

赣东北海底火山喷流-热水沉积铜矿床成矿模式<sup>①</sup>

张祖海  
(江西有色地质勘查局, 南昌 330001)

汤新红 郝琳 朱天和  
(江西有色地质研究所, 江西有色地质一队)

**摘 要** 在总结海底火山喷流-热水沉积矿床成矿判别准则的基础上, 结合永平、乐华两矿床的成矿地质特征分析, 经研究后系统地提出了赣东北海底火山喷流-热水沉积铜矿床的综合成矿模式。

**关键词** 喷流沉积岩 热水沉积 成矿模式

江西铜矿找矿成效显著, 在银山、永平这样的老矿田(区)内的铜矿勘查, 取得了重要进展, 这一方面体现了老矿区找矿的巨大潜力, 另一方面也表明在老矿田(区)边、深部找矿必须有新的思维和新的认识, 必须以新的地质理论和新的成矿模式为指导。本文仅以永平、乐华矿床为例论述赣东北铜矿找矿科研的新思路 and 海底火山喷流-热水沉积矿床的成矿特征与成矿模式。

1 海底火山喷流-热水沉积矿床类型及判别

综合分析前人研究成果<sup>[1-6]</sup>。海底火山喷

流-热水沉积矿床的几种主要分类方案如表 1 所示。

海底火山喷流-热水沉积矿床有其独特的成矿地质特征, 其成矿判别准则如表 2 所示。

2 江西海底火山喷流-热水沉积矿床成矿模式

2.1 永平铜矿成矿地质特征

2.1.1 成矿大地构造背景

永平铜矿地处江南元古宙地体与华南加里东地体过渡部位。同时又位于东乡-广丰深断裂南侧, 并且正好位于该深断裂产状变化处: 西段倾向南南东, 东段倾向北北西。由此可见,

表 1 海底火山喷流-热水沉积矿床主要分类方案

| 方案   | 类 型                       | 依 据       |
|------|---------------------------|-----------|
| 1    | 镁铁质火山岩型                   | 沉积环境+围岩组成 |
|      | 长面质火山岩型                   |           |
|      | 原始型: Zn-Cu 型和 Ag-Au 型     | 沉积环境+矿石组成 |
|      | 多金属型: Zn-Pb-Cu 型和 Ag-Au 型 |           |
|      | 含铜黄铁矿型: Cu 型和 Au 型        |           |
|      | 铜锌黄铁矿型: Cu-Zn 型和 Au 型     |           |
| 沉积岩类 | 碎屑岩型: Pb-Zn 型、Ag 型和 Cu 型  | 沉积环境+矿石组成 |
|      | 碳酸盐岩型: Zn-Pb 型、Ag 型和 Cu 型 |           |
| 2    | 黑矿型                       | 矿石组成+构造环境 |
|      | 塞浦路斯型                     |           |
|      | 别子型                       |           |
|      | 沙利文型                      |           |

① 国家八·五科技攻关项目 收稿日期: 1994-07-11; 修回日期: 1995-08-04

永平铜矿具有独特而又优越的成矿大地构造背景。

2.1.2 赋矿地层及含矿岩石组合

矿床赋矿地层为上石炭统叶家湾组(C<sub>2y</sub>)，根据岩性组合可分为三部分：上部为石英砂岩、千枚状钙质粉砂岩、千枚状页岩夹砂卡岩-灰岩透镜体；中部为灰岩、砂卡岩化大理岩、砂卡岩，夹砂质页岩、安山质页岩凝灰岩；下部是石英砂岩夹千枚岩。砂卡岩化灰岩、底部见有凝灰质石英角斑岩。

主含矿层位为 C<sub>2y</sub>，主矿层Ⅰ矿带即产于其中。Ⅰ矿带自上而下由三层矿组成，其含矿岩石组合有四种：①砂质页岩-含铜黄铁矿层-

页岩组合；②灰岩-页岩(砂岩)-层状黄铜黄铁矿层-灰岩(砂岩)组合；③灰岩-条带状黄铜黄铁矿层-灰岩组合；④砂屑泥灰岩-层纹状(闪锌矿)，黄铜黄铁矿层-(凝灰质)砂岩组合。

主矿体产状与地层产状一致。二者呈整合产出。在矿山开拓面上，含铜黄铁矿层产状与千枚状页岩层理完全一致，并呈同步褶曲。据见，永平铜矿具有独特而又优越的成矿大地构造统计，矿体厚度分含矿地层厚度呈正相关关系<sup>[8]</sup>，反映矿体的产出受沉积古地理条件控制。

