

贵州赫章铜厂沟铜矿稀土元素 地球化学特征及成矿物源示踪

张 杰^{1,2*} 刘 鸿^{1,2}

(1. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室, 贵州 贵阳 550003;
2. 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003)

摘 要: 通过对赫章铜矿化带的野外地质调查、采样、室内显微镜下分析、化学分析、扫描电镜、X 衍射成分分析, 研究了铜矿的矿物组成、矿石类型特征(初步划分为砂岩型铜矿石和蚀变构造角砾岩型铜矿石), 矿石铜品位为 3.26% ~ 3.88%。采用 ICP-MS 方法测定了赫章铜矿两类型矿石、赋矿围岩及峨眉山玄武岩的稀土元素及微量元素组成, 并进行了稀土特征值等的对比研究; LREE/HREE 比值为 9.43 ~ 11.12, La/Yb 比值为 11.86 ~ 14.6, 显示出各样品轻稀土明显富集; δCe 值为 0.75 ~ 0.84, 显示出负异常。除 HTC-3 的 $\delta\text{Eu} = 1.11$ 、显示出很弱正异常外, 其余样品的 $\delta\text{Eu} = 0.94 \sim 1.06$, Eu 仅显示非常微弱的异常。铜厂沟铜矿岩矿样品微量元素分布模式图表明其分布特征具有同源性。通过研究各样品的稀土元素、微量元素地球化学特征、铜矿化蚀变过程中稀土元素的迁移规律及呈现继承性的特点, 结合飞仙关组砂岩的形成环境, 得出峨眉山玄武岩为铜矿成矿(矿化)的物质来源结论。

关键词: 铜矿; 砂岩铜矿; 角砾构造蚀变岩铜矿; 稀土元素; 矿源层

中图分类号: P618.7

文献标识码: A

文章编号: 1004-0277(2012)04-0001-08

赫章铜矿化带位于贵州省赫章县可乐乡境内, 大地构造位置属扬子准地台区黔北台隆六盘水断陷普安旋扭变形区的北部, 属小江、紫云—水城、弥勒—师宗三条大断裂控制的三角地带, 这三条深大断裂具有多期次活动、构造多层次变化的特征, 对区内的岩浆活动、沉积作用及构造演化等起主要控制作用, 是区内 Pb、Zn、Fe、Cu、Au、Ag、As、Sb 等矿产资源形成的主导因素^[1]。研究区内见晚二叠世峨眉山玄武岩喷发和部分辉绿岩侵入, 形成出露的峨眉山玄武岩厚度约 20m 且下部未见底, 并见有相关玄武岩型铜矿研究报道^[2~4]。

1 简要地质特征

铜厂沟铜矿位于纳雍—瓮安深断裂和垭都—紫云构造带的交汇地带, 矿体的产出局部受北东及北东东向次级构造控制^[1](图 1)。3 个砂岩型铜矿透

镜体(长轴近 100m, 短轴 10 m ~ 20m)沿次级断裂带产出, 赋矿围岩主要为三叠系飞仙关组中下部的青灰、灰绿色砂岩、粉砂岩。断裂带部分地段见蚀变构造角砾岩型铜矿分布, 产出于断裂构造带上的角砾构造蚀变岩中。铜厂沟铜矿矿体沿断裂带 F1 呈北东—南西向分布(图 2), 倾向为南东方向。砂岩型铜矿主要为透镜状分布在 F1 断裂带与次级断裂带的交汇地带。蚀变岩型铜矿沿 F1 断裂带产出, 主要是由断裂破碎带中夹杂的砂岩型铜矿碎块蚀变及构造角砾岩铜矿化蚀变而成。

两类型铜矿石为该矿化带主要矿石类型, 并在德卓、可乐、罗洲等皆有该类型矿床(点)出现, 其形成过程除地质构造作用因素、地球化学因素等控制之外, 还受其成矿物质来源的制约, 查明两类型铜矿石成矿物质来源对研究其矿床(矿化)成因、了解成矿控制规律等具有一定意义。

① 收稿日期: 2011-11-17

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(51164004); 贵州大学博士基金项目(X091017)

