15 - M

一个富铜(银)矿床的成因 及其形成机制的研究

岳东生 黄满湘 刘石年 胡祥昭 任荣恩

(中南工业大学・长沙市)

白宝林 雷治坤 (水口山矿各局・常宁县)

p 618.301

铜鼓塘铜(银)矿床是一个隐伏富矿。主要形成于地洼期。具有控矿
 因素复杂、物质来源多、成因类型多、多期多阶段成矿等特征、应属地洼
 型多因复成矿床;且地洼区的地壳演化、地幔活动、矿源层(岩)的广布、
 叠加、改造矿化则是形成富铜(银)矿床的主要机制。
 关键词 多因复成矿床 地洼富化活动 成矿机制

湖南柏坊铜(银)矿是个以铜为主,兼产 银、金、铋、铀等多种金属的隐伏矿床,以富铜 (平均品位为5%±,局部可高达20%+)著 称我国。由于矿床成因复杂,前人曾提出过数 十种看法,至今尚不统一,我们从大地构造与 成矿学的角度出发,通过室内外研究,力求解 决这一难题。

制制制体,

1 区域地质概况

A

柏坊矿区位于赣桂地洼系衡阳洼陷盆地 南缘,处在塔山东西向构造带、水口山一临武 南北向构造带和衡阳新华夏构造带的交接、 复合部位。区内有以下古生界为主的地槽构 造层,以上古生界为主的地台构造层和以中 生界为主的地洼构造层等,矿化主要分布在 地台、地洼两大构造层及其间不整合接触面 的上下。印支运动后,本区由地台阶段转变为 地洼发展阶段,燕山期为地洼激烈活动期,以 强烈块断运动和构造岩浆活动为特征,形成 了衡阳地洼盆地和大义山一水口山构造岩浆 带,许多金属矿床(如水口山铅锌矿、康家湾 金一多金属矿、柏坊铜矿、烟竹湖铜矿等)就 产在二者的交际地带。区内不同方向的构造

本文 1993 年 7 月收到,张旭明编辑,

发育,复合叠加构造活动频繁,如加里东期东 西向构造被印支期南北向构造叠加等。区域 岩浆活动强烈,大小岩体有 40 余个,其中以 印支一燕山期的大义山、水口山的复式岩体 为典型。

级21床, 矿床的(1支)28 维普资讯 http://www.cqvip.cg

2 矿床基本特征

矿区主要由铜鼓塘、刘家湾、柚子塘、大 坪等矿床或矿段组成,以铜鼓塘(包括刘家 、湾,以下简称铜矿)的规模较大,矿床成因最 复杂(图 1),故以该矿床为主做以下讨论。

矿区内仅出露有白垩系陆相红层(K。) 和上古生界海相、海陆交互相地层,其中白垩 系浅色砂岩和中上石炭统壶天灰岩(C。+」)为 主要赋矿层位。区内地质构造复杂,有北东---北北东向杨家湾背斜、柏坊向斜等,有北东西 向铜鼓塘倒转向斜、刘家湾倒转背斜等多向 不同时代的褶皱,具多期次叠加复合活动特 点,其中白垩纪地层内褶皱的方向多,且不稳 定,常出现弧形褶皱,有的是继承了古构造线 的方向,有的为新生的构造线,尚可形成紧闭 型褶皱,表明燕山运动对本区有较强的影响。 矿区断裂构造也十分发育,有北西西、北北

东、北西、北东等多个方向的断裂,其中以北 北东向(如 F₂₆、F₁₁等)和北西西向(如 F₂₂、F₂₀ 等)两组与成矿关系密切,它们多具有多次活 动的特征,往往直接控制岩浆和矿液的活动, 尤其是发育在背斜倾伏端和向斜扬起端的断 裂(包括层间、不整合面上的断裂)对矿化更 有利。



