# 安徽庐枞地区脉状铜(金) 矿床成矿远景的地质预测

任启江 杨荣勇 王实 徐兆文 (南京大学地球科学系)

提要 安徽庐枞地区(1500km<sup>2</sup>)范围内有 104 处脉状矿床、矿化点及 44 处铜的地球化学异常区, 但是目前只有 4 处小型铜(金)矿床。对区域成矿地质背景、脉状矿床分布规律、有经济意义的矿床 形成条件和矿床成因的系统研究证明:庐枞地区形成脉状铜(金)矿化的矿源、水源 及能源较充足, 但成矿物质未能在小范围内被集中,大量成矿元素被分散,因此,庐枞火山一构造洼地内外缺少形 成大型、超大型铜矿的条件,大量的矿点、矿化点和广泛分布的地球化学异常,在一定条件下是成矿 元素被分散的标志,不是形成大型、超大型矿床的有利标志。

关键词 脉状铜(金)矿床 矿床成因 成矿条件

1 前 言

安徽庐枞地区中生代火山岩分布广泛,火山岩及其基底沉积岩中有铜和铜金矿点、矿化点 104 处,其中有经济价值的只有 3 处小型脉状铜矿、1 处脉状铜金矿。根据区域化探资料,① 全 区共有 44 个铜次生晕异常,总面积达 80km<sup>2</sup>,约占测区面积的 1/20,其他物探异常也有较好的 显示。但至今为止,本区铜矿找矿工作仍是"只见星星,不见月亮"的局面。庐枞地区脉状铜矿、 铜金矿的找矿前景如何,这不仅有其实际意义,而且在矿床成因研究上也很重要,正确地回答 这一问题对我国东部其他火山岩地区脉状铜、金矿床的找矿与评价也有启迪。本文将通过对庐 枞地区脉状铜、金矿化的地质背景、时空分布规律、矿床成因的研究提出对脉状矿床找矿前景 的认识,使理论研究与找矿实践紧密结合。 2 脉状铜、金矿床形成的地质背景

成矿地质背景及区域地质构造特征对研究庐枞地区脉状铜、金矿床的形成条件十分重要。 2.1 **矿床位于中生代继承式火山一构造洼地内、外** 

庐枞火山一构造洼地内部主要由晚侏罗统一早白垩统陆相火山岩组成,其直接基底是中 一下侏罗统的陆相碎屑沉积岩系,三叠系地层见于盆地外围。庐枞火山一构造洼地是在三叠系 沉积拗陷和早一中侏罗世陆相断陷盆地基础上进一步发育而成。中三叠统东马鞍山组膏盐层 和铜头尖组的含铜砂岩层、下侏罗统磨山组煤系地层也有出露。

2.2 火山—构造洼地内、外区域性断裂及基底断裂十分发育

根据大量断裂及近 5 万条节理研究结果<sup>①</sup>,结合卫片影象分析,重、磁资料解译,初步确定 全区有 5 条 NE-NNE 向、8 条 SN 向和 7 条 EW 向及 4 条 NW 向基底主干断裂,将火山岩和基 底切割成格状,NW 向压应力及应力释放后回复期的剪切一拉张作用交替出现,这些使得庐枞 地区岩石在 J<sub>3</sub>---K<sub>1</sub> 期间具有很高的渗透率。



- 图例说明:1. 辉石二长岩一二长岩 2. 砖桥组火山岩 3. 双 庙组火山岩 4. 矿点(横线为矿脉走向) 5. 浮山 组火山岩 6. 断裂
- 图 1 巴家滩岩体附近的两期脉 状铜矿脉产状
- Fig. 1 The occurrences of two periods of copper vein mineralization around Bajiatan Complex

# 2.3 火山岩之下存在大型的浅部岩浆房

根据庐枞地区重力、地磁、航磁资料,并利 用地矿部第一综合物探大队三条磁精测剖面数 据,进行频谱分析、场源分离、向上延拓及正演、 反演拟合,推断火山盆地以下存在一个大的隐 伏岩体,其顶板与地表距离为1~4km,平均为 2km,面积约800km<sup>2</sup>,底板距地表6~15km,磁 化强度为2200~2500×10<sup>-6</sup>C·G·S·M,相 当于粗安岩。这一浅部岩浆房对本区中生代的 构造、岩浆和成矿活动有直接影响,作为驱动 地下热水大规模对流循环的能源,并为岩浆流 体提供来源。

