

桃园式铜矿矿床地质特征及其控矿因素分析

刘卫明^{1,2}, 刘继顺¹, 刘文恒¹, 欧阳玉飞^{1,3}, 刘文剑⁴, 尹利君¹

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 长沙 410083;

2. 江西理工大学资源与环境工程学院, 江西 赣州 341000;

3. 广东省广晟矿产资源投资发展公司, 广州 510600;

4. 云南金沙矿业股份有限公司, 昆明 654100)

摘要: 桃园式铜矿产于黑山组底部黑色碳质板岩和凝灰质板岩中。矿石的微量元素特征、黄铁矿的 Co/Ni 比值、黄铁矿和黄铜矿的硫同位素特征表明, 成矿热液主要来自深部, 少部分来自海水; 稀土元素特征显示还原成矿环境; 主要成矿阶段在晋宁晚期的基性岩浆活动时, 或稍晚时期。主要控矿因素为地层及岩相古地理、构造、岩浆活动和矿化浓集中心。

关键词: 桃园式铜矿; 黑山组; 控矿因素; 东川铜矿; 云南省

中图分类号: P613; P618.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2012)03-0278-06

0 引言

东川矿区位于云南中部偏北的昆明市东川区, 被喻为“天南铜都”, 是我国著名的铜矿产地之一, 矿床类型多、含矿层位多、成因复杂。产有昆阳群因民组紫色层的稀矿山式铜矿、落雪组白云岩中的东川式铜矿、黑山组底部碳质板岩中的桃园式铜矿, 以及震旦统陡山沱组不整合面上的滥泥坪式铜矿^[1-2]。桃园式铜矿床在东川矿区南部矿带的汤丹桃园和北部矿带的落雪水库山、天宝山、老山、探花山、大莽地等处都有分布, 除汤丹桃园铜矿床具有中型规模、落雪水库山具小型外, 一般含矿层较薄, 矿化连续性差, 矿体零星, 规模小, 但品位高, 一般 $w(\text{Cu}) > 1\%$ 。

前人对东川矿区做过很多研究^[1-5], 但桃园式铜矿的研究资料较少。刘继顺等^[6]认为桃园式铜矿是喷流沉积形成; 孙志明^[7]、常向阳^[8]对桃园式铜矿赋矿地层黑山组作了年龄测试, 叶霖^[9]对含铜矿脉年龄作了年龄测试, 二者差值较大, 预示主成矿期较晚。本文在前人研究的基础上, 对桃园式铜矿矿床地质特征及其控矿因素进行阐述。

1 成矿地质背景

矿区的大地构造位置地处扬子板块西缘, 属于昆阳元古代大陆裂谷内的会理—东川 EW 向裂陷槽东端的一个梯形断陷盆地(图 1)。此断陷盆地以同生断层(生长断层)为边界而被围限, 东部以 SN 向小江断裂为界、西部以普渡河断裂为界, 南部和北部以 EW 向宝九断裂和麻塘断裂为边界; 4 条边界断裂控制了东川梯形断陷盆地的构造格局。

1.1 地层

区内出露最广的地层为中元古界昆阳群, 约占 85%; 次为占 13% 的震旦系, 还有零星分布在沟谷洼地中的第四系。桃园式铜矿含矿层主要为黑山组, 小部分在落雪组的顶部。

昆阳群黑山组自下往上划分为 3 个岩性组合段:

(1) 黑山组一段: 黑色碳质板岩夹白云质岩层, 含黄铁矿, 厚 445 m。底部局部地段赋存有桃园式铜矿。碳质板岩主要矿物成分: 绢云母 50%~70%, 石英 1%~8%, 碳质 18%~40%。碳泥质白

收稿日期: 2011-08-31; 改回日期: 2012-02-05; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 云南省院省校科技合作项目(编号: 2003UDBEA00A026)和云南金沙矿业股份有限公司联合资助。

作者简介: 刘卫明(1964-), 男, 教授, 博士研究生, 国土资源信息工程专业, 研究方向为矿产预测及矿山信息化。通信地址: 江西省赣州市江西理工大学资源与环境工程学院; 邮政编码: 341000; E-mail: wm_liu@sina.com