图 1 柏坊铜矿矿区地质简图

Q一第四系 $_{1}$ K $_{2}$ d⁴一白垩系上统戴家坪组第四段 $_{1}$ K $_{2}$ d³一白 垩系上统戴家坪组第三段 $_{1}$ K $_{2}$ d³一白垩系二统戴家坪组第 二段 $_{1}$ K $_{2}$ d³一白垩系二统戴家坪组第一段 $_{1}$ P $_{2}$ d一二叠系上 统斗岭组 $_{1}$ P $_{1}$ d一二叠系下统当中组 $_{1}$ P $_{2}$ d一二叠系上 统斗岭组 $_{1}$ P $_{1}$ d一二叠系下统当中组 $_{1}$ P $_{2}$ d一二叠系上 统斗岭组 $_{1}$ P $_{1}$ d一二叠系下统当中组 $_{1}$ P $_{2}$ d一二叠系下 纪 $_{1}$ C $_{2+3}$ -石炭系中上统 $_{1}$ C $_{1}$ 2-石炭系下统栏门桥组 $_{1}$ C $_{1}$ 2 一石炭系下统测水组 $_{1}$ C $_{1}$ S-石炭系下统石磴子组 $_{2}$ C $_{1}$ 2⁻ 石炭系下统制大组 $_{1}$ C $_{1}$ S-石炭系下统石磴子组 $_{2}$ C $_{1}$ 2⁻ 石炭系下统岩关阶刘家塘段 $_{1}$ C $_{1}$ D-石炭系下统岩关阶孟 公坳段 $_{1}$ Y-花岗闪长短岩 $_{1}$ 1-地层不整台界线 $_{2}$ -地层界 线 $_{1}$ S--街 $_{1}$ 新 $_{1}$ 4-倒转背斜 $_{1}$ 5-向斜 $_{1}$ 6 例转向斜 $_{1}$ 7-隐伏 同 $_{1}$ =2-断层及编号 $_{1}$ 9-推测新层及编号 $_{1}$ 10-矿体投影

界线

16

除上述地质条件外,铜矿还具有以下特征:

2.1 矿体赋存条件

按矿体产出的具体条件可划分为4类:

(1) 产于白垩系浅色层内,以沉积矿化 为主,兼有后期改造特征的矿体,如铜矿 I号 矿体。

(2) 产于壶天灰岩与斗岭煤系(P₂d1) 接触破碎带内的 \Ⅰ 号矿体。

(3) 产于白垩系红层与壶天灰岩不整合接触破碎带、古溶洞附近的 № 号、 № 号等矿体。

(4) 产于上古生界碳酸盐地层(主要是 壶天白云质灰岩、栖霞灰岩等)内的脉状、不 规则状等矿体,如矿床深部刘家湾的矿体等。

由上得知,除部分 I 号矿体受白垩系含 钙长石砂岩控制外,其余矿体均明显受构造 控制。

2.2 矿化发展过程和矿石类型

根据矿体的产出条件、矿物共生组合、矿石的结构构造等特征,可将铜矿的矿化过程划分为3期5个阶段;(1)沉积一改造期;(2)热液期;A.斑铜矿—黝铜矿—闪锌矿阶段; B.辉铜矿—斑铜矿—蓝铜矿阶段;C.黄铁矿—方解石阶段;(3).表生期。所以,矿化具有多期多阶段的特征,并以热液矿化为主。

经研究,铜矿内有3个主要矿石成因类 型:(1)沉积一改造型,矿石主要由辉铜矿、 斑铜矿等组成,伴生有银、铀等金属矿物,呈 层状、细脉网脉状、浸染状、结核状、豆状等产 出,辉铜矿等可呈砂屑的胶结物出现,尚可见 黄铁矿呈草莓状、球粒状,矿石尽管受到后期 的改造作用,其原生沉积特征仍可见及;(2) 热液型,矿石成分比较复杂,但仍以辉铜矿为 主,其次是斑铜矿、黝铜矿、辉银矿、沥青铀矿 等,尚含有少量黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅 矿等矿物,有块状、脉状、浸染状、角砾状等矿 石,交代溶蚀结构普遍,并可见黄铜矿与斑铜 矿、斑铜矿与辉铜矿等矿物对的固溶体分离 结构,用铀一铅法测定矿石的年龄值为 75Ma,相当于燕山中晚期;(3)表生富集型, 主要由孔雀石、铜蓝、赤铜矿、辉铜矿等矿物 组成,有粉末状、土状、皮壳状、多孔状、胶状、 网脉状等矿石。以上三者空间关系密切,且均 含有辉铜矿等铜矿物。