作者简介: 张 杰(1955-), 教授, 博士, 山东费县人, 从事沉积矿床地球化学及成因研究。

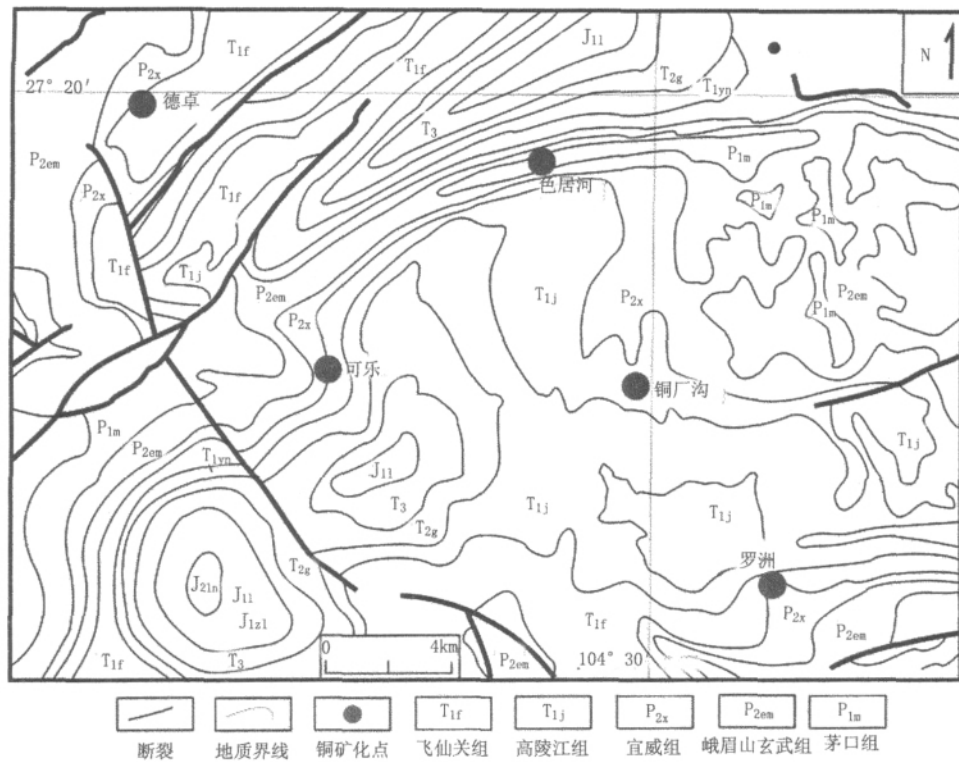


Fig. 1 Geological map of Tongchanggou copper deposit, Hezhang County, Guizhou

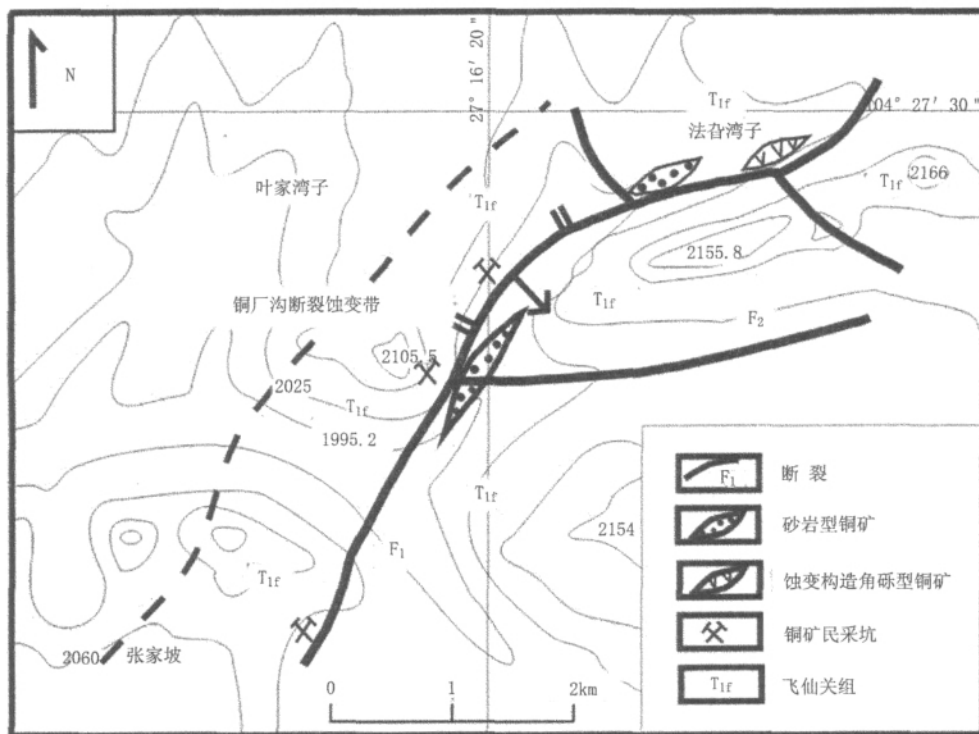


Fig. 2 Geological sketch map of fractional, alterational, and copper mineralized zones in Hezhang Tongchanggou