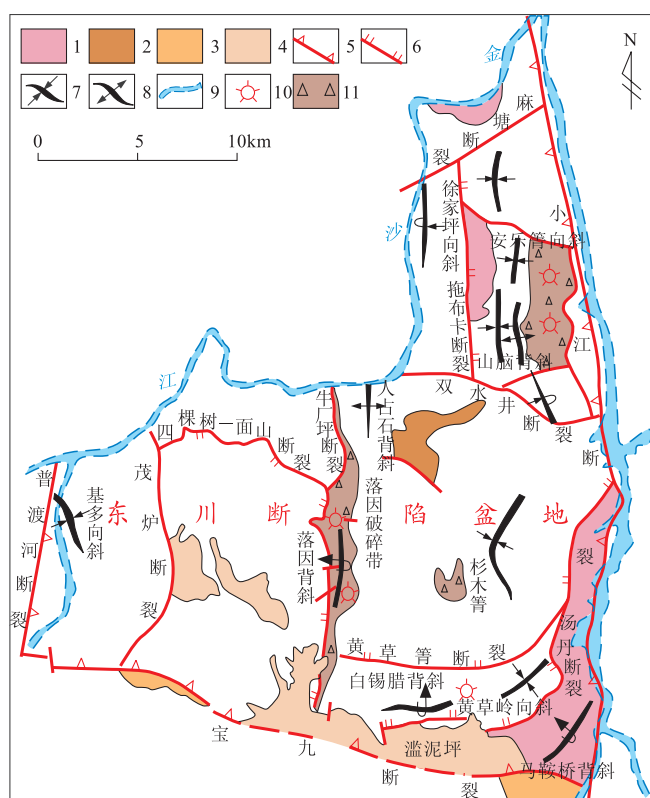


图 1 东川矿区地质构造纲要图

Fig. 1 Geological structural of Dongchuan copper mine

1. 古元古界; 2. 中元古界; 3. 新元古界澄江组; 4. 新元古界灯影组; 5. 边界断裂; 6. 同生断层; 7. 向斜轴; 8. 背斜轴; 9. 河流; 10. 古火山口; 11. 火山角砾岩

云岩主要矿物成分: 白云石 80%~95%, 石英 1%, 碳泥质 3%~18%。

(2) 黑山组二段: 深灰色薄至中层泥灰岩夹板岩, 厚 757 m。

(3) 黑山组三段: 上部为碳质板岩, 下部为绢云板岩夹基性火山碎屑沉积岩, 厚 584 m。

从整个黑山组岩性看, 以黑色碳质板岩为主, 夹泥灰岩、基性火山碎屑岩和白云岩, 具水平层理, 沿层发育有沉积型黄铁矿, 沉积环境稳定, 应属海湾滞流还原环境。早期可能有局部的火山喷气活动, 中晚期有火山作用。

落雪组顶部含矿层为灰色、青灰色中厚层状细晶白云岩夹碳泥质层。其岩性明显属于落雪组与黑山组的过渡性质。

1.2 构造

区内构造主要为 SN 向、EW 向 2 组主干断裂, 其中 SN 向落因破碎带、EW 向汤丹—滥泥坪断裂分别控制了落雪水库山矿体、汤丹桃园矿体。

1.3 岩浆岩

区内岩浆活动强烈、时间长, 活动的高峰主要是因民期和晋宁晚期。此外, 黑山期也是火山岩的重要活动时期。因民期以火山岩为主, 主要为钠质基性火山岩和酸性火山岩构成的双峰式火山岩系, 其次为玄武岩, 局部地段见粗面岩; 晋宁期火山岩以基性侵入为主; 黑山期火山岩有粗玄岩、更玄武岩、变基性岩及火山凝灰岩。

黑山期火山岩主要出露在因民黑山沟一带。在黑山沟的剖面中, 除发育少量的辉长岩外, 其余均为火山熔岩, 该火山熔岩层的一部分呈现全晶质、粗粒结构, 可能是由于受后期变质作用的影响, 使矿物镜下明显见角闪石交代普通辉石, 肉眼很容易误认为是闪长岩。因此, 在此暂时将该岩石定为变基性岩。

2 矿床地质及地球化学特征

2.1 矿体形态和规模

矿体呈似层状、透镜状沿落雪组与黑山组的接触线附近展布, 其产状与岩层基本一致, 而且都在东川式铜矿体的上盘。

黑山组中的铜矿体中 useful 矿物主要为黄铜矿和含铜黄铁矿, 多呈斑点、散点或脉状, 沿岩石的裂隙或沿层、穿层的石英白云石脉分布, 亦有部分黄铜矿呈细散点状沿岩石层理或碳质条带分布。常见有黄铜矿交代黄铁矿形成文象结构。