2.3 图岩蚀变

矿床围岩内发育有硅化、碳酸盐化、白云 石化、绿泥石化、重晶石化等多种蚀变,早期 以硅化为主,分布广泛,强弱不均,强硅化处 灰岩可变成"石英岩",红色砂岩也褪色为浅 色砂岩,并可见浅、红界线穿层、浅色层突变 为红层等现象。经测定硅化灰岩常较原岩含 铜、银等元素的量低 1~2个数量级,表明热 液已将其部分活化转移了。硅化后的岩石性 较脆、易破裂,因而可提高原岩的渗透性,对 矿化有利。晚期硅化多局限于矿体周围,与矿 化关系较密切。

矿床内碳酸盐化普遍,常在早期硅化后 出现,可见硅化岩石的碎块被碳酸盐矿物胶 结的现象,在铜矿化地段碳酸盐化一般变强, 这种蚀变有向矿床深部增强的趋势。绿泥石 化多见于矿床深部,常在金属硫化物较多的 地段出现。重晶石化则见于矿床浅部或铅锌 矿化地段,常与硅化、碳酸盐化等伴生。

2.4 矿区岩浆岩

1

矿区南部出露有9条花岗闪长斑岩小岩 脉或岩瘤,长几十米至几百米,宽约几米至几 十米,沿北西一南东方向分布,为复式岩体, 用钾一氢法测得其年龄分别为158Ma和 165Ma,属燕山中期的产物,为铝过饱和的钙 碱性岩石,且 K₂O>Na₂O,平均含铜48× 10⁻⁶、含银1.04×10⁻⁶,分别高出世界花岗岩 平均含铜量的2.4倍、含银量的200倍,岩石 变质现象普遍(如绢云母化、硅化、绿泥石化、 钾化、黄铁矿化等),并可见含铜方解石脉穿 插在接触带内。岩体的稀土模式曲线为向右 倾斜、呈异常不明显的平滑曲线(图2)、ôEu >0.8,应为同熔型(I型)花岗岩类,其在A. H. 查瓦里茨基数值特征与成矿专属性关系 图上的投影,恰落在有利于形成铜矿床的范 围内(图 3)。尽管岩体规模很小,但据 GDP (深部物探)测量结果推测,深部可能有隐伏 的岩体,它们都可以为矿区成矿提供物源和 能源。



3.1 成矿温度

据 70 件样品包裹体爆裂法测温结果 (略)发现;矿床热液矿化的温度变化在 200 ~300℃之间,其频率曲线为多峰型,与热液 矿化的多阶段性特征相吻合。脉石矿物方解 石包裹体的均一温度为 237~241 C,其均值 为239℃。

矿石内出现的斑铜矿与黄铜矿、辉铜矿 与斑铜矿等的固溶体分解结构,经前人(A. A.费利蒙诺娃、A.B.爱德华兹等)用实验查 得,其形成温度在175~270℃之间。我们还 利用共生矿物辉铜矿、黄铁矿的 δ³⁴S 值及平 衡常数1.06×10⁶(大本,1978)求得成矿温 度也在198~246.3℃之间。若再结合矿床的 围岩蚀变、矿物组合等特征分析,该矿床应属 中(低)温热液矿床。

3.2 成矿深度

根据矿石中方解石内 CO₂、H₂O 包裹体 的部分均一化温度(14C)及其体积比 3.05/ 13.43,求得矿床形成的深度为607m土,与矿 体上覆岩层(Ki~Ki)的厚度(660m±)近似, 可推测其为浅成热液矿床。矿区花岗闪长斑 岩侵入在壶天灰岩内,被红层(K₂)覆盖,与 矿床的形成深度相似。

矿床内可见辉铜矿、黄铁矿和黄铜矿共 生,可用下列反应平衡式表达这一共生关系: 2CuFeS₂(黄铜矿)+1/2S₂ ⇒CuS(辉铜

矿)+2FeS2(黄铁矿)

根据上式反应物、生成物的物一化参数 和化学平衡原理,能计算出该共生矿物形成 的压力,若S₂为生物硫(见后述),算得压力 为 5.47Pa, 折算深度约 20m, 这相当于白垩 系沉积铜矿被改造的深度;若S₂为S^{□−}(H₂S 的分解等),则求得成矿压力为 295.9Pa,相 当于 1.076km 的深度,说明矿区铜矿化也可 在1km 以下的深度里进行。