2.1.3 成矿岩相古地理环境

海西期构造运动造就了永平三级断陷盆

表 2 海底火山喷流-热水沉积矿床成矿判别准则

| 判别准则          | 火山岩类海底火山喷流-热水沉积矿床                                                                                                                                     | 沉积岩类海底火山喷流-热水沉积矿床                                                       |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 构造-沉积环境       | 拉张构造环境(大陆边缘裂谷、断陷盆地等)和与同生断裂有关的三级断陷盆地浅-深水相沉积环境。                                                                                                         |                                                                         |
| 容矿岩石          | 层状火山岩(铁镁质或长英质)                                                                                                                                        | 页岩、粉砂岩和碳酸盐岩，往往夹细粒沉凝灰岩；特点是细粒、含碳酸盐、SiO <sub>2</sub> 、黄铁矿、磁黄铁矿和有机质高，具板状劈理。 |
| 角砾岩           | 常见原生角砾岩，特别发育于块状矿体的顶部。                                                                                                                                 | 角砾岩带产于下部(上部为正常沉积单元)，也即层状矿体之下或附近的网脉状、浸染状或脉状矿化带；角砾岩由同生断裂或水热炸裂而成。          |
| 围岩蚀变          | 发育于层状矿体下盘，有硅化、绿泥石化、重晶石化、电气石化和钠长石化等。                                                                                                                   |                                                                         |
| 热水沉积岩及特定的岩石组合 | 硅质岩、电气石岩、钠长石岩、重晶石岩等。                                                                                                                                  |                                                                         |
| 矿体            | 矿体与围岩界线清楚；上部伴有富含 Mn-Fe 的硅质沉积层；下部常为赋存于火山熔岩中、且具强烈蚀变的网脉状硫化物矿体。                                                                                           |                                                                         |
| 金属矿化          | 层状矿化与网脉状、脉状、浸染状矿化共存，后者发育于前者之下或附近。分带特征表现为：水平方向上由内向外，垂直方向上由下而上，依次为 Cu→Pb→Zn→(Ba)。                                                                       |                                                                         |
| 矿物组合          | 以黄铁矿、磁黄铁矿和 Cu、Pb、Zn 的硫化物为主，伴有参与热水活动的电气石、重晶石、白云母、磷灰石等特殊矿物。重晶石常产于层状硫化物矿石的上部或旁侧，呈细粒状或块状。                                                                 |                                                                         |
| 化学组成          | 含不等量 Cu、Pb、Zn、Ag、Au                                                                                                                                   |                                                                         |
| 地球化学异常        | 具蒸发晕和 Fe-Mn 晕、Hg-Sb-As 晕。具 Fe、Mn、Ba、As、B、F、Cl、Na、Co、Ni 异常，相对贫 Al、Ti、K、Mg 等。                                                                           |                                                                         |
| 稀土配分模式        | 与海水的稀土配分模式相似；含矿热水沉积岩一般为正 Eu 异常。                                                                                                                       |                                                                         |
| 硫同位素          | 黄铁矿 δ <sup>34</sup> S > 闪锌矿 δ <sup>34</sup> S ≈ 磁黄铁矿 δ <sup>34</sup> S > 黄铜铁矿 δ <sup>34</sup> S > 方铅矿 δ <sup>34</sup> S<br>黄铁矿 δ <sup>34</sup> S 值变化小 | δ <sup>34</sup> S 多为正值，属海相硫酸盐相；黄铁矿 δ <sup>34</sup> S 值变化大。              |
| 铅同位素          |                                                                                                                                                       | 正常铅，模式年龄 ≥ 赋矿地层年龄。脉状矿体中可有放射成因的铅。                                        |
| 盐度/%          | 3~5                                                                                                                                                   | 10~24                                                                   |

地。晚石世叶家湾期中时,沿残留的铅山-闽北古隆起两侧。由于地壳差异沉降而产生了同生断裂,进而在矿区出现了泻湖,并沿同生断裂发生了海底火山喷流作用。沉积了一套海相陆源碎屑岩-火山碎屑岩-碳酸盐岩共生组合的次稳定型沉积建造。泻湖相是矿区的主体部分,三级断陷盆地是成矿物质的主要堆积场所。