落雪组顶部中的铜矿体中 useful 矿物以黄铜矿、斑铜矿为主, 少量辉铜矿, 多呈细脉、细点及斑点状, 沿岩石空隙、裂隙、层理及石英白云石脉分布。由地表向深部, 黄铁矿逐渐增多, 铜矿化减弱。此层矿化不均匀, 主要受构造控制, 分布在落雪老山、贪花山和汤丹桃园等地段。

在汤丹桃园, 矿体一般呈层状, 似层状、扁豆状, 与围岩整合产出。矿体沿断裂和破碎带充填, 充填在黑色碳质板岩与青灰色白云岩层间破碎带的弯曲部分, 具强石墨化现象。矿体延长 > 400 m, 已知延深超过 300 m。矿体以 2 098 中段西 14 穿最厚, 达 55 m。向 EW 两侧很快变薄, 属陡倾斜矿体。品位也是以此处为最高, 向西变贫。铜主要含在含铜黄铁矿和黄铜矿中, 脉石矿物是绢云母、石英、白云石、黄铁矿。

在水库山, 矿体走向 350°~10°, 倾向 W, 倾角 65°~80°, 为陡倾斜矿体。矿体最小厚度 1.1 m, 最大厚度 9.5 m, 平均厚度 3.44 m。最高品位 $w(\text{Cu})$

=3.73%, 平均 1.20%。其中以 1 号矿体规模最大, 断续长 1 130 m, 控制垂深 370 m, $w(\text{Cu})$ 平均 1.25%, 平均厚度 1.7 m, 探获铜储量占矿床总储量的 85%。矿体层位稳定, 形态简单, 品位、厚度变化不大。

2.2 矿石矿物组分及结构构造

铜矿石矿物以黄铜矿和含铜黄铁矿为主, 尚有少量铜蓝、辉铜矿。在矿体上部含较多铜的氧化物, 主要为孔雀石, 约占 60%, 其次为硅孔雀石, 约占 30%, 有微量赤铜矿; 其他金属矿物有黄铁矿、褐铁矿及少量赤铁矿。脉石矿物主要为绢云母 (约占 55%), 白云石、石英 (各占 20%), 碳泥质 (约占 5%), 有微量金红石和电气石。

矿石的主要构造有: 铜矿物呈细点状不规则分布的浸染状构造、细点状铜矿物沿层理分布的条带状构造、铜矿物沿节理裂隙及石英白云石脉分布的网脉状构造、氧化铜矿物呈胶状薄膜分布于裂隙面

上的被膜状构造。

常见的矿物结构有: 黄铜矿交代黄铁矿形成交代残余结构, 次生斑铜矿、辉铜矿交代原生黄铁矿形成表生交代环边结构等。

2.3 矿石微量元素

赋存桃园式铜矿的围岩岩石的微量元素数据投于 $(\text{Co} + \text{Ni}) - (\text{As} + \text{Cu} + \text{Mo} + \text{Pb} + \text{Zn} + \text{V})$ 判别图, 样品数据都落在热水沉积物范围内^[10]。

在 7 个矿石样品中, 有 5 个样品 $w(\text{Cu})$ 达到工业品位, 2 个样品 $w(\text{Cu})$ 达到边界品位, 1 个样品的 $w(\text{Zn})$ 达 7.2% (表 1)。

在特征元素比值方面, Ba/Sr 值为 6.46~568.01, 平均 109.92, 远大于 1。7 个矿样中 2 个样品 Ti/V 比值 >20 , 与热水沉积物一致; 5 个样品 Ti/V 比值 <20 , 而且 5 个样品的 Ni/Co 比值大于 3.6, 与非热水沉积物的组成一致。由此可见, 桃园式铜矿除了深部热液作用外, 还有正常海水沉积参与。

