ł

安基山铜矿含矿裂隙

分布特征及其与成矿的关系

雷秉舜 尚晓春 李嘉曾 施丙文 石庆会 (南京地质学校)

任启江

(南京大学地球科学系)

提要本文用定点等积测量法研究安基山铜矿地表含矿裂隙,结果表明:成矿期含矿裂隙集中分布在矿化斑岩中,其含脉率等值线与铜矿化强度率等值线基本吻合。各成矿阶段含矿裂隙及矿体展布方向均以北北西为主,平行于区域最大挤压应力方向。由此推断,斑岩体地表含脉率值可判断深部铜矿化强度,含脉率等值线形态可预测矿体主要延伸方向。
关键词含矿裂隙 含脉率等值线 裂隙密度 构造应力

浅部就位的斑岩体及其围岩由于遭到强烈的构造破坏及热应力作用,在岩体内部及脆性 围岩中可产生高度的裂隙化,构成热液渗流的良好通道及矿质堆积的空间,形成密集的网脉 带,高度裂隙化的地段往往是有利的成矿地段。研究这类裂隙的分布对分析含矿裂隙成因,成 矿作用,查明矿化富集地段,有着重要的理论意义和实用价值。本文通过对安基山铜矿地表含 矿裂隙的定点等积测量及其数据的处理,探讨了斑岩体及其围岩地表含脉裂隙的分布规律,研 究了含矿裂隙的成因及其与铜矿的关系。为在新区利用地表裂隙找寻斑岩型盲矿体提供了新 的工作方法和理论依据。

一、成矿地质背景

安基山铜矿所在区域属扬子准地台下扬子坳陷宁镇穹断褶束,其北缘与苏北坳陷相接,南 侧为句容盒地。区内自震旦纪至二叠纪长期坳陷,发育一套海相和陆相稳定沉积。印支运动 晚期开始褶皱隆起,燕山运动时期褶皱及断裂活动加剧,火山——侵入活动频繁,形成较多的 内生矿床,构成长江中下游铜铁多金属成矿带宁镇铁铜多金属成矿亚带。

据区域地质图和卫星照片资料,本区地区性构造环块属寄生式构造环块,区内北东和近东 西向线性断裂发育,岩浆主要受近东西向深断裂控制,大岩基呈近东西向展布,而安基山岩体

①国家自然科学基金资助的课题

则受近东西和北北西两组深断裂所控制,岩体呈长椭圆形展布,长轴平行北北西深断裂。矿区 位子安基山岩体的东侧,矿区断裂构造主要有北北西和北东东两组,北北西向断裂呈带出现, 是孟塘——东阳断裂带的东支组成部分,北东东向断裂是伴随褶皱作用出现的纵向逆断层。

矿区内出露的岩浆岩为燕山晚期中酸性花岗闪长岩类杂岩体,以花岗闪长斑岩和石英闪 长玢岩为主,花岗闪长斑岩侵入时间早于石英闪长玢岩,二者均蚀变并被矿脉穿切,但石英闪 长玢岩中矿脉明显减少,蚀变减弱。杂岩体侵入的最新地层为象山群,围岩被吞蚀呈残块状捕 虏体。岩体呈岩标状,略向北北西倾斜。矿床所在部位恰好是岩浆侵入的前锋部位。斑岩型 铜矿体主要赋存在花岗闪长斑岩中,而被花岗闪长斑岩吞蚀的灰岩捕虏体则形成砂卡岩型铜 矿。(图 1)

್ರ



图 1 安基山矿区地质略图 Fig. 1 Schematic geological map of Anjishan Copper Mine.