2 矿石类型及其特征

课题组先后多次对赫章铜厂沟铜矿进行实地调查,通过野外观察、采坑内的局部揭露剖面进行采样、实验室进行显微镜下分析、化学分析、扫描电镜配合能谱分析、X 衍射成分分析及微量元素测试分析等方法,对铜矿的矿物组成、岩矿石化学成分及矿石类型划分等进行了系统研究。根据分析结果可知,矿石含铜品位为 3.26%~3.88%(表 1),初步将铜矿石划分为 2 类:砂岩型铜矿石和蚀变构造角砾岩型铜矿石。其中砂岩型铜矿石产出因明显受三叠系飞仙关组控制而具有层控特征;蚀变构造角砾岩型铜矿石沿断裂带呈一定规模展布并受构造控

制,在矿化规模、含铜品位方面具有意义的研究价值。

2.1 砂岩型铜矿石

砂岩型铜矿石主要呈透镜状、似层状产出在三叠系飞仙关组中下部的青灰、灰绿色粉砂岩及粘土质粉砂岩中,矿石因含大量由含铜矿物经氧化作用形成的孔雀石而呈绿色、孔雀绿色(图 3)。该类矿石的主要矿石矿物有斑铜矿(图 4)、黄铜矿、孔雀石、辉铜矿等,见黄铁矿(图 4)、重晶石、方解石、石英等脉石矿物。砂岩型铜矿石见粒状和溶蚀状结构和典型的颗粒支撑结构,常见浸染状构造、细脉状及网脉状构造,块状、豆状次之。

主要围岩蚀变为硅化、赤铁矿—褐铁矿化等。

表 1 铜矿石化学分析结果/(%(质量分数))

Table 1 Chemical analysis of copper ore

矿石样品号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Cu
Cs 砂岩型铜矿石	44.05	13.84	11.98	1.52	2.80	6.41	7.26	1.67
Cj 蚀变构造角砾岩型铜矿石(3 样平均)	48.84	15.05	12.98	1.61	2.79	2.79	5.98	2.38

注:测试单位为贵州地质矿产中心实验室,杨林测试,分析方法为 X-荧光光谱仪分析

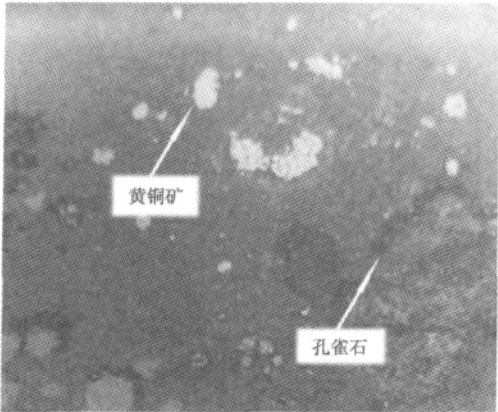


图 3 含铜砂岩型铜矿石
Fig. 3 Sandstone copper ore

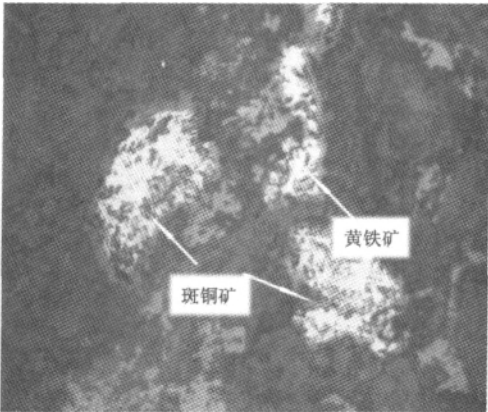


图 4 砂岩铜矿矿石 反射光 5×10
Fig. 4 Sandstone copper ore (reflected light)