若按矿床形成温度为 240℃、平均地热 增温率为 4 C / 100m 推算,成矿深度可达 6km 左右,与上述成矿深度和矿床特征显然 是矛盾的。由于矿床处在地洼活动区内的地 18

·热异常地段,下渗地下水在 6km 以上被加 热、随后吸收岩浆、围岩等的盐类、矿质……, 形成矿液,经构造循环到达浅部,于有利部位 成矿。总之,矿液是在地壳深处形成,而铜的 矿化却是在 1km 以上的近地表处进行的,故 可称中(低)温浅成矿床。

3.3 硫同位素组成及硫源

据 22 件样品的测定,矿床的 δ⁴⁴S 变化 在-29.56‰~+3.66‰之间,范围较宽,其 中绝大多数为负值,平均一16%,土,以工号矿 体的均值最小(-19.6%)、N、N、N、N号矿体 的均值虽都为负值,但有依次增大趋势,深部 脉状矿体则不同,其均值却为+1.47‰。矿床 ♂4S的频率曲线具双峰正态分布特征(图) 4).说明矿床至少有两个硫源。我们从非相交 双峰概率曲线中(图 5),可筛分出 δ⁴⁴S 负值 占 95%,应属"生物硫",与富含有机质的赋 矿地层(例如斗岭煤系、白垩系浅色长石砂岩 等)有关,还有 5%近于零值(+0.05%)的正 小值群,具有陨石硫的特征,应与矿区花岗闪 长斑岩同源。



图 4 矿床硫同位素分布频率直方图

众所周知,目前多采用矿液中的总硫同 位素(δ³⁴S₃₅)组成来判断硫的来源。在已知主 矿化阶段的方解石的均一温度(240C)、pH 值(7.8)、logfo₂(-37.2)的条件下,利用大 95%的硫同位素的总组成为一21%。,也显示

出矿液以生物硫为主的特征。



图 5 矿床硫同位素值(&"S)的对数概率图

矿床其余 5%的硫同位素值可采用 Pinckney 和 Rafter (1972)的方法,即利用辉铜矿、黄铁矿矿物对(见前述)的 δ^{34} S 与 10^{5} T⁻²作图(图 6),交点A的 δ^{34} S(成矿溶液的 δ^{34} S₂₅)为+0.4‰,即为一群近于零的正小值,说明矿液内确有少量的幔源硫。

3.4 成矿物质来源

产于白垩系浅色层内以沉积成矿为主的 矿体,根据红色砂砾岩内的斜层理、波痕、同 生泥砾等的产状(170~200°∠10~30°)等推 测,地表水的主流向是自南向北流的,说明其 矿质主要是来自衡阳盆地南侧周边蚀源区含 铜地质体的风化产物,其中包括古生代地层 内的矿源层(例如壶天灰岩含铜 0.02%、斗 岭煤系含铜 0.0008%等均高出同类岩石铜 的克拉克值许多倍)和侵入其中的含矿岩体。



图 6 辉铜矿一黄铁矿的(8°°S-10°T-2关系图

表生富集矿化的物质主要来自矿体上覆 岩层(例如白垩系浅色层等)和浅部矿体。经 地球化学测量查明,矿区地层内 Cu、Pb、As 等元素趋于贫化(表 1),且深部地层较地表 同类岩层上述元素的含量又有所增高,说明 地表岩层的矿质已被水介质活化转移。地表 介质及早期热液对 I 号矿体的改造十分典 型,原层状矿的金属硫化物绝大部分已被氧 化淋滤,多见孔雀石、褐铁矿及孔洞等,矿体 向下则变为孔雀石、赤铜矿、自然铜、自然银 等氧化产物,至矿床深部矿石则以辉铜矿为 主,矿化受断裂控制,明显与碳酸盐化、白云 石化等有关。

元素名称	Cu	РЬ	Ag	As	Hg
矿区背景	0. 0027	0,001	0. 0001	0.00045	0.00006
为克拉克值倍数	0. 27	0.62	10	0.9	8.56