矿区蚀变较强烈,斑 岩体内部主要有钾长石 化,黑云母化,形成钾化 带,在地表未见出露。地 表主要发育硅化,绢云母 化,并有黄铁矿黄铜矿细 脉分布,构成石英绢云母 化带。该带呈北北西向展 布,含矿裂隙发育,是斑岩 铜矿的主要赋存部位。泥 化带分布在岩体东部,石 英绢云母化带外侧,主要 为高岭土化,蒙脱石化,分 布狭窄。青盘岩化在花岗 闪长斑岩中少见,主要分 布于石英闪长玢岩中。在 矿区东部接触带上有矽卡 岩化带,是砂卡岩型铜矿 的主要赋存部位。

二、含矿裂隙研究方法

作者在安基山铜矿地表含矿裂隙的研究中,选用了定点等积测量方法,在安基山矿区中心的 1.2 km² 范围内,以 50m×50m 的网度定点等积测量,每个观测点选择有代表性的 0.5×0.5m² 的面积,以反映观测点 5×5 m² 范围内的裂隙特征。在每个观测点上测定被测面 的方位、脉的长度(cm)、宽度(cm)、产状、结构构造、相互穿插关系、组成脉的矿物成分、脉旁蚀

变。对被测面积内所有的含矿裂隙都进行测量,并进行素描。由于地表出露条件的限制,在地 表浮土复盖较深的地方及测区边部、适当放宽了点距。

根据 156 个观察点计 1060 条含矿裂隙的对比分析,确定了含矿裂隙的生成顺序和矿化阶段。根据测得的矿脉长度和宽度,对每个观测点上不同成矿阶段裂隙密度(n),含脉率(k)进行了计算。

裂隙密度(
$$n$$
) = $\frac{\Sigma 裂隙长度cm}{50cm \times 50cm}$
含脉率(k) = $\frac{\Sigma(裂隙长度cm \times 宽度cm)}{50cm \times 50cm} \times 100\%$

其中,含脉率反映矿床成矿过程中渗透率的时空变化特点。

另外,根据测区内 51 个钻孔全孔中总的铜品位(包括矽卡岩和斑岩体)及斑岩体中铜品位 资料,经加权计算求出它们的矿化强度率**L**):

矿化强度率(L) = $\frac{\Sigma(样长 \times 品位) + (孔深 - \Sigma样长) \times 该孔最低品位值}{孔深} \times 100\%$

为了研究含矿裂隙的分布规律及其与成矿元素丰度之间的关系,将算出的数据用分块三次多项式 Hermite 插值趋势分析程序进行电算制图,作出矿化强度率等值线图及不同成矿阶段的含矿裂隙的裂隙密度和含脉率的等值线图,以便进行对比分析。

为了了解含矿裂隙的分布规律及其产状变化特征,将被测面积分成 200×200M 的网络、利用 PC——1500 微机绘出各网格中的各阶段含矿裂隙走向玫瑰花图和等密度图,对具有互错关系的测点同时作了应力分析图,以了解含矿裂隙形成时的古应力场方向。

三、含矿裂隙特征及分布规律

(一)、各阶段矿脉特征

根据测区内含矿裂隙特征及穿插关系的综合研究(图 2),结合坑道和钻孔观察及前人研 究成果,安基山矿区的地表含矿裂隙可分为四种类型,分别代表了四个不同的成矿阶段:

1. 石英阶段(1),地表为灰色石英脉。

2. 石英——黄铁矿——黄铜矿阶段(11),地表氧化后为含孔雀石和褐铁矿的石英脉。

3. 黄铁矿——黄铜矿阶段(III),地表氧化后为含孔雀石的褐铁矿脉。

4. 方解石——石英阶段(IV),脉中以方解石脉为主,有时含有石英。

各阶段矿脉特征综合对比见表1。

(二)、铜矿化强度率与地表总含脉率及总裂隙密度的关系:

从矿区中占孔总的铜矿化强度率等值线图(图 5).斑岩体铜矿化强度率等值线图(图 6) 与地表总含脉率等值线图(图 4)和总裂隙密度等值线图(图 3)的综合对比可以看出,总的铜矿 化强度率等值线(图 5)轮廓与地表总含脉率等值线(图 4)轮廓相近,与地表总裂隙密度等值线 (图 3)轮廓相差较大。而斑岩体中铜矿化强度率等值线(图 6)轮廓比总的铜矿化强度率等值 线(图 5)轮廓与地表含脉率等值线(图 4)轮廓吻合程度要高。



图 2 不同成矿阶段含矿裂隙穿插关系素描图 Q 石英阶段;Q+Py+Cp 石英-黄铁矿-黄铜矿阶段;Py+Cp 黄铁矿-黄铜矿阶段。 Fig. 2. Sketch of fissures of different stage showing their relationship