2.2 蚀变构造角砾岩型铜矿石

该类型铜矿石主要产出在飞仙关组断裂蚀变带内,与砂岩型铜矿石的主要区别在于此类矿石主要呈角砾状、团块状、细脉状、网脉状等产出于构造蚀变带(图 5)。构造蚀变岩石主要为灰—紫红色粘土质粉砂质角砾岩、绿泥石粘土岩等,普遍发生绿泥石

化、伊利石化、硅化、赤铁矿—褐铁矿化及碳酸盐化等。蚀变构造角砾岩型铜矿石的矿石矿物主要有黄铜矿、斑铜矿、孔雀石、硅孔雀石(图 6)等,矿石中孔雀石、硅孔雀石含量明显增加,偶见少量辉铜矿、含铜黄铁矿等。扫描电镜及能谱分析^[5]证明主要铜矿物为斑铜矿(图 7)。



图 5 蚀变构造角砾岩型铜矿石

Fig. 5 Altered structure - brecciae rock containing copper

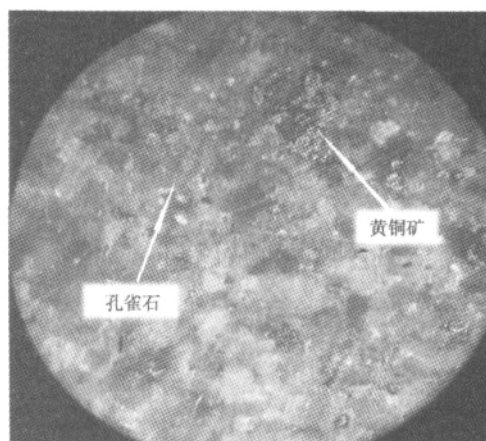


图 6 蚀变构造角砾岩型铜矿石中

黄铜矿和孔雀石反射光 5×10

Fig. 6 Chalcopyrite and malachite in altered structure - breccia rock containing copper

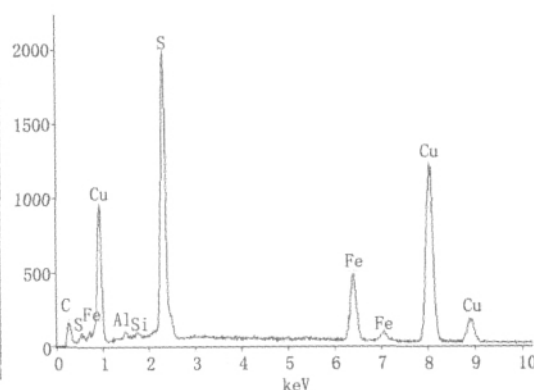
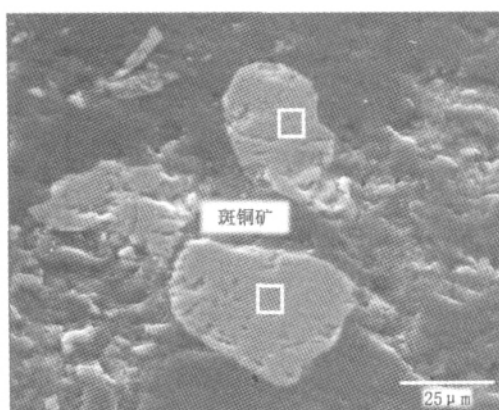


图 7 砂岩型铜矿石 (C-2) 中斑铜矿的 X 射线能谱图和扫描电镜图

Fig. 7 EDX and SEM morphological images of bornite of sandstone copper (C-2)

脉石矿物主要有石英、方解石、绿泥石、伊利石及赤铁矿等。

围岩蚀变主要有: 绿泥石化、炭沥青化、赤铁矿—褐铁矿化、黄铁矿化、硅化沸石化、重晶石化、碳酸盐化等, 其中前三者与铜富集成矿关系密切, 可作为找矿标志予以关注。

3 铜矿的稀土元素地球化学特征

3.1 样品的采集、制备与送测

在研究区分别采取峨眉山玄武岩、飞仙关组砂岩(未矿化)、断裂带上构造角砾岩、铜矿化构造蚀变岩、砂岩型铜矿石(组合样)五类代表性样品, 经碎样、缩分、磨样制成符合测试分析要求的样品, 送到中科院贵阳地化所、广州澳实分析检测有限公司用等离子质谱仪(ICP-MS)测定微量元素组成。