# 2.4 强烈的多中心多期火山喷发活动

庐枞火山一构造洼地是在区域构造与岩浆 喷发引起的补偿性陷落共同作用下形成的。该洼地进一步划分为4个二级火山构造区,初步确 定了18个火山机构(破火山口、侵出穹窿、爆发岩管、残余层火山、岩颈)。火山活动分为两大 期,即晚侏罗世(160±5Ma~137Ma,包括龙门院旋回和砖桥旋回)、早白垩世(137Ma~100Ma, 包括双庙旋回和浮山旋回),两期火山岩为不整合接触,每一期喷发又可大致分为强烈喷发一 喷溢、主沉陷、复活降起及全面降起四个阶段。

① 南京大学地球科学系, 庐枞中生代火山岩地区铜、金、硫矿床成矿预测, 1990

# 3 脉状铜、金矿床在时间上的分布规律

庐枞地区脉状铜、金矿化在时间上的主要分布规律有二,一是两期矿化;二是矿化出现于 每一个火山活动期的晚阶段。

#### 表 1 巴家滩一带两期脉状铜矿特征对比

 Table 1
 The contrast of geological characteristics between early and late period of copper(gold) vien mineralizations in Bailatan district

类型 对比项目	早期脉状矿化	晚期脉状矿化	
	<u>↓</u>	细脉带蚀变岩	
矿体长/宽比	>50	<30	
矿脉走向	NW	SN	
围岩时代	砖桥组(J <sub>3</sub> )	双庙组、浮山组(K1)	
矿体与围岩界限	明显	不明显	
控矿构造	断裂带	网状破碎带	
成矿期及成矿前脉岩	粗安斑岩、二长斑岩、辉石二长岩、玄武粗 面岩、闪长玢岩	正长岩、正长斑岩	
成矿后脉岩	正长岩、正长斑岩	正长斑岩脉(极少见)	
近矿围岩蚀变	蚀变带窄、常有硅化	近矿蚀变带宽、常有碳酸盐化、泥化、绿泥 石化	
远矿围岩蚀变	面型硅化、高岭土化、明矾石化、蚀变强	蚀变弱	
脉石矿物	石英为主、次为方解石、重晶石、萤石	铁锰碳酸盐较多、石英较少	
矿石结构构造	块状、条带状、团块状、斑点状	细脉、网脉、浸染状	
典型矿例	冷塘洼、毛狗笼、石门庵	双庙南、黄山寨	

两期矿化的直接证据见于巴家滩地区。巴家滩位于庐枞火山一构造洼地中心,围绕巴家滩 辉石二长岩在 60km<sup>2</sup> 范围内共有 25 个脉状铜(金)矿床、矿化点分布,其中 14 个矿化区的矿脉 产状为:NW70°~40°/NE\_60°~85°,与区域性 NW 向张性断裂大致平行,均位于岩体东部或 东侧(图 1),产于砖桥组(J<sub>3</sub>z)火山岩中,与燕山早期次火山岩及脉岩组合,从不穿切燕山晚期 的侵入岩和次火山岩,这期脉状矿化出现时间应在砖桥旋回以后,双庙旋回之前,属晚侏罗世 末。

巴家滩岩体以西的 11 个脉状铜(金)矿化区均产于双庙组(K<sub>i</sub>s)及浮山组(K<sub>i</sub>f)火山岩中,

有的矿脉明显穿切燕山晚期的正长岩、正长斑岩,其走向均为近 SN 向,陡倾。

表 1 将巴家滩一带两期不同的脉状铜矿化特征进行了对比,显示出二者的地质特征具有 明显的区别。除此之外,整个庐枞地区晚期脉状矿床中 Au 和 Bi 的含量也较高,甚至形成小型 Cu-Au 矿床(如天头山)和重要的 Cu-Au 矿点(如杀虎台、朱家洼、盘洼),Au 的平均品位可 达 3~5g/t。早期脉状矿床大多含 Au 和 Bi 较低,Au 含量一般不超过 1~2g/t,很多矿脉中矿石