#### 2.1.4 构造控矿特征

永平矿床产于天排山倒转背斜东翼(正常翼)。矿体的产出明显受同生断裂系控制:一方面,同生断裂控制了海底火山喷流-热水沉积作用,是主要的导矿构造;另一方面,也控制了叶家湾期中时泻湖相的形成与展布,因而是主要控矿构造之一。矿区发育两条近于平行的北北东向逆冲断层 $F_1$ 和 $F_3$ ,这两条推覆构造控制了Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅵ矿带的产出。其控矿意义表现在两个方面:一是使矿化叠加富集,二是改造破坏矿体。

#### 2.1.5 岩浆活动及控矿特征

矿田范围内存在海西期海底火山喷流活动和燕山期陆相岩浆侵入活动:

海相火山岩,火山碎屑岩主要赋存于叶家湾组地层中,并且主成矿元素含量很高。这些岩石呈层状,似层状与灰岩、泥岩、页岩等互层产出,表明火山活动是长期和周期性的。Ⅱ<sub>4</sub>矿体矿化富集具多中心,预示海底火山喷流为多中心式。

陆相中酸性岩浆活动主要形成了“十”字头岩体,其成矿作用主要是叠加了 $Mo(W)$ 和少量的 $Cu$ 。

### 2.2 乐华锰银铅锌铜矿床成矿区地质特征

#### 2.2.1 成矿大地构造背景

乐华地处江南元古宙地体南缘的乐-德次级地体西南部,受赣东北深断裂带和乐安江深断裂控制而位于乐-德成矿带中段。乐华矿床深部构造处于幔坡带上。矿床紧邻赣东北深断裂带而产于其南侧,该深断裂带为乐-德次级地体与怀玉次级地体的接合界线,由一系列压性冲断层或压剪性斜冲层组成,并发育一系列超基性-中酸性岩体及火山断陷盆地。所以,乐

华成矿的大地构造背景极佳。

#### 2.2.2 赋矿地层及含矿建造

乐华矿床由层状锰、铜铅锌矿和脉状银铅锌矿组成,前者赋存于黄龙组与双桥山群不整合面上的碎屑岩-碳酸盐岩建造中,后者产于双桥山群变质岩中。在黄龙组地层内,共有数层硅质岩、硅质白云岩和含锰泥质砂岩、灰岩。对于上述两个层位,根据主成矿元素(除 $Mn$ )丰度值,结合区域成矿地质特征认为:双桥山群下亚群是一套 $Cu$ 、 $Au$ 、 $Pb$ 、 $Zn$ 、 $Ag$ 含矿建造;黄龙组碎屑岩-火山碎屑岩-碳酸盐岩是一套 $Cu$ 、 $Pb$ 、 $Zn$ 、 $Ag$ 含矿建造。

锰矿呈层状、似层状产出,受不整合面的形态控制,其下产有层状铅锌铜矿体。脉状银铅锌矿有两种成因:在矿床范围内与层状锰、铅锌铜具相同成因,在矿田内有与燕山期岩浆热液有关的银铅锌矿;前者成矿时间大致与上覆的层状矿体同时。

#### 2.2.3 成矿岩相古地理环境

矿田处于海西期福泉山-花亭三级断陷盆地西北边缘。盆地发育有同期海底火山喷流作用,沉积了一套碎屑岩-火山碎屑岩-碳酸盐岩建造。矿床主体部分为泻湖相。

#### 2.2.4 构造控矿特征

德兴-湾头(乐华-银山-朱砂红基底断裂)北东向隐伏断裂和下湾-方家北西向断裂是矿田主要控岩控矿构造,乐华矿田即产于这两组断裂的交汇处。次一级的北北东、北东和北西向张扭性、压扭性断裂,是含矿流体侵位的有利部位,为赋矿构造。

#### 2.2.5 岩浆活动及控矿特征

海西期海相火山活动主要生成了火山碎屑岩和含火山碎屑沉积岩及硅质岩。这些岩石与成矿具有密切的时空关系:在时间上,成岩成矿同时进行;在空间上,与矿体呈互层产出。

燕山期岩浆活动较为强烈,中期中酸性岩浆侵入,喷发形成的花岗斑岩、石英斑岩和石英闪长玢岩是含矿母岩,晚期黑云煌斑岩脉也与成矿有关。

### 2.3 海底火山喷流-热水沉积成矿证据

2.3.1 成矿证据

经研究和对比分析,认为永平和乐华矿床同属于海底火山喷流-热水沉积矿床,其成矿证据如表 3 所示。由表可见,可进一步归类为沉积岩类海底火山喷流-热水沉积矿床,即以沉积岩为矿床容矿岩石。