ICP-MS 分析结果与推荐值之间的偏差 $< 5\%$ 相对标准差(RSD) $< 3\%$ (表 2)。

表 2 砂岩型铜矿石 (C-2) 中斑铜矿

扫描电镜 X 射线能谱分析成分

Table 2 The map of scanning electron microscopy and EDX analysis of bornite of sandstone - type copper ore (C-2)

元素	原子数百分含量 /(原子分数)	误差	重量百分含量 /(质量分数)
C K	1312	+ / - 34	17.00
Al K	350	+ / - 42	0.50
Si K	352	+ / - 47	0.37
S K	25675	+ / - 254	20.82
Fe K	7862	+ / - 201	10.44
Cu K	23494	+ / - 303	50.87
总量			100.00

3.2 稀土元素特征值及稀土分布模式

测试数据显示,各类岩矿样品的稀土元素总量 ΣREE 为 $249.61 \times 10^{-6} \sim 306.28 \times 10^{-6}$,与陆壳 ($\Sigma \text{REE} = 179.7 \times 10^{-6}$) 和洋壳 ($\Sigma \text{REE} = 106.3 \times 10^{-6}$) 比较^[6],样品稀土含量总体偏高。各样品具轻稀土富集、重稀土亏损, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} > 11$ 稀土元素球粒陨石标准化模式均为右倾型曲线。从表 3 的测试数据、稀土元素特征值及图 7 稀土元素分布模式可以看出,除铜矿化构造蚀变岩样 (HTC-3) 的稀土元素分布曲线在 Gd 元素处出现“V”形谷,各样品的稀土元素总量、分量、稀土元素特征值及稀土元素分布模式均非常相似(曲线起伏变化情况基本一致,并呈逐渐变小的趋势)。LREE 曲线部分的斜率较 HREE 曲线部分大,轻稀土元素下降比重稀土元素快。LREE/HREE 比值为 $9.43 \sim 11.12$, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 比值为 $11.86 \sim 14.6$,显示出各样品轻稀土明显富集; δCe 值为 $0.75 \sim 0.84$,显示出负异常。除 HTC-3 的 $\delta \text{Eu} = 1.11$ 、显示出很弱正异常外,其余样品的 $\delta \text{Eu} = 0.94 \sim 1.06$,Eu 仅显示微弱的异常。

峨眉山玄武岩样品的各种稀土元素含量、 ΣREE (289.31×10^{-6})、 ΣLREE (236.68×10^{-6})、 ΣHREE (23.93×10^{-6})、 $\text{LREE}/\text{HREE} = 9.89$,均在贵州西部峨眉山玄武岩 ($n = 26$) 的特征值 ($\Sigma \text{REE} = 159.90 \times 10^{-6} \sim 910.49 \times 10^{-6}$ 、 $\Sigma \text{LREE} = 143.37 \times 10^{-6} \sim 866.98 \times 10^{-6}$ 、 $\Sigma \text{HREE} = 16.53 \times 10^{-6} \sim 41.36 \times 10^{-6}$ 、 $\text{LREE}/\text{HREE} = 5.24 \sim 20.96$) 的变化范围内^[7],由此推断研究区的玄武岩为典型的贵州西部峨眉山玄武岩。玄武岩样的 ΣREE 、 $\text{LREE}/\text{HREE} = 9.89$ 、 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} = 12.57$ 、 $\delta \text{Eu} = 0.98$,与大陆拉斑玄武岩富集轻稀土、无 δEu 异常的特征相吻合,由此推断为典型的大陆拉斑玄武岩^[8]。

与前人的峨眉山玄武岩研究资料对比(表 3 中样品 3 数据)^[9],各稀土元素特征值变化不大,只是 δEu 正异常稍偏大,可能与玄武岩中暗色矿物组成及含量变化有关^[10]。

飞仙关组砂岩样 ΣREE 达 306.28×10^{-6} ,高于正常砂岩的稀土含量 ($100 \sim 200 \times 10^{-6}$),这与岩石内含一定量粘土矿物有关。粘土矿物对稀土元素特别是轻稀土有富集作用^[8]。 $\delta \text{Ce} = 0.75$,显示出负异常,反映出砂岩的沉积环境为相对氧化的海水环境,海水中的 Ce^{3+} 在氧化条件下易被氧化成 Ce^{4+} ,在搬运过程中形成 CeO_2 沉淀下来,从而导致砂岩中的 Ce 负异常^[11,12]。飞仙关组砂岩样与峨眉山玄