表1 矿区主要元素背景值与克拉克值的比值表

热液矿化的物质来源比较复杂,例如由 热液形成的辉铜矿含有 Ag、Au、Pb、Za、Co、 Ni 等 20 余种微量元素,通过 20 个单矿物分 折结果的 R 型点群分析(图 7)发现;当相关 系数为 0.3 时,它们被划分为两大群,一群以

亲铁元素 Co、Ni、Cu、Ag 等为主,另一群为亲 硫元素(Zn、Hg、Bi等)与阳离子(Ca、Mg等) 的混合元素群;当相关系数为 0、74 时,前者 又被分为 Ni、Co 与 Cu、Ag 两小群,Ni、Co 在 脉状黄铁矿内含量较高,显内生性和外生性

者均在矿床内出现(详见后述),来源复杂,因 其有亲铜性,导致它们异源同归。Cu⁺、Ag⁺ 具有相同的电负性,在该矿密切共生于辉铜 矿等铜的硫化物中。另一群也被分为两小群、 其中 Ca、Mg、U 等为亲石元素,不具亲铜性, Ca、Mg 又是碳酸盐岩的特征元素,其来源与 矿区地层有关,而 Zn、Hg、Bi 等属亲硫元素, 其地球化学行为与前者有明显差别。总之,这 种复杂的元素组合一定有其复杂的历史和来 源。



图 7 矿床微量元素 R 型聚类分析谱系图
用矿石和围岩的微量元素平均含量以其
克拉克值标准化后作图(图 8),从中可看出:
Ⅰ、N 两矿体与白垩系(K)的曲线形态类似;
V、N 二矿体与壶天灰岩(C₂+₃)的曲线近似,
说明成矿元素主要是来自这些铜丰度值高的

地层。但是,它们的曲线形态并不完全一样, 尤其是 VI 号矿体的曲线形态变异较大,原因 是多方面的,物源增加可能是其原因之一,例 如矿区含 Cu、Ag 等元素较高的岩浆岩就可 能成为矿区成矿的物质热能等的供应者,上 述硫源就是其佐证。





ъ.	5	志市	∵rt=	50	:6
	3	763	Æ	ᅎ	ᇔ

样品	矿物		气相成分含量(微克/克)							
编号	名称	H ₂	O_2	N ₂	CH₁	00	C₂H₄	CO2	C2H6	H₃O
819-4	方解石	0.045	0.675	26.041	痕	痕	无	134.432	无	242
714	辉铜矿	7.119	痕	10, 179	0. 537	3. 441	无	236.868	无	8732
803-3	辉铜矿	9.718	痕	2.065	0.378	痕	无	1035.851	无	5302
819- 4 °	辉铜矿	痕	痕	8.214	0.386	无	无	870.013	无	1074
No24	辉铜矿	6.052	寢	11.890	痕	寢	无	372.904	无	11405
903-13	辉铜矿	10.999	痕	20.499	痕	寢	无	776.298	无	10731
903-13-1	辉铜矿	1.406	痕	8.497	0.840	3. 982	无	363, 105	モ	5162
-9-2	辉铜矿	40.745	无	・无	26. 5 9 5	23, 768	12.112	1934.689	12. 332	6 97 9

表 2-A 流体包裹体气相成分色谱分析结果·

3.5.1 矿物包裹体成分

包裹体成分的测定结果(表 2)进行计算、分析 后发现:

表2—B 矿物	匆包裹体液相成分分析结果 [。]
---------	---------------------------

样品	矿物		液相成分含量(微克/克)					
编号	名称	К+	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F-	CI-	
903-13	辉铜矿	0.95	91. 34	666.03	11.67	1.83	10.57	
903-13-1	辉铜矿	0.86	115.78	124.49	37.88	2.39	14.52	
B19-4	辉铜矿	0.60	46.74	134. 8 4	11.87	1.73	7.79	
No24	辉铜矿	1.95	17.75	10.08	0.66	4.47	7.58	

▶ 中南工业大学地质系包裹体成分分析室分析。

对矿石主要组成矿物辉铜矿、方解石等。

(1)成矿溶液的总组成主要是 Ca--Na-Mg-Cl型,但也有少量样品(如 93--11--1
等)为 Ca--Mg--Na--F型。

(2)绝大多数样品中 Na/K 值在 14~
135 之间,Na/(Ca+Mg)<1.5,完全符合罗
德(1979)提出的热卤水的组成特征,但也有
少数样品(如 609-9 等)的 Na/K 值在 1.5~
~3.3之间,且F/Cl>1,不符合上述特征,而
接近于岩浆期后热液的组成。