表 1 桃园式铜矿矿石微量元素组成

Table 1 Microelement analysis of Taoyuan-type copper deposit

岩性	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	V	Mn	Ti	Sr	Ba
白云岩	4383.5	11.7	41.5	5.0	20.4	37.3	136.2	4396	712	52.6	339.7
白云岩	3413.2	16.5	89.5	4.0	21.2	229.4	178.7	3638	2516	41.6	374.1
白云岩	>5000	53.4	333.0	17.0	49.0	87.0	267.3	1556	4426	8.7	4941.7
白云岩	>5000	51.3	1091.4	12.0	20.4	<5.0	10.4	2743	136	43.0	2300.3
碳质白云岩	>5000	111.7	72000.0	16.0	125.6	55.3	120.7	713	6574	16.2	645.3
碳质白云岩	>5000	11.9	97.8	<3.5	26.5	221.1	498.2	2526	1465	23.9	724.0
含硅质白云岩	>5000	27.0	66.0	<3.5	20.4	45.3	73.9	4477	2720	47.6	2968.9

资料来源: 桂林矿产地质研究院, 1995; 量的单位: $w_B/10^{-6}$ 。

表 2 桃园式铜矿含铜碳泥质、硅质白云板岩稀土元素组成

Table 2 Rare earth element composition of Taoyuan-type copper deposit

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
1	2.34	4.03	0.52	1.79	0.36	0.07	0.39	0.06	0.37	0.07	0.16	0.02	0.09
2	6.24	13.51	1.8	7.02	1.45	0.31	1.53	0.26	1.81	0.37	1.15	0.16	0.96
3	5.19	10.04	1.32	5.61	1.35	0.34	1.78	0.3	2.19	0.5	1.77	0.27	1.83
4	15.13	31.22	3.19	10.76	1.84	0.3	1.55	0.22	1.63	0.34	1.07	0.15	0.98
5	40.66	76.09	8.52	29.59	4.6	0.65	3.6	0.49	3.63	0.84	2.98	0.45	3.02
6	2.38	4.64	0.57	1.84	0.35	0.08	0.27	0.04	0.2	0.03	0.07	0.01	0.04
7	24.46	44.45	5.52	20.99	3.41	0.61	3.34	0.5	2.41	0.71	2.31	0.34	2.12
序号	Lu	Y	ΣREE	ΣLREE/ΣHREE	(La/Yb)N		La/Sm		(Gd/Yb)N		δ(Eu)		δ(Ce)
1	0.01	2.33	12.61	2.60		14.73		6.50		2.30		0.65	0.83
2	0.14	10.76	47.47	1.77		3.68		4.30		0.85		0.73	0.91
3	0.28	17.29	50.06	0.91		1.61		3.84		0.52		0.77	0.87
4	0.15	10.96	79.49	3.66		8.75		8.22		0.84		0.62	1.02
5	0.45	25.07	200.64	3.95		7.63		8.84		0.63		0.56	0.92
6	0.01	0.99	11.52	5.94		33.72		6.80		3.59		0.91	0.90
7	0.32	20.33	131.82	3.07		6.54		7.17		0.84		0.63	0.86

资料来源: 桂林矿产地质研究院, 1995; 量的单位: $w_B/10^{-6}$ 。

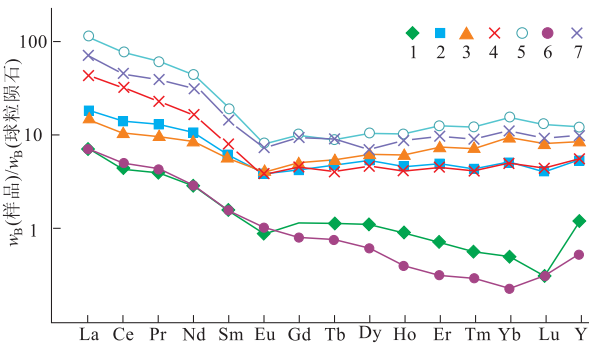


图 2 矿石稀土元素配分模式

Fig. 2 REE patterns for Taoyuan-type copper deposit

2.4 矿石稀土元素

桃园式铜矿矿石的稀土组成如表 2 所示,矿石稀土元素配分模式为右倾型(图 2)。

从表 2 不难看出,矿石稀土总量介于 $11.52 \times 10^{-6} \sim 200.64 \times 10^{-6}$ 之间;LREE/HREE 比值为 $0.91 \sim 5.94$,平均 3.13,为轻稀土富集; $\delta(\text{Eu}) = 0.56 \sim 0.91$,平均 0.70,具有较强的负 Eu 异常; $\delta(\text{Ce}) = 0.83 \sim 1.02$,平均 0.90,具有弱的负 Ce 异常,整体表现出还原环境; $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} = 1.61 \sim 33.72$,平均 10.95; $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}} = 0.52 \sim 3.59$,平均 1.37; $(\text{La}/\text{Sm}) = 3.84 \sim 8.84$,平均 6.53。