武岩样的稀土元素地球化学特征非常相似,反映了二者有共同的稀土物质来源,飞仙关组砂岩的沉积成岩过程中伴随有峨眉山玄武岩岩浆的喷发,其中下部第一岩性段的粉砂岩、泥质粉砂岩等富含玄武岩碎屑及凝灰质物质可为证据。

表 3 铜厂沟铜矿岩矿样稀土元素测试数据及特征值表 ($\times 10^{-6}$)

Table 3 Analytical data and eigenvalue of rare earth elements of rocks and ores in the Tongchanggou copper deposits

样品号	3	4	5	6	HTC-3	SZ
岩矿石类型	峨眉山玄武岩	峨眉山玄武岩样	飞仙关组砂岩样	断层角砾岩样	蚀变构造角砾岩型铜矿石	砂岩铜矿石组合样
La	45.550	53	56.6	49.3	46.8	51.3
Ce	108.050	105.0	106.0	95.9	103	101.5
Pr	15.930	13.2	14.95	12.05	12.6	12.57
Nd	65.080	53.2	59.3	48.2	48.2	49.9
Sm	13.930	9.56	10.65	8.88	9.16	9.02
Eu	4.630	2.72	2.86	2.43	2.635	2.63
Gd	11.080	8.66	9.16	8.21	5.917	8.06
Tb	1.470	1.22	1.32	1.17	1.23	1.14
Dy	7.260	6.34	6.68	6.09	5.99	5.85
Ho	1.460	1.18	1.21	1.15	1.12	1.08
Er	3.460	3.25	3.49	3.15	3.02	2.98
Tm	0.510	0.41	0.43	0.41	0.372	0.38
Yb	2.370	2.51	2.76	2.42	2.36	2.34
Lu	0.370	0.36	0.37	0.39	0.336	0.34
Y	=	28.7	30.5	28.2	30.8	25.9
ΣREE	281.15	289.31	306.28	267.95	273.54	274.99
ΣLREE	253.17	236.68	250.36	216.76	222.395	226.92
ΣHREE	27.98	23.93	23.93	22.99	20.345	22.17
LREE/HREE	9.05	9.89	10.46	9.43	10.93	10.24
$(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$	2.04	3.47	3.32	3.47	3.19	3.56
$(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$	2.87	2.12	2.03	2.08	1.54	2.11
$(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$	11.41	12.57	12.18	11.86	11.77	13.02
δCe	0.84	0.81	0.75	0.8	0.87	0.82
δEu	1.20	0.98	0.95	0.94	1.11	1.01

测试单位: 4、5、6 和 SZ 广州澳实分析检测有限公司, HTC-3 中科院地球化学研究所; 3 号样峨眉山玄武岩的稀土组成数据来自文献^[9]

砂岩铜矿综合样的 ΣREE 、球粒陨石标准化图解的分布模式与玄武岩样、飞仙关组砂岩样非常相近。砂岩型铜矿石样的 $\delta \text{Ce} = 0.82$, 显示出负异常, 继承了飞仙关组砂岩的相对氧化环境的特点。

构造角砾岩主要为砂岩等在构造作用下碎裂变形而成, 该类样品从标本及显微镜下仅见发生弱矿

化。样品 $\Sigma \text{REE} = 267.95 \times 10^{-6}$ 、 $\text{LREE}/\text{HREE} = 9.43$ ，与飞仙关组砂岩相比均明显降低（轻稀土尤为明显），经构造运动活化，稀土元素随流体迁移分散应是其含量减少的原因之一。 $\delta\text{Ce} = 0.8$ 呈负异常，继承了飞仙关组砂岩稀土元素的 δCe 具负异常特点。

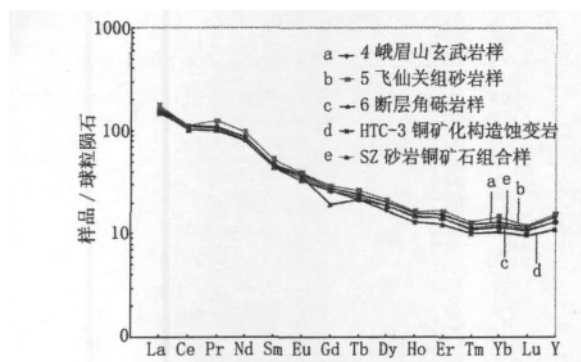


图 8 赫章铜厂沟铜矿岩矿样品稀土元素球粒陨石标准化模式(据表 3)