(3)成矿溶液的 pH 值变化在 7.13~ 8.45之间,其均值为 7.8,显弱碱性。矿床围 岩早期的硅化是在弱酸性条件下进行的,溶 液内 Ca²⁺离子相应增加,与矿化关系密切的 碳酸盐化等又是在弱碱性环境内发生的,说 明成矿介质是从弱酸性向弱碱性方向演化 的。介质之 Eh 的均值为-0.215V,表现出一 定的还原特征,辉铜矿的 Cu⁺离子只能在弱 还原条件下大量出现,一遇氧化条件就变成 自然铜或赤铜矿,一遇强还原环境就转变为 Cu³⁺离子。成矿流体的盐度为 3.7wt%,略高 于海水的盐度。因此,可以认为矿液是以中等 盐度的呈弱酸性的热卤水为主,并混有少量 岩浆热液,是在弱还原、弱碱性环境里成矿 的。

3.5.2 碳、氧同位素

对不同阶段的方解石、重晶石进行碳、氧 同位素测定(表 3), $\delta^{18}O_{\pi\pi\pi}$ 值为一12.3‰~ -17、7‰,落在雨水 $\delta^{18}O$ 值变化范围内,且 早期方解石 $\delta^{18}O$ 值(-15.1‰~-17.7‰) 较晚期方解石 $\delta^{18}O$ 值(-12.3‰~ -12.9‰)低。若据奥尼尔(1969)的方解石氧同 位素平衡分馏方程,可求得与方解石沉淀时 平衡的共存水的氧同位素组成(表 3),并投 影在 δD — $\delta^{18}O$ 图解上(图 9),除重晶石外, 其余投影点均处在雨水与岩浆水之间的区 域,表明成矿溶液主要来自地下水,并有岩浆 水的混合,重晶石的投影点就是其佐证。

δ¹³C 值变化在-2‰~+1.2‰之间,说 测定(计算)结果

116 116 116 116 116 116 116 116 116 116		测定	成矿	测定或计算结果(%)				
顺序写	順序号 样品号 む物	阶段	6 ³³ 05#4	\$¹8O*	ðD	\$13C		
1	K287	方解石	1	-17.7	-10.07	-71.82	-1.3	
2	K8057	方解石	1	-16.3	-8.67	- 60. 08	-2.0	
э	K6092	方解石	2	-12.3	-4.67	28. 08	+0.1	
4	K5091	方解石	2	-12.9	- 5. 27	— 32. 88	-0.1	
5	K933	方解石	1		-7.47	-50.48	+0.7	
6	K93—11	方解石	2	-12. B	- 5. 17	- 92.4	+1.2	
7	MarK—3	重晶石		5.61	,	-45.9		

表 3 碳、氢、氧同位素组成测定(计算)结果

桂林矿产地质研究院同位素室测定ィδ¹Oォ 是按 1000Inaカ#石-ォ=δ¹O_{カW石}-δ¹O_木 计算出来的。

明海相碳酸盐是其主要来源(如壶天灰岩

等),且亦有由第一矿化阶段(均值为一

0.87‰)向第二矿化阶段(均值为+0.4‰)增 大的趋势,可能是因为随着温度的下降,增加 了热液和围岩间的同位素分馏所致。

总之,矿床的热液以下渗水为主,并混有 少量岩浆水,故称混合热液。



3.6 微量元素的比值

3.6.1 矿石的 U/Th 值

在外生条件下、U⁺⁺变为 U⁶⁺、成为易迁 移的元素、与 Th 逐渐分离、并随着迁移距离 的增大、U/Th 值也随之变大、但在内生矿石 内 U、Th 均呈正 4 价,彼此以相似性为主,其 比值相对较小。经计算、I 号矿体的 U/Th 值 为 64.7, M 号矿体仅为 3.1、显然前者的外生 性强,而后者的内生性显著,并接近酸性岩浆 岩的 U/Th 值(0、19~0.35)。

