心,而所选择的点就是这些点中的一个,如图3所示。

在样本域划分完成后,从样本域的DTM取出各区段的训练数据,用它们为整个矿床逐个区段地训

练神经网络。训练模块每一次为一个网络分配存储空间,从神经网络将要利用的区域中取得数据用以

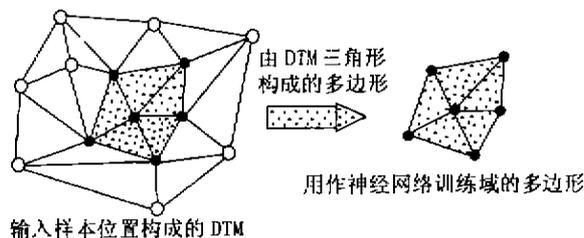


图3 由DTM三角形构成的多边形训练域的结构

训练该网络,然后将网络学习得到的连接权重值存入磁盘。神经网络在对待估点进行估值时,主要是通过对所关心的区域中的密集样本点网格估值,然后求出这些样本的平均值来给出该区域中的一个块段的估值,因此获得矿床中块段后区域的品位估值,其过程如图4所示。

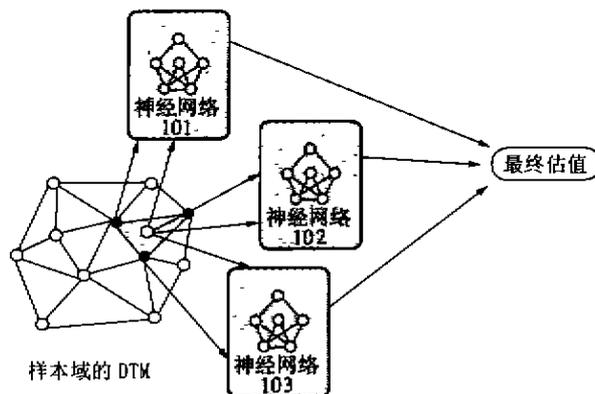


图4 单网络品位估值过程

在神经网络区域划分中,区域的重叠是最为常见的情况之一,当估值样本点位于多个神经网络区域时,则用这些网络的估值的平均值参与待估点的估值计算^[5],其过程如图5所示。

3 实例

某铁矿床为一低品位矿床,将其研究区域分 $400\text{ m} \times 400\text{ m} \times 100\text{ m}$,在区域内共有3792个TFe化验样品品位值,其矿石体重平均值为 2.6 t/m^3 ,将该区域划分成 $20\text{ m} \times 20\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的块段进行品位估值,在估值过程中,神经网络为一个输入层、一个隐含层和一个输出层的3层BP网络模型,其中样品点的经度和纬度分别作为输入层的2个输入节点,隐含层的节点数为5,样品品位作为网络输出层的唯一输出,其具体计算过程如图6所示,同时将BP神经网络的学习率 η 设定为0.3,比例因子 α 设定为0.03。因此计算的矿石储量及由此而形成的吨位一品位曲线分别见表1和图7。通过地质统计学法、多