2.5 矿石黄铁矿 Co,Ni 元素特征

元素 Co 和 Ni 具有亲铁亲硫双重性,而且皆以亲硫性为强。Co,Ni 在黄铁矿中主要通过类质同象置换 Fe^{2+} , CoS_2 与 Fe,可形成连续固溶体,而 NiS_2 与 FeS_2 形成不连续固溶体。不同成因类型矿床中黄铁矿的 Co,Ni 含量及 Co/Ni 比值不同,在探讨矿床成因类型及成矿作用时指示作用明显^[11]。

表 3 黄铁矿中 Co,Ni 组成及其比值

Table 3 Composition and ratio of Co and Ni in pyrite

测定矿物	样数	Co	Ni	Co/Ni
黄铁矿	1	0.16	0.014	11.43
黄铁矿	1	0.43	0.25	1.7
黄铁矿	5	0.057~0.067	0.027~0.048	>1

资料来源:桂林矿产地质研究院,1995;量的单位: $w_B/10^{-6}$ 。

黄铁矿的 Co/Ni 比值显示^[12],岩浆成因的 Co/Ni 比值多大于 5,沉积成因的 Co/Ni 比值多小于 1,而岩浆热液成因的黄铁矿 Co/Ni=1~5,个别值可能更高些,变质热液成因的黄铁矿 Co/Ni 比值更接近于沉积成因的黄铁矿,一般<1。研究表明(表 3)黄铁矿中的 $w(\text{Co}) = 0.057\% \sim 0.43\%$, $w(\text{Ni}) =$

$0.014\% \sim 0.25\%$,Co/Ni 比值均大于 1,说明 FeS_2 来源于深部岩浆或火山一喷流热液。

2.6 矿石硫同位素特征

矿石中黄铁矿和黄铜矿的 $\delta(^{34}\text{S})$ 组成如表 4 所述。 $\delta(^{34}\text{S}) = -10.0 \times 10^{-3} \sim 11.7 \times 10^{-3}$,众值为 $4.3 \times 10^{-3} \sim 7.4 \times 10^{-3}$,数值区间相对较窄,说明主要为深源硫,少部分硫来自海水。

表 4 黑山组含矿层中硫同位素组成

Table 4 $\delta^{34}\text{S}$ composition of Taoyuan-type copper deposit

No	地层、岩性与矿化	测定矿物	$\delta(^{34}\text{S})/10^{-3}$
1		黄铁矿	7.1
2		黄铁矿	5.7
3		黄铁矿	-10
4		黄铁矿	5.7
5		黄铁矿	10.8
6		黄铁矿	11.7
7		黄铁矿	4.3
8		黄铜矿	7.4
9	碳质板岩中的结核	黄铁矿	4.9
10	碳质板岩中沿层矿脉	黄铜矿	5.2
11	碳质板岩中的结核、团块	黄铁矿	2.16
12	侵入黑山组的辉绿岩脉	黄铁矿	3.5
13	辉绿岩中浸染状黄铁矿	黄铁矿	0.6

资料来源:1~8 桂林矿产地质研究院,1995;9~13 王可南^[13]。

3 控矿因素分析

3.1 地层和岩相古地理控制

桃园式铜矿床主要赋存于黑山组底部,即落雪期浅海潮坪碳酸盐相向黑山期滞流海湾黑色页岩相转化的部位,受黑色页岩岩相控制。黑山组中的铜矿产于其底部层位的碳泥质白云质板岩中,是在还原环境下形成的。但在多数地区,同层位只有黄铁矿,而不产铜,究其原因,一是构造裂隙不发育,二是矿液运移不足,三是矿液未到达此地层就已沉淀了。

3.2 构造控制

桃园式铜矿虽赋存于一定层位,但其后期的构造叠加改造富集作用较为明显。通常在层间纵向断裂及其与规模较大的横断层交汇部位往往形成富厚的矿体。随着与断裂距离的增大,矿体逐渐变薄以至尖灭。汤丹桃园铜矿床受 F_9 (产状 $198^\circ \angle 73^\circ$)和 F_{11} (产状 $304^\circ \angle 57^\circ$)的联合控制,其中的富厚矿体受一纵向层间断裂的控制。