3.6.2 黄铁矿的Co/Ni值

■号矿体黄铁矿的 Co/Ni 值为 0.57, 而 深部热液脉状矿体黄铁矿的 Co/Ni 值为 1.58, 两者有明显差别, 正如 A. Bralia 等 (1979)所指出的那样, 沉积黄铁矿的 Co/Ni =0.6, 热液黄铁矿 Co/Ni 的平均值为 1.17。 所以, I 号矿体以沉积矿化为主, 脉状矿体则 以内生矿化为主。

在同一矿床内,Co/Ni值既有小于1者, 又有大于1的,而平均值近于1(0.97),说明 在复因矿液中渗滤流体居主要地位(匡耀求, 1991)。

3.7 矿液流向

据矿床方解石等矿物包裹体测温结果的



图 10-A 铜鼓塘矿床南北向等温线剖面图 1--等温线:2--热波主流向;3--地下水流向;4--中段;5---样品编号

计算,各中段的平均温度见表 4,从中可看出 成矿温度向上降低的趋势。其降温率远超过 地壳平均增温率,说明温度剧降是金属硫化 物大量沉淀的主要原因。

中段	Ag/Pb	Pb/Zn	相邻两中 段的高差 (m)	中段平均 温度(で)	相邻两中段 矿化的 盘 度 差(C)
5				269	
6	0. 259	0.14	30	275	6
7	ი. 214	0.13	3 0	281	6
8	0.139	0.09	3 0	399	18
9	0.124	0.02	30	334	25

表 4 各中段的平均温度

用该测温结果所绘温度等值线图(图 10),在纵剖面图上也有温度自下而上降低的 趋势,且等温线基本平行大断裂(F₂₂)分布,显 示出矿液主要是沿断裂上升的;在平面图上, 等温线却具有自南东向北西降温趋势,说明 热液是向北西方向流动的。



图 10-B 铜鼓塘矿床 9 中段爆裂温度等值线平面图 1-- 温度;2--热液主流向;3-矿体及编号;4--断层及编号; 5--采样点号

在热液中,Ag、Pb、Zn 等元素的一般活动 顺序是 Ag>Pb>Zn,从表 4 可看出 Ag/Pb、 Pb/Zn 值自上向下减小,也显示了矿液上流的趋势。

总之,成矿溶液自南东深部向北西浅部 沿构造薄弱带上升,由于温度、介质环境等的 变化,在适宜的环境中成矿。

3.8 成矿物质场的时空结构

经研究矿床成矿物质场在时空结构上具 有3级分异和逐步浓集的特征。成矿物质的 第1次分异富集,是与地洼初动期的古陆剥 蚀和盆地沉积作用有关的初始分异富集,形 成夕卡岩型铜矿或"矿源层"。重力场及化学 位场是铜等成矿物质分异和富集的主要能量 场。白垩系红层中的浅色含钙长石石英砂岩 为主要赋矿层位,地注隆起与注陷交界的局 部凹陷、河口三角洲及古河道等为有利的成 矿场所。这一阶段铜的富集品位可达1%~ 2%;成矿物质的第2次分异富集是白垩纪晚 期红层沉积之后,由于地注激烈罚的构造— 热事件而形成的成矿物质活化改造及混合热 液叠加富集,构造一岩浆活动所形成的应力 场和温度场是主要的能量场、矿区新老地层 不整合面及古风化壳、有利岩层 C2+3(壶天白 云质灰岩)和斗岭煤系地层(P.d1)间的推覆 一滑塌断裂面和附近的古溶洞,以及隐伏岩 体的超复侵入接触界面是有利的矿化富集部 位。这一阶段铜的富集品位可达3%~5%;成 矿物质的第3次分异富集是在原生矿体形成 之后,由地表水的淋滤作用以及冷液淬取所 形成的次生叠加富集 其能量场主要是化学 位场,矿化受古潜水面或地球化学障的控制, 这一阶段铜的品位可高达 20%十。

总之,铜矿经历了同生沉积、沉积改造、 混合热液矿化(以热卤水为主)、表生富集等 多种矿化过程,矿床以热液矿化为主,在地洼 期内成矿,具有多大地构造阶段、多物质来 源、多成矿作用、多控矿因素、多矿化阶段等 特征,应属地洼型多因复成矿床。