2.3.2 热水沉积岩特征

乐华热水沉积硅质岩:产于锰矿层上、下盘附近,厚度 0.5~2.0 m(1~3 层)。<sup>①</sup> 矿物组成:玉髓 40%~60%,石英微晶 35%~55%,石英晶屑少量,铁锰质 1%~5%,少量电气石、粘土质,偶见黄铁矿(已褐铁矿化);其中玉髓呈隐晶质-微晶质,粒径 0.001~0.05 mm,镜下可见火山碎屑(形态各异,粒度悬殊)。<sup>②</sup> 化学成分:硅质岩本身具高硅特点,

与热泉沉积硅质岩相比,乐华热水沉积硅质岩具有较高的铁、锰含量。上述特征表明在乐华沉积盆地中,锰、铁浓度较高,热水溶液中富含硅质。

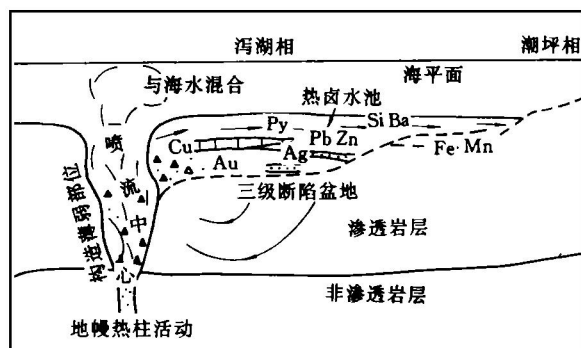
2.4 海底火山喷流-热水沉积成矿模式

海西期,赣东北地区地壳拉张,东乡-广丰深断裂再次活动。在断裂下切和地壳沉降过程中,在江南元古宙复合地体内形成了东乡-乐华等三级断陷盆地;在华南加里东地体内主要形成了永平三级断陷盆地。在深断裂活动的同时,地幔热柱活动沿构造薄弱地带发生了海底火山喷流作用(喷流期间萃取了围岩中的矿质),并因此在当时的泻湖中形成了热卤水池,从而产生了热水沉积环境。一方面,富含成矿物质的火山热流体向盆地边缘运移,在水体平

表 3 永平、乐华矿床海底火山喷流-热水沉积成矿证据

| 证据                         | 永平铜矿                                              | 乐华多金属矿                                                        |
|----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 构造沉积环境                     | 与同生断裂有关的三级断陷盆地、泻湖相沉积                              |                                                               |
| 容矿岩石                       | 碎屑岩(粉砂岩、砂质页岩等)+火山碎屑岩(凝灰质粉砂岩、凝灰岩等)+碳酸盐岩(灰岩等)。      |                                                               |
| 围岩蚀变                       | 硅化、绿泥石化、绢云母化、黄铁矿化、底板蚀变强,呈层状产出。                    | 硅化、绿泥石化、水白云母化、黄铁矿化,主要产于矿体下盘。                                  |
| 角砾状构造                      | 矿石常见角砾状构造。                                        | 矿石有角砾状构造                                                      |
| 热水沉积岩                      | 铁碧玉岩、绿泥石岩、硅质岩                                     | 硅质岩                                                           |
| 矿体                         | 矿体与围岩界线清楚                                         | 矿体与围岩界线清楚,上部产有富含 Mn-Fe 的硅质沉积岩。                                |
| 层状矿化与脉状、浸染状矿化共存,后者发育于前者之下。 |                                                   |                                                               |
| 金属矿化                       | 具分带性:水平方向上由内向外、垂直方向上由下而上,依次为 Cu-W→Cu-Pb-Zn        | 具分带性:水平方向上由内向外,垂直方向上由下而上,依次为(CuAu)→Pb-Zn→Mn-Fe→Ba。            |
| 矿物组合                       | 以黄铁矿、磁黄铁矿及 Cu、Pb、Zn 的硫化物为主,含电气石。                  | 以锰铁矿物、黄铁矿、磁黄铁矿和 Cu、Pb、Zn 的硫化物为主,含电气石。常有参与热水活动的重晶石(呈他形粒状或不规则状) |
| 化学组成                       | 含不等量的 Ca、Pb、Zn、Au、Ag 和 W                          |                                                               |
| 地球化学晕、异常                   | 具蒸发晕                                              | 具 Fe-Mn 晕和 Fe、Mn、Ba 异常                                        |
| 稀土配分模式                     | 矿石稀土配分模式与海水相似                                     | 矿石稀土配分模式与海水相似,硅质岩具正铈异常                                        |
| 硫同位素                       | 矿石中黄铁矿、黄铜矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值:前者多为正值,后者全为正值 | 矿石中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值多为正值                            |
| 铅同位素                       | 矿石中方铅矿和黄铁矿的铅为正常铅,模式年龄略大于赋矿地层年龄                    | 矿石方铅矿中的铅为正常铅,模式年龄略大于赋矿地层年龄。                                   |