- 说明:•早期矿脉样品投影点 ×晚期矿脉样品 投影点 Ⅰ晚期矿脉样品分布区 Ⅱ早期 矿脉样品分布区
- 图 2 早期及晚期脉状矿化中矿石的 Au-Bi含量
- Fig. 2 Au-Bi contents in ores of early and late



- 说明:•早期矿脉样品投影点 ×晚期矿脉样品投影点 [晚期矿脉样品分布区 I早期矿脉样品分布区
- 图 3 早期及晚期脉状矿化中流体包裹体液相成 分 SO<sup>2-</sup>---Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>比值
- Fig. 3 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ves. Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratios of fluids in fluid inclusions from early and late ores

的 Au 含量在 0. lg/t 以下(图 2)。脉状矿床中石 英的 流体包裹体液相成分分析结果表明:早期脉状矿床中 SO<sup>2-</sup> 较高而 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>比值较低(图 3)。气相成分分析 结果(图 4)显示:早期脉状矿化的流体包裹体中 CO2 及 CO 含量较低,晚期趋于增加。流体包裹体成分的上 述变化规律与 Au-Bi 在矿石中含量的变化趋势一致, 显示了流体包裹体成分与成矿元素组合之间有一定的 内在联系。两期脉状矿化如果在同一地区重叠出现,就 有可能在晚期脉状矿的深部出现早期矿化,呈现"双层 矿化"格局。根据我们对巴家滩附近冷塘洼矿点的观 察,民窿中地表矿脉产状(SN 向)与较深部矿脉走向有, 区别(NW 向),围岩时代也明显不同,不排除出现双层 矿化的可能性。但是,是否在浮山组与双庙组火山岩之 下能找到隐伏的早期矿脉(图 5),且有重要经济价值, 目前看来困难较大,因为本区浮山组和双庙组火山岩 分布区均靠近于破火山口,晚期火山岩浆活动十分强 烈,深部早期矿化难免不受破坏。





图 4 早期及晚期脉状矿化流体包裹体中气相成分 CO-CO<sub>2</sub> 含量

Fig. 4 CO ves. CO<sub>2</sub> contents in fluid inclusions from early and late ores

庐枞地区两期脉状矿化均出现于两大火山岩浆活动末期,它们均穿切了同期的火山岩、次 火山岩、成矿后的同期岩浆活动或完全终止、或极弱,根据成矿时上覆火山岩可能最大厚度估 计矿脉形成深度上限不超过 500~1000m,成矿时相当于"全面隆起阶段",这对矿体的保存极 为不利。



图例说明:1. 基底沉积岩 2. 晚侏罗世侵入岩 3. 早白垩世侵入岩 4. 早期火山岩 (J<sub>31</sub>, J<sub>32</sub>) 5. 晚期火山岩(K<sub>15</sub>, K<sub>11</sub>) 6. 早期矿脉 7. 晚期矿脉 8. 断裂

# 图 5 庐枞地区两期脉状矿化空间分布示意图(示双层矿化格局)

Fi. 5 Diagram showing the spatial distribution pattern of early and late vein mineralization in the L-Z district

# 4 工业矿体出现的有 利条件

根据对庐枞地区有工业价 值的 4 个矿床(拔茅山、井边、 石门庵、天头山)与其余 40 处 矿点、矿化点的对比,初步确定 形成有工业价值的矿脉有利条 件是:

# 4.1 矿脉的延长稳定

本区矿脉走向为 SN、EW、 NW、NE-NNE4 组,据 60 个矿 床、矿点,162 条矿脉统计结 果,以 SN 和 EW 向最重要,与 区域性断裂走向及发育顺序大 致接近,因此矿脉主要受区域

性(贯通性)断裂及基底断裂控制。有工业价值的矿脉一般长 1.5~2km,少数可断续长达 3km, 力学性质以剪切为主,且多次活动,而无经济价值的矿脉多不稳定,延长短。