Fig. 8 The chondrite-normalized patterns of REE of the rocks and ores in the Tongchanggou copper deposit (from table 3)

蚀变构造角砾岩型铜矿石样的 $\Sigma \text{REE} = 273.54 \times 10^{-6}$ ， $\text{LREE}/\text{HREE} = 10.93$ ， $\delta\text{Ce} = 0.87$ ， $\delta\text{Eu} = 1.11$ ，稀土元素特征值表明与飞仙关组砂岩、峨眉山玄武岩稀土元素特征值据相似性，明显显示出其溯源性。

经显微镜下观察发现蚀变构造角砾岩型铜矿石及铜矿化构造蚀变角砾岩普遍发生绿泥石化、粘土化、硅化等蚀变作用。该类样品 Gd 元素含量较其他样品明显偏低，曲线在 Gd 元素处出现明显的“V”型谷，表明在铜矿化蚀变过程中出现了 Gd 元素的亏损。

4 铜矿的微量元素地球化学特征

利用 ICP-MS 测定岩矿样品的微量元素，部分分析结果见表 4，以上地壳的元素丰度做参照，绘出微量元素分布图(图 9)。

从表 4 和图 9 可以看出，飞仙关组砂岩样富集亲硫元素 Zn、Ni、Co，富集倍数为 4.19 ~ 6.25，同时富集元素 W、Zr、Ba、Cr、Sr、V 等；砂岩样 Pb、Th、U、Cs 等元素相对亏损，富集倍数 = 0.059 ~ 0.78，均小于 1，这些特征均与下部峨眉山玄武岩样相近。综合前述两类样品的稀土元素地球化学特征非常相似的特点，表明飞仙关组砂岩沉积过程中有峨眉山玄

武岩喷发物质参与。

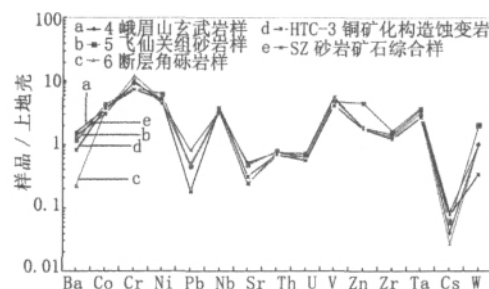


图 9 赫章铜厂沟铜矿岩矿样品微量元素分布模式图(据表 3)

Fig. 9 Spider diagram of trace elements of rocks and ores in the Tongchanggou copper deposit (from table 3)

表 4 铜厂沟岩矿石微量元素含量($\times 10^{-6}$)

Table 4 Data of trace elements of rocks and ores in the Tongchanggou copper deposit

样品号	4	5	6	HTC-3	SZ	
样品类型	峨眉山玄武岩样	飞仙关组砂岩样	断层角砾岩样	铜矿化构造蚀变岩	砂岩铜矿石综合样	上地壳
Ba	846	628	123	454	748.33	550
Co	35	41.9	32.7	37.5	30.4	10
Cr	330	270	420	257	343.33	35
Ni	98	125	99	105	89.67	20
Pb	9	9	10	3.66	16	20
Nb	39.1	44.1	38.2	45.6	40.37	12
Sr	181.5	162.5	88.3	109	82.63	350
Th	7.99	8.4	6.98	7.37	7.8	10.7
U	1.75	1.8	1.75	1.57	2.03	2.8
V	310	281	318	249	335	60
Zn	129	319	128	123.59	132	71
Zr	277	308	254	235	277.33	190
Ta	3.3	3.5	3	2.59	3.3	0.96
Cs	0.15	0.22	0.1	0.289	0.32	3.7
W	2	4	2	0.677	2	2
Cu	157	30	129	328.32	3.02%	25

测试单位: 4、5、6 和 SZ 广州澳实分析检测有限公司, 2010 年 10 月; HTC-3 中科院地球化学研究所, 2008 年 12 月; 上地壳丰度采用 GERM (1998) 元素丰度