静、环境偏碱性条件下,首先在盆地边缘沉淀 Ba、Al 和 Mn、Fe,然后向中心形成含 Pb、Zn、Ag 的矿层。随着沉积环境地球化学条件的变化,矿质沉淀作用逐渐向喷流中心推移,依次发生 Pb、Zn、Cu→Cu、Au(S、W)成矿作用。另一方面,含矿喷流全在自身矿质沉淀成矿的同时,又向下对流通通过渗透性岩层,并沿其中的裂隙扩散和交代,再一次萃取渗透岩中的成矿物质,在适宜的环境中沉淀成矿。由此可见,海底火山喷流-热水沉积包含了两方面的成矿作用:含矿喷流体自身沉淀成矿和含矿喷流体在渗透岩中扩散交代成矿,前者生成了层状矿体,后者生成了脉状矿体。自盆地中心向边缘的 Cu、Au(S、W)→Ag、Pb、Zn→Fe、Mn、Si、Ba(乐华)或 Si(永平)的元素分带格局,反映了海底火山喷流-热水沉积成矿的分异演化特征。永平矿区未见铁锰矿层,可能是由地壳隆起和推覆构造作用使其剥蚀所致。上述成矿模式如附图所示。



附图 海底火山喷流-热水沉积  
综合成矿模式图

### 3 结语

海底火山喷流-热水沉积作用是地壳演化过程中的一种较为特殊的地成矿作用,这种特殊形式的成矿作用有三方面的意义:①直接

成矿,并且可能成大矿;②形成矿源层;③使多元素伴生富集成矿。上述两个矿床的成矿作用便充分说明了这一点。海底火山喷流-热水沉积作用从物质成分到成矿机制等方面都与岩浆活动有一定的成因和空间关系,在热水沉积之后,受后期构造-岩浆活动的影响还可能发生热变质、岩浆热液叠加、改造成矿作用。

上述成矿模式的提出对于这类矿床的找矿工作具有重要的指导意义:

(1)“盆(三级断陷盆地)-构(同生断裂)-喷(海底火山喷流)-体(矿质堆积体)”是成矿的先决条件。

(2)热水沉积岩(硅质岩、铁碧玉岩、电气石岩和重晶石岩)是找矿标志。

(3)组合分带(上层下脉。上有锰下有铅锌铜、蚀变上弱下强等)是找矿依据。

(4)原生三级盆地的大小和改造富化程度是矿床评价(确定找矿前景)的关键。

(5)调查有关的地球化学晕和地球化学异常是行之有效的地球化学测量方法。

### 参考文献

- 1 于耀先. 见:第五届全国矿床会议论文集. 北京,地质出版社,1993.
- 2 颜文. 地质地球化学,1993,3:15-20.
- 3 Katsuo Kase等(著),张祖海(译). 地质地球化学,1993,2:4-10.
- 4 Fyfe W S(著),张祖海(译). 冶金地质动态,1991,5:10-13.
- 5 黄世全等. 赣东北铜铅锌(金银)成矿规律及成矿预测. 江西有色地质勘查局“七·五”研究成果,1990.
- 6 朱超等. 江西地质科技,1982,2:10-14.
- 7 马孝达. 江西省矿床地质讨论会论文(摘要)汇编,1985:7-9.
- 8 曾祥福. 江西地质科技,1986,2:25-27.
- 9 顾连兴. 地质论评,1987,33(3):267-273.
- 10 杨子江. 有色金属矿产与勘查,1993,2(6):343-350.
- 11 王蔚英等. 华东矿产地质,1993,2:26-35.

(编辑 何学锋)