4 矿床形成机制

矿区壳体经历了地槽、地台、地洼等多个 23 构造发展阶段,矿化具有继承性,矿床主要是 在地洼活动期内形成的。

在地台阶段,矿区沉积了一套上古生代 滨海一浅海相以碳酸盐为主的岩层,并形成 了含铜丰度值较高的壶天灰岩、栖霞灰岩、斗 岭煤系等"矿源层"。进入地洼阶段后,由于印 支、燕山、喜山运动的影响,地幔蠕动渐趋强 烈,在分散式地幔蠕流之上,莫霍面相对隆 起,地面下陷,因而形成地洼盆地----衡阳地 洼盆地和邻区的隆起。在盆地内沉积了一套 陆相红层----地洼构造层,与此同时,来自含 铜地质体(例如壶天灰岩、基性一酸性火成岩 等)经风化而迁出的易溶含铜化合物(如 CuSO₄等)与主要由有机质(来自含有机质丰 富的斗岭煤系等)分解出来的 H₂S 作用,形 成铜的硫化物并与砂、泥一起沉淀,出现了草 莓状、球粒状、胶状黄铁矿,随后又受到沉积 改造作用,矿石中可见胶结状、网脉状等细粒 辉铜矿。这些硫化物或者在有利场所形成矿 体(砂岩铜矿),或者构成矿源层(其Cu、Ag 等的含量常高出背景值几倍至几十倍)。 至燕 山中、晚期,地幔蠕动活跃,区域岩浆活动强 烈而频繁,幔源物质沿盆地边际的复活深断 裂、推覆断裂等构造薄弱带上侵,引起大地热 流增高,因而可加热地下水,促进水的大循

环,导致矿区 600m[±]深处出现了 200~300℃ 的热液,在其循环中既可淬取含矿地质体(矿 源层等)的成矿物质,又可吸收上升的地幔物 质(如矿石内有幔源硫、热液中混有岩浆水 等),形成混合矿液,在盆地边缘有利地段,在 适宜的物一化条件下富集成矿,它们有的还 表现为改造先期的矿源层或矿体(如1号矿 体等),形成再造富集矿床等。当地洼活动激 列期向余动期过渡转变时,地热活动相对变 弱,矿区壳体以频繁的升降活动为特征,并以 上升活动为主,导致先成矿体(包括矿源层 等)受到不同程度的风化、淋滤,矿质汇聚于 潜水面附近,形成由自然铜、赤铜矿、孔雀石 等矿物 组成的氧化富集带和由辉铜矿、铜蓝 等矿物组成的次生硫化物富集带,它们多局 限在构造破碎带和岩溶发育地段,由于潜水 面多次升降(以上升为主),常使次生分带界 线模糊。

参考文献

- 1 陈国达. 大地构造与成矿学. 1992.16(1)。
- 2 岳东生,地质与勘探,1991,(3)。
- 3 过云从等. 矿床字参考书(上册). 北京:地质出版社、 1985,
- 4 彭海泉、矿山地质,1991、(2)。
- 5 Pinckney D M and Rafter T A. EconGeo1. 1972.67:315 ~ 328.

Study on the Origin of a Enriched----Cu(Ag) Deposit and its Forming Mechanism

Yue Dongsheng, Huang Manxiang, Liu Shinian, Hu XiangZhao, Ren Rongen, Bai Baolin, Lei Zhikun.

Tonggutang Cu(Ag) deposit, a blind deposit, developed mainly during Diwa period, with complicated control ore factors, mult-sources of substances, mult-geneses, mult-period and stage metallogeny, should belong to Diwa polygenetic compound ore deposits. Main metallogenic mechanisms for Cu(Ag) deposits are the Earth's crust evolution, the mantle movement, the distribution, superposition and reformation of source-bed.

金刚石工具用金属粉末

一种能够提高胎体性能及改善胎体对金刚石粘 结状态的金属粉末最近由北京科技大学粉末冶金教 研室郭志猛副教授研制成功。该粉末系铬基合金(含 铬量 67%),液相温度低,可充分发挥 Cr 的作用,且 价格低廉,适用于铁基、钴基和铜基胎体的刀头和磨 24 块,经过大量试验证明,可同时提高胎体的强度、韧 性及其包镶金刚石的性能,从而可大大提高金刚石 工具的寿命。

(转自《工业金刚石通讯》,1993,No.5)