各成矿阶段矿脉特征综合对比表

表 1

Table 1.	Comparison of	characteristics of	f ore-veins in	different	metallogenic	stages
----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------	--------

矿化	矿化阶段	<i>w</i> *	物 成	分	~ 및 분 분	脉旁	与矿化
阶段	名称	主要>25%	次要 25-5%	少量< 5,"。	金が水芯	蚀变	关系
I	石英阶段	石英		辉钼矿 黄铁矿	辉钼矿呈极细的片状星散分布, 黄铁矿细脉分布在石英脉中。	弱硅化	成矿前
11	石 英 一 黄 鉄 矿 一 黄 铜 矿 阶 段	石英	黄铁矿 黄铜矿		黄铁矿已褐铁矿化,黄铜矿氧化 成孔雀石,呈细脉状或星散状分 布于石英脉中。	绢云母化 黑云母化	成矿期
111	黄鉄矿 - 黄铜矿 阶 段	黄铁矿	黄铜矿		以黄铁矿为主,黄铁矿已褐铁矿 化,黄铜矿变成孔雀石,石英呈薄 膜分布在脉壁。	绢云母化	成矿期
IV	方解石一 百英阶段	方解石	石英		以方解石为主,石英呈细脉状	碳酸盐化	成矿后

由此可以看出,含脉率比裂隙密度更能反映裂隙与铜矿化的关系,含脉率的大小与含矿流体的运移直接有关,从而控制了铜矿化的强度。另外,总含脉率与斑岩体中铜矿化强度密切相关,而与砂卡岩中的铜矿化强度关系不大。



图 3 地表总裂隙密度等值线图

Fig. 3. Contour of total fissure density at surface



- 图 1 地表含矿裂隙总含脉率等值线图
- Fig. 4. Contour showing ratio of ore-vein-bearing fissures to the total fissures at surface



图 5 总铜矿化强度率等值线图

Fig. 5. Contour of total copper mineralization



图 6 斑岩型铜矿化强度率等值线图

Fig. 6. Contour of porphyritic copper mineralization



图 7 地表含矿裂隙 「阶段含脉率等值线图 Fig. 7. Contour showing the ratio of ore-veinbearing fissure to the total fissure of the first stage



图 8 地表含矿裂隙 I 阶段含脉率等值线图 Fig. 8. Contour showing the ratio of ore-veinbearing fissure to the total fissures of the second stage



图 10. 地表含矿裂隙 IV 阶段含脉率等值图 Fig. 10. Contour showing the ratio of ore-veinbearing to the total fissure of the fourth stage



图 9 地表含矿裂隙 III 阶段含脉率等值线图 Fig. 9. Contour showing the ratio of ore-veinbearing fissure of the third stage

(三)、总含脉率与各矿化阶段含脉率的关系

将各矿化阶段的含脉率绘成等值线图,从这些图形与总含脉率等值线图的综合对比表明: 总含脉率等值线(图 5)轮廓与矿化期主成矿阶段即石英——黄铁矿——黄铜矿阶段(II)的含脉率等值线(图 8)轮廓相似,与矿化期黄铁矿——黄铜矿阶段(III)的含脉率等值线(图 9)轮廓 有一定的区别,与成矿前(I)含脉率等值线(图 7)轮廓差别较大,而与成矿后(IV)含脉率等值线 (图 10)轮廓有明显不同。成矿前的石英脉含脉率极值区位于矿区的东南侧(图 7)是近东西向 展布,成矿后的方解石——石英脉含脉率极值区位于矿区东侧(图 10),但较分散,孤立,主要 发育在灰岩地区中。成矿期含脉率极值区分布在花岗闪长斑岩体的中心及东南侧,呈大致北 北西展布,与总含脉率及斑岩体铜矿化强度率的延伸方向大抵相仿。

上述对比显示了成矿期含矿裂隙集中分布在斑岩体中,花岗闪长斑岩中铜矿化强度高值 区与石英——黄铁矿——黄铜矿阶段的含脉率极值区基本吻合,从表二中也可以看出,该阶段 的含脉率,裂隙密度,脉宽的均值最大,相对丰度也大,表明该阶段脉体数量多,宽度大,具有最 大的渗透率,是最有利的成矿期。