3.3 岩浆活动控制

桃园式铜矿产于辉长辉绿岩脉(墙)的上盘,这不是偶然的现象,矿区中其他类型的铜矿周边也基本被基性岩脉(岩墙)包围。据叶霖^[9]对东川桃园铜矿与铜矿共生石英的⁴⁰Ar/³⁹Ar同位素年龄的测定,得到马鞍形年龄谱,其坪年龄为(768.43±0.58)Ma,等时线年龄为(770.00±5.44)Ma,说明桃园式铜矿的成矿时间跟晋宁晚期基性岩体成岩时间差不多或稍晚;而黑山组地层的Pb-Pb同位素年龄为(1503±17)Ma^[7]或(1607±128)Ma^[8],大大早于汤丹桃园铜矿的最终成矿时间。刘继顺^[14]和叶霖^[15]等已经认识到岩浆岩在本区成矿中的重要性。

3.4 昆阳裂谷成矿系列矿化浓集中心的控制作用

黑山组中的桃园式铜矿床与其下伏因民组中的稀矿山式铁铜矿床、落雪组中的东川式铜矿床同属昆阳古裂谷成矿系列。据现有资料,桃园式铜矿床的富集地段亦为昆阳群铜矿床的富集地段;汤丹桃园铜矿床具中型远景规模,其下伏为汤丹大型铜矿床;落雪水库山铜矿床为小型,其下伏有萝卜地一老背冲中型铜矿床等。这说明此类矿床的成矿作用有继承性,预示着其成矿作用与区域铜矿床的成矿作用有成因联系,与同位成矿理论相一致^[16]。但这一成矿期的矿化范围和强度比较小,是裂谷演化到一定阶段(即产生差异性升降到普遍沉降的转换时期)的产物。

4 矿床成因及成矿模式

黑山初期,昆阳古裂谷继续下陷,形成半封闭的滞流海湾。局部地段有火山喷气活动,由地壳深部带来部分铜质,加之海水中残留有落雪期同生沉积后剩余的部分铜质,由于重力作用,这些铜质逐渐集中于沉降幅度相对较大的凹盆中。当沉积环境由落雪期的开阔潮坪氧化环境向黑山期半封闭滞流海湾强还原环境转化时,铜质便被碳泥质物吸附而沉积,构成了黑山组与落雪组界面附近的桃园式铜矿床的初始矿源层。

晋宁早期,裂谷褶皱回返,在挤压力作用下形成横向、纵向断裂。晋宁晚期又发生基性岩浆活动,在岩浆侵入过程中,不仅带来成矿物质,而且提供矿质赖以迁移的矿化剂,还可提供热力和构造动力,促使水溶液对流浸取含矿地质体和有利层位的物质,然后沿构造通道到达黑山组含矿层。

在加入成矿物质的同时,也对途经围岩中的含

矿物质不断萃取,形成含铜矿液。含铜溶液在遇到黑山组板岩的碳质或黄铁矿时还原交代,沿层面或断裂充填形成铜矿床,同时也对黑山组的初始矿源层进行叠加改造。据现场观察,该类矿床的后期构造改造特征明显,在矿化带层间纵向断层与规模较大的横断层交汇地段,含石英脉、石英白云石脉发育,矿体往往有变厚变富的现象。如水库山矿床在落因破碎带的F₅,F₆两横断层间,矿体最大厚度达9.5m,地段长仅160m,为矿化带总长度的1/10,但其铜储量却占该带的1/3。

后期构造改造特征在其他矿床中也很明显,如汤丹桃园铜矿床的矿化富集受一纵向层间断层破碎带的控制,落雪贪花山矿床的矿化富集地段受规模较大的横断层F₄₄和F₆₃的控制。

5 结论

(1)桃园式铜矿矿石的微量元素特征、黄铁矿的Co/Ni比值、黄铁矿和黄铜矿的硫同位素都表明成矿热液主要来自深部,少部分来自海水。

(2)该铜矿的稀土元素特征显示还原成矿环境。

(3)该铜矿主要成矿阶段在晋宁晚期基性岩浆活动过程中或稍晚时期。

(4)该铜矿的形成是地层及岩相古地理、构造、岩浆活动和矿化浓集中心共同作用的结果,各控矿因素在铜矿形成的不同阶段起着不同的作用。

参考文献:

- [1] 龚琳,何毅特,陈天佑,等. 云南东川元古宙裂谷型铜矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1996: 1-246.
- [2] 段嘉瑞,刘继顺,胡祥昭. 云南东川铜矿区1:5万地质图修编及成矿预测研究[R]. 长沙:中南工业大学地质系,1994: 1-236.
- [3] 阮惠础,华仁民,倪培. 东川式铜矿的成因再探[J]. 地质找矿论丛,1988, 3(1):9-22.
- [4] 杨成奎. 云南东川滥泥坪矿区因民组顶部硅质岩成因及其找矿意义[J]. 地质找矿论丛,1996, 11(3): 27-35.
- [5] 刘卫明,刘继顺,张彩华,等. 滥泥坪铜矿东川式铜矿的发现及找矿潜力分析[J]. 有色金属:矿山部分,2011,63(4): 25-28.
- [6] 刘继顺,吴延之,段嘉瑞. 东川铜矿田喷流沉积成矿机制[J]. 中南工业大学学报,1996, 27(1): 8-12.
- [7] 孙志明,尹福,关俊雷,等. 云南东川地区昆阳群黑山组凝灰岩锆石SHRIMP U-Pb年龄及其地层学意义[J]. 地质通报, 2009, 28(7): 896-900.
- [8] 常向阳,朱炳泉,孙大中,等. 东川铜矿床同位素地球化学研

- 究:I. 地层年代与铅同位素化探应用[J]. 地球化学, 1997, 26 (2): 32-38.
- [9] 叶霖, 刘玉平, 李朝阳, 等. 东川桃园式铜矿 Ar-Ar 同位素年龄及意义[J]. 矿物岩石, 2004, 21(4): 57-60.
- [10] 黄有德, 谢世业, 何国朝, 等. 东川矿田生产矿山及周边找矿研究总结报告[R]. 桂林: 矿产地质研究院, 1995: 1-154.
- [11] 靳是琴, 李鸿超. 成因矿物学概论[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1984.
- [12] 宫丽, 马光. 黄铁矿的成分标型特征及其在金属矿床中的指示意义[J]. 地质找矿论丛, 2011, 26(2): 162-166.
- [13] 王可南. 云南东川铜矿床的硫同位素组成及其地质意义[J]. 地球化学, 1978(3): 242-246.
- [14] 刘继顺, 段嘉瑞, 吴延之. 云南东川铜矿田晋宁晚期基性火山一侵入杂岩及其成矿意义[C]//第五届全国矿床会议论文集. 北京: 地质出版社, 1993: 392-393.
- [15] 叶霖, 刘玉平, 李朝阳, 等. 云南东川铜矿成矿机制的初步认识[C]//第八届全国矿床会议论文集. 北京: 地质出版社, 2006: 794-797.
- [16] 梅友松, 汪东波, 黄浩, 等. 同位成矿概论[J]. 地质与勘探, 1995, 31(5): 3-14.

The geological characteristics of Taoyuan-type copper deposit and the ore-controlling factors

LIU Wei-ming^{1,2}, LIU Ji-shun¹, LIU Wen-heng¹, OUYANG Yu-fei^{1,3}, LIU Wen-jian⁴, YIN Li-jun¹

(1. School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Faculty of Resources and Environmental Engineering, Jiangxi University of Science and Technology Ganzhou 341000, Jiangxi, China; 3. Guangdong Rising Mining Investment Co. LTD, Guangzhou 510600, China; 4. Yunnan Jinsha Mining Co, LTD, Dongchuan 654100, China)

Abstract: Taoyuan-type copper deposit is in black carbonaceous shale and tuffaceous slate at bottom of Heishan formation. Trace elements characteristics of ore, Co/Ni ratio of pyrite and sulfur isotope analysis of pyrite and chalcopyrite indicate that the ore-forming hydrothermal fluid mainly comes from depth, a few from sea water. Characteristics of rare earth elements show a reduced metallogenic environment. Its main metallogenic phase is in late Jinning period when basic magmatism took place or later. Strata, lithofacies and paleogeography, structure, magma activity and mineralization concentration center are the ore-controlling factors.

Key Words: Taoyuan-type copper deposit; Heishan formation; ore-controlling factor; Dongchuan copper deposit; Yunnan province