峨眉山玄武岩中 Cu、Zn、V、Ba、Ni、Cr 等元素的含量较高，远高于陆壳和陆幔的元素丰度值，是较好的成矿物源。研究区属峨眉山玄武岩分布较厚（出露的峨眉山玄武岩厚度约 20m 且下部未见底），在一定的构造作用及成矿化学流体的参与下，峨眉山玄武岩可以为成矿提供物质来源。这些元素在飞仙

关组砂岩、砂岩型铜矿、断层角砾岩、铜矿化构造蚀变岩中含量同样很高,甚至富集成矿,表现出明显的继承性。从表4中可以看出,峨眉山玄武岩样中Cu元素富集(富集倍数为6.28),而飞仙关组砂岩样中Cu元素的含量仅接近上地壳的丰度,但经过后期构造活动改造形成的构造角砾岩、铜矿化蚀变岩和砂岩型铜矿中铜的含量却较高,甚至富集成矿。由此可以得出结论:下部的峨眉山玄武岩为赫章铜厂沟铜矿的成矿提供了物质来源,成矿化学流体沿着因构造作用形成的通道进入飞仙关组砂岩层及构造角砾岩并使岩石发生矿化蚀变,进而富集成矿。此外,在两种类型的铜矿石中Ba、Zn、V、Ni等含量较高,据此可以认为赫章铜厂沟铜矿属铜多金属矿石。

5 结论

1. 赫章铜厂沟铜矿产出于三叠系飞仙关组砂岩、蚀变后的砂岩及矿化蚀变构造角砾岩中,主要沿呈北东—南西向的断裂带分布,严格受构造控制。

2. 通过研究将铜矿石划分为2类:砂岩型铜矿石和蚀变构造角砾岩型铜矿石,矿石含铜品位为3.26%~3.88%。其中砂岩型铜矿石产出因明显受三叠系飞仙关组控制而具有层控特征;蚀变构造角砾岩型铜矿石沿断裂带呈一定规模展布并受构造控制,在矿化规模、含铜品位方面具有意义的研究价值。

3. 研究区各类岩、矿样品的稀土元素含量总体偏高。各样品都具有轻稀土富集、重稀土亏损且表现出富集Y元素的特征。各样品的稀土元素总量、分量及稀土元素分布模式都非常相似,均呈现Ce负异常,Eu仅出现较微弱的异常。

4. 砂岩样、蚀变构造角砾岩及两类型矿石样品稀土元素特征值表明与峨眉山玄武岩样的稀土元素及微量元素地球化学特征呈现继承及渊源性特征,下部的富含Cu元素的峨眉山玄武岩为后期铜矿

(铜矿化)及多金属元素成矿提供了物质来源。

5. 铜矿石中Ba、Zn、V、Ni等含量较高,属铜多金属矿石,综合利用价值大。

参考文献:

- [1] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [2] 张乾,朱笑青,张正伟,等. 贵州威宁地区峨眉山玄武岩型自然铜—辉铜矿矿床的成矿前景[J]. 矿物学报,2007,27(3/4):379-383.
- [3] 刘远辉,李进,邓克勇. 贵州盘县地区峨眉山玄武岩铜矿的成矿地质条件[J]. 地质通报,2003,22(9):713-717.
- [4] Zhong H, Zhu W G, Qi L, et al. Platinum-group element (PGE) geochemistry of the Emeishan basalts in the Pan-Xi area, SW China [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(7):845-854.
- [5] 贵州织金含稀土中低品位磷块岩工艺矿物学特征[J]. 稀土,2010,31(2):70-74.
- [6] 黎彤,袁怀雨. 大洋岩石圈与大陆岩石圈的元素丰度[J]. 地球化学,2011,40(1):1-5.
- [7] 成杭新,庄广民,赵传东,等. 贵州西部Pt、Pd异常源稀土元素地球化学示踪的初步研究[J]. 地质与勘探,2003,39(2):46-50.
- [8] 王中刚,于学元,赵振华,等. 稀土元素地球化学[M]. 北京:科学出版社,1989.
- [9] 毛德明,张启厚,安树仁. 贵州西部峨眉山玄武岩及其有关矿产[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1992.
- [10] 赵振华. 某些常用稀土元素地球化学参数的计算方法及其地球化学意义[J]. 地质地球化学,1985,(S1):11-14.
- [11] 张杰,孙传敏,杨国锋,等. 贵州下寒武统黑色页岩稀土元素地球化学特征[J]. 稀土,2008,29(2):72-75.
- [12] Murray R W, