

# 扬子地台西缘稀矿山式铁铜矿床成矿 条件与火山-喷流成矿作用研究\*

吴健民 黄永平

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 广西桂林)

**提 要:** 剖析了产于扬子地台西缘川滇被动大陆边缘中元古界因民组富钠火山-喷流岩系内稀矿山式铁铜矿床7点成矿控制条件, 提出成矿物质(Fe、Cu)以深源(上地幔-下地壳)为主, 成矿流体以岩浆水为主并有海水与大气降水掺入的混合成矿热卤水, 形成于半深水次级火山洼地内富Cu、适度富Fe、相对低S地化环境的火山喷溢-喷流热水沉积(叠加)改造成矿机制与二阶段富集成矿模式。

**关键词:** 稀矿山式铁铜矿 火山喷流 热水沉积岩 深源

扬子地台西缘川滇被动大陆边缘裂谷系(刘肇昌, 1993)的中元古界, 从川南地区原会理群通安组第一段到滇中地区昆阳群因民组(迤纳厂组)赋存有层状(含铜)铁矿和铁铜矿, 并形成若干中型以上铁铜矿床和一批具较大找矿前景的矿点; 如会理通安腰棚子含铜铁矿、东川稀矿山铁铜矿和滥山铁矿, 禄劝笔架山含铜铁矿、武定迤纳厂铁铜矿和罗茨鹅头厂含铜铁矿。初步研究表明, 它们多属火山喷溢-喷流沉积改造成因, 铁铜共生, 上铁下铜, 铁与铜多层互层产出, 该类矿床在扬子地台西缘有较大找矿前景。本文将以东川地区稀矿山铁铜矿床为例, 剖析其成矿条件和火山-喷流成矿作用机制。

## 1 矿床简要地质特征

东川地区因民组稀矿山式铁铜矿主要分布于落因背斜带。矿床产于因民组稀矿山段, 其下部为因民组汤家箐段复杂角砾岩与基性火山岩, 上部为因民组紫色层。主要含矿岩石为火山质角砾岩、变磁铁斑碧质-细碧质熔岩及凝灰岩-沉凝灰岩, 准同生赤铁矿角砾岩, 赤铁矿砂质白云质绢云母板岩及各种火山喷流热水沉积岩。含铜铁矿呈层状、似层状及透镜状整合产出, 矿体产状和地层一致, 最大主矿体长约1285 m, 平均厚10.93 m, 延深1229 m未尖灭, 平均含Cu 1.05%。主要矿石类型有块状含铜铁矿石、豆状-鲕状含铜磁(赤)铁矿石、角砾状含铜磁(赤)铁矿石及火山岩和喷流热水沉积岩中的沿层浸染状、层纹条带状、层块状及细脉-网脉状铜矿石。围岩蚀变主要有硅化、绿泥石化、绢云母化、赤铁矿化等。

## 2 成矿控制条件剖析

(1) 中元古界因民组铁铜成矿带的构造环境是扬子地台西缘川滇被动大陆边缘裂谷系。

\* 国家八五攻关项目(编号85-901-04-07)与国家计委找矿科研项目(编号JG9471905)资助

吴健民, 男, 1941年生, 教授级高级工程师, 长期从事铜多金属矿床地质与地球化学研究。邮政编码: 541004

东川位于裂谷系的次级单元会理—东川拗拉槽的东段。中元古代因民组火山沉积盆地受近SN向构造控制。

(2) 成矿严格受地层层位控制, 铁铜矿主要产于因民组稀矿山段中。

(3) 矿床明显受海相火山-喷流沉积建造所控制。铁铜矿层下盘为以中基-基性为主的钠质火山岩、复杂角砾岩。复杂角砾岩具一定层位, 呈多层产出, 与细碧质火山岩、钠长辉绿岩等互层。本次研究进一步证实复杂角砾岩(以往称因民角砾岩)是由火山泥石流、同生断裂活动引起的水下地震—海底崩裂—陡壁塌陷形成的同生-准同生角砾岩带, 部分角砾岩还带有因民期同期火山-隐爆角砾岩特征, 胶结物中含大量热液矿物重晶石、钠长石与石英、火山晶屑及白云石、电气石熔晶等, 反映复杂角砾岩形成时伴有较强的火山喷发及火山喷流热液作用。含矿岩石组合特征是, 从下至上为复杂角砾岩→(含铜)细碧质、斑碧质熔岩或凝灰岩→含铁铜矿的中基性熔岩+火山喷流热水沉积岩+铁质、砂泥质、白云质等混合沉积岩→灰紫色砂板岩+泥砂质白云岩。因此形成稀矿山式铁铜矿的重要岩石学条件是因民组中一下部钠质中基性火山岩、复杂角砾岩发育, 以铁质、硅质、钠长石、(铁)白云石为主且富含Ba、F、Cl等组分的火山喷流岩组合, 厚度大, 并且其上有厚层泥砂质、白云质浊流沉积物覆盖。

(4) 铁铜共生, 先铁后铜。火山岩浆高度分异, 在近火山口相熔岩丘内或近侧的富钠细碧质-角斑质熔岩(主)及变细碧质角砾凝灰岩(次)中, 首先形成块状气孔状熔浆型赤(磁)铁矿石, 铁矿石中贫铜( $Cu < 0.12\%$ )富磷( $P_2O_5 \geq 1.33\%$ )。在稍远火口相的次级火山洼地中, 火山喷溢-喷流形成含铜铁矿, 稍后的火山喷流热水、沉积喷流热水充填交代形成富铜矿, 造就了铜铁矿的主体。

(5) 主干同生断层(落因同生断裂带)旁侧次级断陷盆地内的半深水局限小盆地(热卤水洼地), 受近EW向次级同生断裂所控制, 是稀矿山式铁铜矿的重要控矿场所。此种小型的火山热卤水盆地, 具有矿质停积和掩埋保存的极好天然条件。稀矿山式铜铁矿上下盘及容矿岩石特征反映, 当时的沉积环境为水体不断加深、差异性沉降明显的非补偿性沉积盆地, 含矿岩系是由较高能沉积环境向较低能沉积环境转变的过渡时期沉积的。

(6) 海底火山构造与火山岩相是控制铁铜矿的重要因素。研究表明<sup>[1]</sup>, 主要矿床均产于封闭较好水体较深的火山断陷盆地内。铁矿主要在火山穹丘内及其附近的中基性熔岩相中(如濫山、龙山), 而铁铜矿多在火山穹丘间的火山沉积洼地内(如稀矿山—小溜口)的火山喷流-热水沉积岩相组合中。

(7) 火山喷流作用是成矿的主导, 喷流热水沉积岩是铁铜矿的主要容矿岩石。含矿岩石中发现较多的同生准同生成因重晶石、钠长石、铁硅质、磷灰石、铁白云石及黄铜矿角砾(碎屑)等。

### 3 稀矿山式铁铜矿成矿机制与矿床成因

(1) 成矿物质来源: 前已述及, 与铜矿共生的铁矿具有: ①明显的层块状—层纹条带状; ②准同生角砾-碎屑状构造。前者含矿岩石为富钠中基-基性火山岩, 典型的气孔状熔岩铁矿, 为富铁火山熔浆分异后经喷溢沉积产物; 后者的准同生角砾-碎屑中, 也发现大量富

磁铁矿角斑岩-斑碧岩及钠长磁铁矿和富含钠长石板条的块状磁铁矿等角砾，显然铁质来自中、基性火山岩浆本身，具幔源特征。铜矿同铁矿共生，具同生-准同生特征，并主要产在火山喷流岩及火山源与槽盆内的混合沉积岩中。因此铜矿也主要与火山喷发-喷流活动有关，主要来自深源（上地幔下地壳）。

资料表明，东川地区因民组下段中基性火山岩含 Cu 可达  $350 \times 10^{-6} \sim 931 \times 10^{-6}$ ，相当于玄武岩含 Cu 丰度值的 4~10.7 倍；杉木箐因民组细碧岩含 Cu 平均  $437.3 \times 10^{-6}$ ，火山喷流岩含 Cu 平均  $427 \times 10^{-6}$ ，均相当于玄武岩的近 5 倍、地壳 Cu 丰度值的 9 倍。这表明东川地区因民组基性火山岩和火山喷流岩特别富铜，是铜质的主要来源，即铜主要来自深源（上地幔一下地壳），通过火山-喷流热液带入沉积盆地。另一方面，同生断裂控制的火山喷流活动中心，构成海水环流系统，也可从因民组下伏早、中元古界中活化迁移出 Cu（包括部分 S 和 Fe）。因此滇中地区早于因民组的细碧角斑岩系铁铜-建造及铁铜矿（大红山式），也是因民组铁铜的重要矿源之一。

铁铜矿石中硫化物的硫同位素组成，以负值为主（ $\delta^{34}\text{S}$  为  $-2.3\text{‰} \sim -10.9\text{‰}$ ），部分正值（ $\delta^{34}\text{S}$  为  $5.3\text{‰} \sim 15.9\text{‰}$ ），反映硫主要来自同期海水及地层生物，次为火山硫，具混合硫源特征。铅同位素组成表明：铅主要来源于深部（上地幔及造山带）。

(2) 成矿流体性质：稀矿山铁铜矿石中赤铁矿的氧同位素组成为  $-1.2\text{‰} \sim 15.8\text{‰}$ ，平均  $5.3\text{‰}$ ，多数集中在  $4.2\text{‰} \sim 6.5\text{‰}$  之间，与火山岩的  $\delta^{18}\text{O}$  值一致；计算出的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值也集中在  $3.8\text{‰} \sim 9.9\text{‰}$  之间，属岩浆水范围，反映了含铜赤铁矿成矿流体以岩浆水为主。含铜准同生赤铁矿角砾岩中斑铜矿包裹体水的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为  $-1.8\text{‰} \sim -2.8\text{‰}$ ， $\delta\text{D}$  为  $-54\text{‰} \sim -56\text{‰}$ ，在氢-氧同位素组成图上，落在岩浆水与大气降水之间，反映其成矿流体是岩浆水和海水（含大气降水）混合成的热卤水；含铜磁铁碳酸盐岩型矿石黄铜矿的包裹体水  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为  $4.7\text{‰}$ ， $\delta\text{D}$  为  $-49\text{‰}$ ，与之有关的脉状含铜石英碳酸盐的方解石  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为  $4.1\text{‰}$ ， $\delta\text{D}$  为  $-52\text{‰}$ ；在氢-氧同位素图上，均落在变质水范围内并紧靠岩浆水，表明其成矿流体是以岩浆水为主，混合有少量海水、大气降水经变质而成。结合铁铜矿石中黄铜矿、斑铜矿的包裹体（水的）成分为  $\text{K}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$  型和  $\text{K}^+ - \text{Ca}^{2+} (\text{Mg}^{2+}) - \text{F}^-$  型，所以稀矿山式铁铜矿成矿流体是以岩浆水为主，并有海水和大气降水掺入富含  $\text{K}^+$ 、F 及  $\text{CO}_2$  的混合成矿热卤水。

(3) 成矿物理化学条件与成矿环境：含铜磁铁矿中，早期熔浆型磁铁矿的爆裂温度高达  $420 \sim 560 \text{ }^\circ\text{C}$ ，反映了高温富铁熔浆快速喷流堆积成矿特征。层状铁铜矿的均一温度为  $140 \sim 280 \text{ }^\circ\text{C}$ ，平均  $177 \sim 230 \text{ }^\circ\text{C}$ ， $S_{\text{NaCl}}$ （盐度） $12.3\% \sim 14.1\%$ ，个别最高可达  $37\%$ ，反映在铁铜固结后稍晚中温—中低温、中—高盐度火山喷流热液成矿。各项物化参数表明，铜矿形成在酸-弱酸性、弱还原环境。地质研究推测，成矿是处在半深水（大约在  $500 \text{ m}$  以下）局限洼地（近火山相——火山中心外侧的次级火山洼地）。从成矿元素组合看，稀矿山式铁铜矿是形成于富铜、适度富铁、相对低硫（少见黄铁矿）的地球化学环境。

(4) 成矿作用方式与矿床成因：野外地质观察和室内鉴定综合分析表明，稀矿山式铁铜矿可分为 4 个成矿阶段：① 含铜铁矿化阶段。矿石以块状为主，富含磷灰石和重晶石；② 层状铜矿化阶段。黄铜矿、斑铜矿以浸染条带状沿层分布；③ 含铜角砾状-碎屑状准同生铁质

角砾岩矿化阶段。黄铜矿、斑铜矿及大量重晶石、磷灰石产于赤铁矿角砾-碎屑间胶结物中；④脉状铜矿化阶段。形成黄铜矿—斑铜矿大脉、细脉—网脉。

根据矿化阶段、矿体产状和矿石特征，结合铅同位素计时，提出稀矿山式铁铜矿多期多阶段成矿特征：①因民期多阶段火山喷溢-喷流热液同生沉积-成岩期成矿，形成多层含铜铁矿-铁铜矿-铜矿层，这是主导成矿期（矿体的稳定层状—似层状，严格产于火山岩-喷流岩-混合沉积岩组合中，大量同生-准同生矿石组构，160~270℃的中低温成矿等均可以佐证）。②成岩期后的层内叠加改造富集成矿作用，形成了现今的稀矿山式铁铜矿床为主体。层间环流热水改造可以从因民期末一直延续到落雪期，矿石中 $1603.31 \times 10^6 \sim 1540.3 \times 10^6$  a 同位素年龄就是最好的佐证。③活化迁移聚集成矿作用，层状矿的 $880 \times 10^6 \sim 890 \times 10^6$  a 年龄及含铜石英碳酸盐脉状矿的 $1208.9 \times 10^6$  a 年龄，反映了新元古代裂谷封闭期的晋宁运动，使因民组发生强烈褶皱变形，区域变质和断裂作用使含矿层内成矿物质进一步在层内或穿层活化迁移聚集成矿。

综上所述，东川稀矿山式铁铜矿床应为火山喷溢-喷流热水沉积（叠加）改造成因。

#### 参 考 文 献

- 1 张学诚，陈启良，许平等．东川稀矿山火山-喷流沉积含铜铁矿成矿作用初步研究．西南矿产地质，1992，(2)．
- 2 蒋家申．东川落因地区火山岩、角砾岩及其与成矿的关系．西南矿产地质，1989，(3)．

<http://www.kcdz.ac.cn/>