## 4.2 矿化期和矿化阶段的次数多少与矿化规模有关

有经济意义的矿床其矿化阶段一般在四个以上,脉体穿插、交截现象较普遍,矿物种类复杂,除石英、黄铁矿、黄铜矿、镜铁矿外,还有斑铜矿、兰辉铜矿、铜兰、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、 重晶石、萤石、铁锰碳酸盐等,石英的世代较多,而无经济意义的矿化点其脉体中矿物种类简 单。

# 4.3 有经济价值的矿床都产于次火山岩体中或其附近,并有较复杂的脉岩相伴

如井边铜矿产于粗安斑岩中,拔茅山铜矿和石门庵铜矿产于辉石粗安斑岩内、外,天头山 铜金矿脉附近有较多的次火山岩体,相反,一些矿化点多远离次火山岩体。

# 4.4 有经济意义矿体的构造位置

脉状铜矿、铜金矿均位于火山一构造洼地边缘,在箕状盆地的较浅部,接近于基底沉积岩 处;在破火山口内(如矾山、七家山、浮山)则无或极少见脉状矿化;在火山一构造洼地西部也很 少有脉状矿化出现,其基底沉陷较深。这一现象对查明脉状矿床的成因很有意义,表明脉状矿 化与沉积岩关系较密切。

4.5 有经济价值矿体的化探异常特征

铜(金)脉状矿床,其原生晕和次生晕 Cu、Au 的化探异常峰值高,沿走向稳定,但分布范围 小,水平分带清楚,自脉体中心向外为 Cu(Au、Ag、Bi)→Mo→Mn、Ba、Pb、Zn,垂直分带明显,有 多种异常相伴(如:脉状金矿出现地电化学异常,水系沉积物 Au 异常),电阻率异常明显而稳 定,并有弱激发极化异常相伴。

以上研究表明:庐枞火山一构造洼地的很多地段缺少形成具工业价值矿体的有利条件。

# 5 脉状矿床的成因

在地质研究的基础上,作者还进行了与成矿有关的测试,现将各类与判断矿床成因有关的 数据概述如下:

表 2 部分脉状矿质	:均一法測温结果(石英)

Table 2 Homogeneous temperatures of some vein deposits (for quartz)

Ø. Z	样品类型	测定数	均一温度(℃)
天头山	金、铜石英脉	28	170~245
盘洼	金、铜石英脉	25	175~270
巴家滩外围	石英、方解石铜矿脉	4	215~275

测定者:王实

#### 表 3 部分脉状矿床爆裂法测温结果

Table 3 Explosion temperatures of some vein deposits

<u> </u>				Ę	£	头	Щ				巴家滩外围	盘洼
联口米型	1号脉				2 号脉		3 号脉			<b>一</b> 士		
杆叩矢型	石英	镜铁矿	重晶石	黄铁矿	石英	重晶石	镜铁矿	石英	重晶石	镜铁矿		
测试数	19	2	3	1	4	1	1	1	2	1	5	3
温度范围 (℃)	250~ 335	220~ 280	230~ 280	250	245~ 285	260	235	285	270~ 292	270	320~395 •	320~390·

测定者:王实:\*测定者:黄耀生,质谐法,供参考

## 5.1 成矿的物理化学条件

5.1.1 **温度** 表 2 和表 3 为部分脉状矿床、矿点均一法和爆裂法测温的结果,本区脉状矿床的均一温度为 170~275℃,由于形成深度浅,压力校正值小,上述均一温度接近成矿温度。 在天头山矿区勘探深度范围内(-445m),未观察到同世代矿物均一温度的明显变化,表明温

20

度梯度小。

5.1.2 **流体包裹体的液相成分** 根据三个矿区 11 件测试结果,脉状矿床中阳离子的相对 浓度是, $Ca^{2+}>Na^+>K^+>Mg^{2+}>Fe^{3+}$ ;阴离子的相对浓度是: $SO_{1}^{-}>HCO_{3}^{-}>Cl^{-}>F^{-}$ ,各矿床 中液相成分均以富 SO<sub>1</sub><sup>-</sup> 和 HOC<sub>3</sub><sup>-</sup> 为特征。

