

东川类型铜矿围岩蚀变特征及其与成矿关系

李志伟*

(云南省地质研究所, 昆明)

提 要: 从东川类型铜矿含义出发, 分析了东川类型铜矿主要容矿蚀变围岩岩石类型、矿物组成及其化学成分、稀土元素变化特点。讨论了围岩蚀变与成矿之间的联系。指出因民组内发育的黑云母化, 绿泥石化、钠化与铁铜矿关系密切; 萤石化对稀土、Nb、Ta 的迁移与富集具有重要作用。而褪色化、硅化、碳酸盐化在落雪式、大簪式铜矿成矿中占有相当的分量。上述的围岩蚀变是重要的找矿标志。

关键词: 围岩蚀变 铁铜成矿 东川类型

东川类型铜矿位居扬子地台西南缘康滇地轴中南段, 赋存于中元古界昆阳群地层内。探明铜储量约占全国铜储量的九分之一, 为云南省的 56%, 是我省极为重要的铜矿类型。

“东川类型铜矿”含义(罗君烈等, 1994)与以往习称的“东川式”铜矿含义^[1,2]并不完全相同。虽然东川类型铜矿中各式铜矿同是在东川-易门陆内裂陷盆地基础上产生的矿床, 总的构造背景一致, 有许多相似性。但由于它们各自所处构造部位不同和形成时序上的差异以及所受的火山活动与后期变形变质改造强弱不等, 必然反映在成矿环境和物理化学条件不同, 也表现在成矿组合、蚀变特征等诸多现象上各具自己的某些特点。围岩蚀变是矿床形成过程中产生的重要现象, 蚀变围岩记录了矿物-流体相互作用过程与变化的相当信息。因此, 研究矿床中发育的蚀变种类、分布范围和强度及其矿物组合、地球化学特点, 不仅有助于了解蚀变流体性质变化, 揭示蚀变作用与成矿作用过程之间的联系, 解决矿床成因问题。而且还可通过蚀变-成矿标志的建立, 提高找矿勘探与成矿预测水平。

1 东川类型铜矿的含义

按容矿层位、沉积机制和后期改造程度强弱等分类原则, “东川类型铜矿”一词实质上是一套中元古代早期赋存于碳酸盐岩及火山沉积建造中的铜、铁、稀土成矿系列, 它包括了 4 个主要层位的同生沉积铜矿及其变形改造的相应矿床。由于本文对铜以外的矿床不过多涉及, 故少用成矿系列一词。同时, 本文将分为 6 种矿床类型式。它们是赋存于因民组三段上部的大簪式铜矿、因民组二段顶部及三段下部的稀矿山式铁铜矿; 产于落雪组的落雪式铜矿(即习称的“东川式”铜矿)和落(雪组)-鹅(头厂组)过渡层(带)中的桃园式铜矿。其容矿层位及沉积成矿特征分别与稀矿山式、落雪式(有时包括大簪式)相似, 但已明显遭受到后期强烈变形蚀变以及岩浆侵入活动影响的矿床特别划出, 前者称迤纳厂式铁铜矿, 后者称易门式铜矿。上述的稀矿山式、迤纳厂式矿床, 既有单独铜矿体也有单独铁矿体, 又有铜、铁混合矿体。在混合矿体中往往是铜“包裹”铁。其余矿床类型式均以单一铜矿为主, 特殊的是大簪式铜矿在易门地区的部分矿区有原生钴矿体与之相共、伴生, 且该式铜矿在矿化层位上往往与上覆落雪式铜矿相连。

2 蚀变围岩及其矿物组合

东川类型铜矿不同类型式矿床, 容矿围岩岩性存在较大差异, 有的为火山碎屑岩、热水沉积岩; 有的

* 李志伟, 男, 1963 年生, 博士研究生, 从事前寒武纪地质与矿产研究。邮政编码: 650011

为凝灰质白云岩、碳泥质、粉砂质白云岩和含藻白云岩以及白云质或碳泥质板岩。在少数矿区还出现长石英砂岩。这些容矿岩石中以碳酸盐岩最为重要,其次为火山碎屑岩。若从蚀变强弱程度则可划分为弱蚀变(或未蚀变)围岩与蚀变围岩两大类。后者进一步可划分为中等程度蚀变和强蚀变两种。

(1) 蚀变凝灰岩:紫红色、灰紫色,致密块状。岩石具变余凝灰结构-熔结凝灰结构,含斑结构,局部具假流纹构造。矿物组合中往往含一含量的陆源组分(5%~35%),晶屑与玻屑的含量不同矿区间有差异。晶屑成分为长石和石英,含量一般在15%~35%之间;玻屑含量为50%~65%。岩石往往具绿泥石化、水云母化、碳酸盐化及硅化、磁铁矿化等后期蚀变。岩石含碳酸盐较多者,颜色较浅,常递变为凝灰质白云岩。

(2) 绿泥黑云片岩(也称绿岩):绿色、墨绿色,致密块状或片状。镜下具鳞片变晶结构及交织结构。主要矿物为黑云母、绿泥石,碳酸盐矿物次之。此外,普遍含有数量不等的钠长石、透闪石、榍石、电气石、磷灰石、石英、萤石等。发育硅化、碳酸盐化、夕线石化、萤石化、磁铁矿化等多种蚀变且强烈,矿物组成相对复杂。其中的黑云母有两种:一种为细小鳞片状绿色黑云母,它在岩石矿物组成中占有较大的比重。这种黑云母往往 Cu^{2+} 含量较高,为含铜岩石的热流体蚀变典型标志。另一种黑云母为不规则状、簇团状,结晶较粗大。镜下为红棕色、棕黄色,多色性明显,它多沿石英、磷灰石、萤石等粒间分布,并被磁铁矿所交代。

从该岩石中有完好的石英晶屑、凝灰岩残块(鹅头厂矿床)^[3],黑云母化学成分中 TiO_2 、 P_2O_5 的含量较高,黑云母尼氏岩石化学数值投影多数落于火成岩区等综合判断,这一容矿岩石可能处于因民晚期近海底火山活动趋于平息时后续产生的热液喷口附近,系基性凝灰岩(可能夹部分泥砂沉积物)强烈蚀变的产物。

(3) 钠长石岩(也称红岩):紫红色、暗红色,碎裂结构,致密块状构造。镜下为隐晶状、针状、霏细及交织结构和碎斑状结构,斑杂状、流纹状和角砾状构造。矿物成分主要为钠长石,其次为绿泥石、黑云母、透闪石、绿帘石和硅质。钾长石、碳酸盐少量。这种岩石系火山碎屑岩或火山碎屑沉积岩经蚀变而成。

(4) 蚀变凝灰角砾岩:其组分主要由上述3种岩石构成。角砾无分选性,杂乱无章,棱角清晰,大小不一,小者1~2 mm,大者可达数米。胶结物为铁质、泥质(已蚀变成绢云母)和钙质。该岩石中镜铁矿化强烈,也含微量的电气石、磷灰石和白钛石。它可能是近火山口的浅海环境中堆积后经蚀变的产物。

以上4种岩石,尤其是绿泥石黑云片岩,常见于铁铜矿体的顶底板,或作为矿体夹石出现。长一般仅数米至数十米,厚几厘米至数米,多呈似层透镜状断续产出。

(5) 蚀变砂泥质、碳泥质或凝灰质白云岩:是大簪式铜矿的主要容矿围岩。灰白色、黑色、灰紫色、肉色等,微一粉晶结构,块状、条纹条带状构造。主要矿物组成自生白云石含量一般为50%~70%,其次为石英(10%~30%),碳泥质(或凝灰质)含量在10%~25%之间,普遍含量1%~2%的黄铁矿。不同岩石中蚀变有差异,但一般常见硅化、褪色化、绿泥石化、绢云母化等蚀变。局部见透辉石化。蚀变较强,白云石重结晶明显,泥质、凝灰质多已蚀变成绿泥石、绢云母,变余结构显著。

(6) 褪色白云岩:落雪式铜矿的主要围岩,在大簪式铜矿中也有分布。蚀变强烈者,岩石呈黄白色、米黄色、肉红色等,白云石重结晶明显,颗粒变粗。矿物成分以微晶、中一细晶白云石(70%~80%)为主,石英含量一般为10%~15%,少数可达20%;钠长石在3%~10%之间,其间白云石、石英、钠长石常呈微一中粒镶嵌状分布。此外可见到蚀变新生的绢云母、白云母、绿泥石等。在部分褪色化岩石中,隐晶白云石与微晶白云石、石英呈条纹、条带状聚集,宏观上形成明显的条带。蚀变不均一者,不论是野外露头还是手标本,均可见到常残留有大小不一的青灰色白云岩块,且褪色化白云岩部分与青灰色白云岩部分呈渐变过渡关系,说明两者的成因关系极为密切。总的来看,落雪组内褪色化白云岩与因民组内各种蚀变白云岩与铜有关的重结晶作用都是在局部变形环境达到低绿片岩相条件下发生的。但它们在矿物种类及含量上均有一定的差异,后者表现为成分上的不纯及蚀变新生矿物含量较高。

(7) 蚀变长石石英砂岩:见于稀矿山式铁铜矿床和大簪式铜矿。岩石呈浅灰白色,主要由石英、长石和白云石组成,矿物大部分残留有砂状碎屑形态。蚀变较强,碳酸盐化发育。此外尚可见铜矿物与长石、

石英发生交代作用形成港湾状结构。

(8) 白云质泥质或碳质板岩: 桃园式铜矿的主体围岩。岩石变余结构与显微鳞片变晶结构共存, 板状构造。矿物成分由蚀变新生的绢云母、绿泥石和雏晶黑云母与变余碳泥质、粉砂屑共同组成。蚀变强烈者绢云母含量可达70%~80%, 白云石呈微晶状。

由上可见, 不同类型式矿床, 弱蚀变围岩的矿物组成随原岩围岩岩性不同而有差异, 共同的特点是它们的结构、构造上都保留着原岩的沉积成岩成矿外貌特征, 蚀变的新生矿物也极少。中等—强蚀变的围岩, 新形成的蚀变矿物类型与含量有所增加, 甚至完全改变; 蚀变构造清楚—显著, 新生矿物常具变晶结构。

3 蚀变围岩的某些地球化学特点

容矿围岩发生蚀变作用过程中, 组分(或元素)的带入与带出变化在矿床形成过程中具有重要意义。在野外观察与室内研究基础上, 确定各种不同强度蚀变围岩与矿石之间主要成分含量变化关系, 可以推知它们的迁移、富集规律。

3.1 蚀变岩石化学成分变化

从蚀变岩石的化学成分分析结果(表1, 略)可以看出: ① 因民组内稀矿山式及迤纳厂式铁铜矿床, $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 组分在蚀变围岩中含量较高, 而在铜铁矿石内却急剧降低。 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 组分含量有增有减。 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 组分在蚀变围岩中普遍较高, 铜铁矿石中极低; 且多数标本中 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, 但在钠化火山岩中则出现相反的变化特点。从钠长石岩→钠质凝灰岩→绿泥黑云片岩, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量降低, 而 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量总体呈增高趋势。这一变化可能说明钠化系析铁过程, 而黑云母化绿泥石化有利于铜铁的富集; ② 大箐式与落雪式及易门式铜矿围岩相比较, 虽蚀变白云岩都主要由 CaO 、 MgO 、 SiO_2 等组分组成, 但大箐式铜矿中的蚀变白云岩有两种情况, 一种是在 CaO 、 MgO 、 SiO_2 组分含量上与落雪式的相似, 所含的 Al_2O_3 也很低。另一种是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 组分含量均明显的较它们高, 且碱质含量又更接近稀矿山式及迤纳厂式矿床围岩。这一特点充分反映出蚀变过程中的继承性演化和发展特征。

3.2 蚀变岩石稀土元素变化

从蚀变围岩及矿石的稀土元素参数特征(表2, 略)可以看出: ① 稀土元素总量(ΣREE)在不同类型蚀变围岩及矿石中差别很大。因民组内条带状含铜铁矿中高达 2070.88×10^{-6} , 块状含铜铁矿中次之; 而落雪组内脉状铜矿仅为 130.80×10^{-6} 。总的来看, ΣREE 从弱蚀变围岩到矿石均有增高的趋势, 这种变化规律在东川地区落雪式铜矿床中极为明显, 即由肉色白云岩(46.87×10^{-6})→含铜褪色白云岩(70.20×10^{-6})→层状铜矿石(80.20×10^{-6})→脉状铜矿石(130.80×10^{-6})表现有规律的增加; ② 各类蚀变围岩及矿石, 轻、重稀土比值($\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$)不同, 但均以富集轻稀土元素为特征。且随蚀变作用的加强, 轻、重稀土分馏程度具有中等—显著提高的趋势; ③ 因民组内铜铁矿石及其蚀变围岩均具中等—明显的铕正异常。而因民组、落雪组内铜矿蚀变围岩为低—中等铕负异常, 铜矿石多为中等铕正异常。尽管它们之间也存在一定的差异, 但从蚀变围岩→铜铁矿石或铜矿石都出现 δEu 有所增高的特点。

蚀变围岩的地球化学特点除上述讨论的化学成分、稀土元素变化之外, 在微量元素方面也是明显的。因民组内蚀变围岩及其矿石的微量元素组合较之落雪组内复杂。前者 Ti、Mo、Mn、Co、Au、Ag 等含量均较高, 尤其是在萤石化强烈的围岩中, 稀土元素及稀有元素(Nb、Ta)有明显的富集。而落雪组内蚀变围岩及矿石中微量元素组合相对简单, As、Zn、Ag 含量相对较高。据王可南(1973)资料, 东川地区因民组沿层分布的铜矿中 Ge 含量很低, 其值为 $0 \sim 12 \times 10^{-6}$; 而在脉状铜矿单矿物中可高达 $12 \times 10^{-6} \sim 365 \times 10^{-6}$, 说明在热液蚀变作用下发生了明显的迁移与富集作用。

4 围岩蚀变与矿化的关系

东川类型铜矿中, 已知产于因民组内的铁铜矿床, 围岩蚀变复杂、多样, 但以黑云母化、钠化、绿泥

石化、萤石化、碳酸盐化、磁铁矿化最为重要。围岩蚀变除鹅头厂矿区从外向内（主矿体）依次可划分出浅色褪色带→绿色蚀变带→红色蚀变带等 3 带之外，其余矿区蚀变分带均不甚明显。围岩蚀变（带）分布相对较窄，一般在矿体上下数米至数十米范围内；远离矿体蚀变强度明显减弱，甚至无蚀变。蚀变围岩——绿泥石黑云母片岩、钠长石岩多分布于铜铁矿体的顶底板或成为矿体的夹层出现，且绿泥石黑云母片岩厚大地段，铜铁矿体增厚变富。围岩中的条带状构造是由黑云母、绿泥石、铜矿物、磁铁矿等的相对含量变化而表现，其间可见黑云母交代绢云母，绿泥石交代黑云母；磁铁矿交代黑云母、碳酸盐矿物及磷灰石、萤石的现象十分普遍而强烈，尤其是磁铁矿化强烈者仅保留了被交代围岩矿物的外形，或在磁铁矿颗粒内保留有原岩的交代残余。从镜下观察结果来看，多是磁铁矿沿这些矿物的解理、裂隙及边缘而进行。此外，尚大量见及磁铁矿被后期黄铜矿、黄铁矿、赤铁矿、石英脉或方解石脉交代或穿插的情形。从蚀变围岩的化学成分分析结果来看，绿泥石黑云片岩 Au 含量在 0.01~0.03 g/t 之间，Ag 0.4 g/t，Cu 0.01%；穿插于其间的石英脉、碳酸盐脉、镜铁矿脉 Cu>1%，Au 0.1~0.39 g/t，Ag 量高达 145 g/t。这说明矿区热液活动具有多期性特点，且与矿化关系密切。

在迤纳厂矿区，各类黑云母片岩中含 F 为 0.2%~2.03%，平均 0.57%；在含铜磁铁矿中 F 含量一般在 0.06% 以上，最高可达 3.21%（施加辛，1975）。F 是重要的挥发性组分，以上蚀变围岩及其矿石中 F 含量较高的特点，说明萤石化对促使区内稀土、Nb、Ta、Fe、Cu 等多种元素的迁移与富集也具有十分重要的作用。

落雪组和因民组内单一铜矿床，围岩蚀变以褪色化、硅化、碳酸盐化最为广泛而强烈。从已勘查的矿区来看，褪色化蚀变在空间上没有固定层位限制，其厚度和层数在不同矿区，甚至同一矿区的不同矿段也不尽完全相同。但是，凡在白云岩型铜矿产出部位往往都有褪色化现象与之相伴生，且蚀变带范围往往大于矿体。多种蚀变叠加地段，矿化程度明显增强，矿体中的硫化物因重结晶而变粗，矿质多聚集成斑点状、团块状，甚至形成细脉、网脉以至树枝状矿体。脉状矿体矿石中也常见有固溶体分离结构、共生结构。总之，蚀变作用使围岩、矿石产生了新的组构，被活化的矿质重新富集形成了部分富矿石。

此外，在东川的新塘、白锡腊、武定大箐铜矿区等，还见有晋宁期辉绿辉长岩与含铜层接触部位也产生不同程度的接触蚀变作用，这种作用大大加富了原有的层状铜矿。

据黄永平等^[4]及作者对该区同位素测年数据综合，因民组、落雪组内铜矿成岩成矿期年龄值在 $1562 \times 10^6 \sim 1716 \times 10^6$ a 之间，而变形蚀变改造成矿期年龄为 $895 \times 10^6 \sim 1037 \times 10^6$ a 和 $375 \times 10^6 \sim 445 \times 10^6$ a，反映东川类型铜矿系通过 1~2 次有利分配叠加成矿，与野外观察相一致。

综上所述，东川类型铜矿含矿岩系为一套细碎屑岩夹火山岩或火山碎屑岩（因民组）与镁质碳酸盐岩（落雪组）为主的岩石。由于热液成分及性质和形成条件不同，它们中的蚀变种类及其组合存在差异，对矿化元素的迁移与富集影响是有区别的。黑云母化、绿泥石化、萤石化、钠长石化与铁铜、稀土、稀有金属矿化关系密切；而褪色化、硅化、碳酸盐化蚀变在落雪组、部分因民组内铜矿成矿中占有相当分量。

参 考 文 献

- 1 李志伟. 浅议“东川式”铜矿床成因. 云南地质, 1992, 11 (1): 47~51.
- 2 杨应选, 仇定茂, 阙梅英. 西昌—滇中前寒武系层控铜矿. 重庆: 重庆出版社, 1988, 65~98.
- 3 杨时惠, 阙梅英. 西昌—滇中地区磁铁矿特征及其矿床成因. 重庆: 重庆出版社, 1987, 38~53.
- 4 黄永平, 吴健民. 西昌—滇中元古界铜矿床铅同位素成矿年龄探讨. 地质地球化学, 1996, 225 (5): 9~14.