各成矿阶段含矿裂隙特征统计表

表 2

Table 2. Characteristic statistic of fissures taking place in different n	netallogenic stages
---	---------------------

成矿阶段 石英阶段		石英-黄铁矿—黄铜矿阶段			まましん 黄鉄矿 一黄铜矿 阶段			方解石一石英阶段					
流计量	特征	含脉率	裂隙密度	脉 宽 (CM)	含脉率	裂隙密度	脉 宽 (CM)	含脉率	裂隙密度	脉 宽 (CM)	含脉率	裂隙密度	脉 宽 (CM)
均	值	3. 857	0.061	0. 478	5.958	0.077	0.713	1.736	0.068	0.221	2. 111	0.104	0. 283
标准	È离差	5.105	0.060	0.856	6.582	0.064	0.902	2.707	0.055	0.391	1-141	0.013	0.371
相对	丰度%	16.31	16.52	17.55	61.91	37.58	61.62	20.02	30. 41	18.20	2.17	5.08	2.63

四、含矿裂隙成因

和我国许多斑岩铜钼矿床一样,安基山铜矿并不直接邻近中生代古海沟,而是位于大陆板 块内部,是各个断块或微大陆板块相互挤压,碰撞和板片俯冲过程的产物。环太平洋区斑岩铜 矿形成的构造环境研究表明:斑岩铜矿是在以挤压为主的构造环境下形成的,其产生的构造裂 隙系统具明显的方向性,常平行最大挤压应力方向。

图 11 及表三为本区各阶段含矿裂隙的走向玫瑰花图,等密图和含矿裂隙产状统计表。这些图表显示了安基山铜矿地表含矿裂隙具明显稳定的方向性,成矿期与成矿前,成矿后的裂隙 产状变化不大,倾角均较陡。各阶段的含矿裂隙都是以北北西向(330°—355°)为主,次为东西 向(0°—30°),北东东向(60°—90°)。含矿裂隙的地表统计资料与卫星照片显示的线性影象的

. Q + p y + C p U මාෆ Æ ¥ ıLı 9 ,0 Сp Ш C 0 比例尺1:32000 说明: 1.研究区分成四大区域统计 2.因裂隙条数不等,各图极密下限不等 Ŷ 图例: 走向玫瑰花图 等密度图等值线 (0) 矿化阶段 第\1阶段全区裂隙统计 I

方向及实测区域断裂构造方向基本吻合。如前所述:宁镇穹断褶束的展布为北东东向,其北缘 为苏北坳陷,南缘为火山岩盆地,分别代表不同的构造单元。宁镇多金属成矿带的展布与宁镇



Fig. 11. Rose and equal density of ore-bearing fissure of different metallogenic stages

28 第三卷 第四期

۰.

地质找矿论丛

含矿裂隙产状统计表 Table 3. Attitude statistic of ore-bearing fissures

۲

阶段	组别	走 向	倾角	百分数	强度	
	_	330°~355°	85°	35.16	强	
	<u> </u>	60°~90°	83°	18.13	中	
石 英		40°~50°	86°	17.03	中	
阶 段	四	270°~295°	81.°	15.93	中	
	Ŧī.	0°~30°	78°	12.64	中	
	六	305°~315°	60°	1.11	最弱	
		330°~359°	81°	56.12	最强	
石 英	<u> </u>	0°~30°	75°	13.3	中	
一黄铁矿	Ξ	270°~300°	78°	12.5	ц Т	
一黄铜矿	四	65°~90°	75°	7.98	弱	
阶段	Æ	40°~50°	45°~85°	6.12	弱	
	六	310°~330°	75°	3.98	最弱	
·		$330^\circ \sim 355^\circ$	78°	46.18	最强	
		$0^{\circ} \sim 30^{\circ}$	71°	19.12	中、	
黄铁矿	=	270°~300°	50°	12.35	†	
一 _頁 词 ↓ 阶 段 ·	四	305°~325°	79°	11.47	中	
	Ŧī.	65°~90°	59°	7.35	弱	
	六	40°~50°	70°	3.53	最弱	
		270°~295°	69°	32.5	强	
方 解 石		330°~358°	77°	27.5	强	
一石 英	Ξ	0°~38°	72°	17.5	中	
阶 段	四	40°~50°	8 5°	17.5	中	
	五	60°~90°	79°	5.0	弱	

表 3

.~

穹断褶束的展布一致,花岗岩类岩基的分布与区域构造方向相同。这些都说明本区的深断裂 走向为近东西向,其挤压应力方向为北北西向,在安基山铜矿据节理互错关系求出的主应力轴 大部以北北西向为主(图 12)。这些均表明本矿区的地表含脉裂隙系统平行于最大挤压应力 方向,与区域构造应力方向一致。

安基山矿区地表含矿裂 隙在各个成矿阶段均以北北 西向为主,反映了该区区域 应力方向无大的改变,且作 用时间较长,它不仅对岩体 定位起控制作用,而且还影 响岩浆冷凝过程中应力的释 放。矿区地表含矿裂隙的倾 角均较陡,水平节理极不发 育,这可能是岩体在冷凝过 程中受到了区域应力的限 制,在北北西方向的挤压力 长期作用下,平行主应力方 向形成一系列的张性裂隙,



它们限制了岩体侵入过程中产生的热应力裂隙和冷凝收缩裂隙的产状,这三种成因力的复合 使应力更为集中,从而形成密集的裂隙系统,它们不仅有助于含矿溶液的渗滤和扩散,而且提 供了有利的成矿空间。

总之,安基山铜矿的含矿裂隙的分布严格受区域应力控制,区域作用力是主要的动力条件,岩体的出露部位是地表含矿裂隙最发育的地区,是应力最集中的地段,也是成矿最有利的场所。

五、含矿裂隙系统与成矿的关系

安基山岩体在冷凝过程中受到北北西向断裂的控制,岩石蚀变分带及地球化学元素分带 受其影响,总的展布方向为北北西向①;地表总的含脉率以及主成矿阶段(第11阶段)含脉率的 展布方向与深部的斑岩型铜矿化强度率的延伸方向也是呈北北西向的。根据笔者对已勘探钻 孔的岩芯测量和编录资料,绘出了某勘探线地下含脉率的曲线,通过比较发现,地表及地下高 含脉率的地段,成矿元素的丰度较高,斑岩型矿体较厚。图 13 是含脉率及矿化强度率的变化 曲线与已勘探剖面的对比图。从该图中可以看出:



图 13. 安基山铜矿某线含脉率及矿化强度率曲线对比图 Fig. 13. Comparison betweeen ratio of ore—vein-bearing fissure and mineralization degree of a exploration linn in Anjishan copper mine

1. 地表高含脉率的极值区与地下高含脉率的极值区相近。反映含矿裂隙系统向下延伸 稳定。

2. 地表高含脉率极值区及地下高含脉率极值区及矿区总的铜矿化强度率极值区大抵吻

合。在含脉率高的地段,勘探线剖面相应部位的深部斑岩矿体较厚。反映地表含矿裂隙的发育程度与深部含矿裂隙的发育程度及深部矿化强度呈正相关。说明了含矿裂隙是热液渗流的 良好通道及矿质堆积的场所,高度裂隙化的地段是有利的成矿地段。根据地表含矿裂隙的发 育程度,有助于推断深部斑岩铜矿化强度的高低。



图 14. 安基山铜矿--200M 水平断面图 (据江苏地质三队资料简化) Fig. 14. Horizontal section of --200M level of Anjishan Copper Mine.

3. 斑岩型铜矿矿化强度曲线与主成矿阶段地表含脉率曲线吻合程度很高,反映斑岩型铜 矿化与主成矿阶段含脉率的关系十分密切,两者呈正相关关系。说明在形成斑岩型铜矿化的 过程中,主成矿阶段的含矿裂隙起着决定性的作用。在寻找斑岩型铜矿时,应对地表裂隙系统 进行研究,确定主成矿阶段的裂隙特征,以便更有效地判明成矿前景。

4. 砂卡岩型铜矿化强度率曲线与含脉率曲线未能完全吻合,表明砂卡岩型矿化与含矿裂隙无直接关系,地表含脉率虽不能有效地反映深部的砂卡岩型铜矿。但是,与含矿裂隙不发育的斑岩体相比,含矿裂隙发育的斑岩体与碳酸盐围岩接触带的附近,更有希望找到砂卡岩型铜矿。

尽管斑岩型铜矿化与砂卡岩型铜矿化的成因机制不同,但二者均受北北西向的构造控制。 在岩体内部,成矿溶液沿裂隙运移,经充填交代作用,形成斑岩型矿体。在岩体边部及岩体中, 成矿溶液沿裂隙运移,与围岩及其捕虏体发生交代,形成矽卡岩型矿体。所以不论是斑岩型矿体还是砂卡岩型矿体的展布方向,以及岩体中灰岩捕虏体的展布方向,均受区域构造应力场的 控制与区域最大挤压力一致,均为北北西向(图 14)。

综上所述,根据地表露头的含脉率大小有助于判断深部斑岩铜矿化强度的高低。根据含 脉率等值线的形态可预测矿体的主要延伸方向,在找矿费用日益增加的今天,这种耗资少,收 益快的方法具有一定的实用价值。

作者在野外工作期间得到江苏地质三队地质科同志的大力支持,特此致谢。

参考文献

〔1〕任启江等,陕西金堆斑岩含金裂隙分布规律与成因,矿床地质,1989.

〔2〕曾庆丰,《论热液成矿条件》,地质出版社,1986.

〔3〕西腋亲雄,矿山地质,34(4)1982,291-304.

[4] Leea Wookward, Tectonic Origin of Fractures for Fissure Vein emplacement in Bowlder Botholith and Adjacent Rocks Montana, Economic Geology, Vol. 81, 1986, 1387-1395.

[5] B. F. 9anaraen,花岗岩体的三维形成动力学及其在成矿作用中的意义,地质地球化学,(4) 1985.

- (6) Rehrig, W. A. and Heidrick, T. L. Regional fracturing in Laramide stocks of Arizona and its relationship to porphyry copper mineralization. Economic Geology, Vol. 67, 1972, 198-213.
- (7) Titley, S. R., and Heidrick, T. L., Intrusion and fracture styles of some mineralized porphyry systems of the south-western Pacific and their relationship to plate interaction, Economic Geology, 73 (5) 1978, 891-903.
- [8] Heitrick, T. L. and Titley, S. R., Fracture and dike patterns in Laramide plutons and their structural and tectonic implication: American Southwestern. Advances in geology of the porphyry copper deposits. The University of Arizona press. Tucson, Arizona, 1982.
- [9] Chikao Nishiwaki, Tectonic control of porphyry copper genesis in the southwestern pacific island are region. Mining Geology, Vol. 31 (3), No. 167, 1981

DISTRIBUTION PATTERN OF ORE BEARING FISSURES AND ITS RELATION TO MINERALLZATION IN ANJISHAN COPPER DEPOSIT, JIANGSU PROVINCE

Lei Bingshun, Shang Xiaochun, Li Jiazeng, Shi Qinghui, Shi Bingwen

> (Nanjing School Of Geology, Nanjing) Ren Qijiang

(Department Of Earth Science, Nanjing University)

Abstract

Two kinds of measured parameter, fissure density and fissure abundance, have been studied by the authors to describe features of the fissure system of different stages in Anjishan copper deposit of Jiangsu prevince. Quantitative data are obtained by direct measurement of fissure at 156 observation points in an area of 1.2 km² at the surface of mining area. The data of fissure density and fissure abundance are computed and fit precisely to a trend surface. Poles of these fissures are plotted on equalarea nets and the fissure strikes are illustrated by rosette diagrams. The investigation results show:

1. The ore-bearing fissures of mineralization episodes distribute centrally in mineralized prophyry. The configuration of Cu-ore intensity contour is approximately consistent with that of total fissure abundance contour and the fissure abuneance contour of the chief mineralization stage.

2. The predominant trend of ore-bearing fissures of each mineralization stage in the mining area is NNW. It is parallel to the greatest regional compressive stress.

4. The orientation of orebodies is controled by regional tectonic stress field and coincides with the orientation of the greatest regional compressive stress.

In brief, the results of study indicate that the values of fissure abundance on the surface of porphyry could be applied to judge the variance of mineralization in the mining area and the configuration of fissure abundance contour could be applied to forecast the main elongate direction of the orebodies.