5.1.3 **热液的** PH 值 根据流体包裹体提取液的 PH 值经计算校正后热液的 PH 值为 5.2 ~7.2, Eh 值为 32.5~128.4mv, 矿液为中一弱碱性, 较氧化。

5.1.4 **盐度和密度** \*根据脉状矿床流体包裹体的液相和气相成分估算成矿流体密度为 0. 87~0.99g/Cm<sup>3</sup>,盐度为 4.5~13.1wt%NaCl,少数为 20.9wt%NaCl。

表 4 庐枞地区脉 状矿床包裹体溶液 H、O、C 同位素成分

```
Table 4 H, 0-, C- isotopic composition of fluid in fluid inclusions in some copper(gold) vein deposits
```

采样地点	样号	H₂O 中同	位素组成	CO <sub>2</sub> 中同位素组成			
		δ <sup>18</sup> 0‰ (SMOW)	δD‰ (SMOW)	δ <sup>13</sup> C‰ (PDB)	δ <sup>18</sup> O‰ (PDB)	δ <sup>18</sup> 0‰ (SMOW)	
天头山Ⅰ号脉	249	- 4. 99	- 68. 59	- 3. 42	-29. 54	0. 41	
天头山Ⅱ号脉	230	-5.61	-64.96	-13.80	-29.40 -	0.55	
盘洼	M030	-0.14	-82.60	-12.11	-28.74	1. 23	
巴家滩外围	B24	-5.27	-69.18	-4.25	-27.94	2.06	

• 测定者:王实

表 5	<b>庐枞地区脉状</b> の	「床成矿热液的 H、O 同位素成分
-----	-----------------	-------------------

矿区	杀虎台	石门庵	凤鸣庵	和尚桥	井边	南塘洼
δD <sub>H20</sub> %0 (SMOW)	-69.02	-68.245	—	_	-	
δ <sup>18</sup> O石英‰(SMOW)	5.148	11.134	5. 228	9.106	10.189	9. 208
温度(℃)	270	270	270	270	270	270
$\delta^{18}O_{H_2O}\%(SMOW)$	-2.9	3. 07	- 2. 83	1.05	2.13	1.15

Tabla	5 H-	0-	isotopic	composition	of F	wdrothermal	solution
Tante	5 <b>n</b> -	,0	BOtopic	composition	01 1	iyoromerimar	20101001

测定单位:南京大学地球科学系中心实验室 石英一水氧同位素平衡方程 δ<sup>18</sup>O<sub>H20</sub>=δ<sup>18</sup>O<sub>π英</sub>-3.38×10<sup>6</sup>T<sup>-2</sup>+3.4 (Clayton,1972)

## 5.2 矿液的同位素成分

5.2.1 **硫同位素** 脉状矿床硫化物的 δ<sup>34</sup>S 值为-0.1~-8‰(N=9),由于矿液中 CO+ CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>>0.1,因此成矿溶液的 δ<sup>34</sup>S<sub>35</sub>值也接近上述值,表明成矿热液的 S 是多来源,似以深源 为主。

5.2.2 **碳同位素** 流体包裹体中 CO<sub>2</sub> 的 δ<sup>13</sup>C<sub>PDB</sub>值为-3.4~-13.8‰(表 4),与一般热液矿 床相近。

5.2.3 氢、氧同位素 用两种方法求得了矿液的 δ<sup>18</sup>O<sub>H2</sub>o、δD<sub>H2</sub>o值,一是直接测定(表 4),另 一种是根据矿物一水同位素交换平衡计算(表 5),测定结果表明本区的成矿热液 δD 值为一 64.96~-82.60%,主要为-68.2~-69.2%之间,δ<sup>18</sup>O 值为-5.61~3.07%,多在 2.1~-5.2%之间,似以天水为主,但有不同程度的岩浆水或建造水混入。

上述数据表明:本区脉状矿床成矿热液体系总的特点是形成深度浅(<1000m),温度低 (<300°C)、含盐度中等,相对富含 SO<sup>2</sup>、HCO<sub>5</sub> 和 Ca<sup>2+</sup>,成矿热液似以天水为主,但有岩浆流 体或建造水混入。从庐枞火山一构造洼地的中心(巴家滩一带)向边缘(天头山、杀虎台、盘洼) 天水成分更趋增加,成矿温度减小、盐度增加。上述变化规律结合本区脉状矿床形成的地质背 景,提出以下成矿模式(图 6):由于庐枞火山一构造洼地火山岩之下 1~4km 处存在一个大型 浅部岩浆房,为驱动 J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>时期地下水的对流循环提供了能源;断裂十分发育,火山岩及基底 沉积岩的渗透率极高,从而形成了大规模的地下热水对流循环系统,其范围将远超过大型岩浆 房的面积;由于基底沉积岩中具富铜层位(如铜头尖组)和富膏盐层位(如东马鞍山组),使得热 液 SO<sup>2-</sup>和盐度较高,从而萃取了大量围岩中的 Cu,使热液中含铜较高;从深部岩浆房中上升 的富 H<sub>2</sub>S 岩浆流体与富 Cu(呈 CuCl<sub>2</sub>、CuSO<sub>4</sub>、Cu(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 形式被搬运)的地下水热液相遇,形成 硫化物沉淀。由于矿源、热源、水源丰富,矿化范围大,这是多达 104 处矿床、矿点、矿化点及 44 处广泛出现的次生晕异常产生的原因。据初步估算,造成区域性 Cu 异常消耗的 Cu 金属量为 1000 万~3000 万吨,由于大量的铜被分散,对于形成大型矿床极为不利。尽管现有的数据资料 和对成矿条件的研究结果,还不足以否定在庐枞地区进一步找到中、小型脉状铜、铜金矿床的 可能性,但是评价找矿前景应持客观态度。



图例说明:1.基底沉积岩 2.火山岩 3.隐伏岩体 4.岩浆 5. 地下水热液 6.岩浆热液 7.断层 8.已剥蚀部分

图 6 庐枞地区脉状矿床成矿模式示意图

Fig. 6 Diagram showing the metallogenic model of vein deposits in the L-Z district

结 6 论

a 根据对庐枞地区脉状矿床形成地质背 景、工业矿体形成条件、矿床成因的研究,认为 该区广泛出现的铜矿化和铜异常是由于较充分 的水源、热源、矿源所引起,但大范围的分散矿 化消耗了大量成矿金属元素,不利于形成重要 的有很大经济价值的矿床。

b 在一定条件下,大范围出现的物、化探 异常并不是有利于形成重要工业矿体的标志, 而是成矿元素被分散的标志。只有在详尽的成

矿地质背景、成矿条件和矿床成因研究的基础上,结合物、化探资料才能正确评价区域的找矿 前景。

c 要形成有重要经济价值的矿床,除需充足的水源、矿源、热源等成矿条件以外,还需成 矿物质在一个小范围内集中而不被分散,这是对本区脉状矿床研究的主要结论之一。

# 参考文献

1 宁芜研究项目编写小组. 宁芜玢岩铁矿. 北京:地质出版社, 1978

2 张理刚.稳定同位素在地质科学中的应用.陕西科学技术出版社,1985

# GEOLOGICAL PREDICTION OF MINEROGENIC PROSPECT OF COPPER(GOLD)DEPOSITS IN LUJIANG-ZHONGYANG DISTRICT, ANHUI PROVINCE

Ren Qi jiang Yang Rongyong Wang Shi Xu Zhaowin (Departmint of Earth Sciences, Nanjing University)

#### Abstract

There are 104 copper vein mineralized areas and 44 geochomical abnormals in Lujiang — Zhongyang district(1500km), but only 4 small productive ore deposits are so far discovered. The studies on geological setting, distridution regularities, forming conditions of productive ore deposits and genesis of copper (gold) vein mineralization have shown that the sources of ore—forming elements, driving energy and water of the hydrothermal system are enough, but the ore—forming materials have not been concentrated on a small area, and a lot of copper(gold) have been dispersed, so there are lack of the forming conditions for large or huge size of copper(gold) deposits in the Lujiang—Zhongyang volcanic—structural depression, therefore a lot of mineralized areas and geochemical abnormals may not be the sign of large or huge ore—deposits and be the sign of dispersion of ore—forming elements in some cases.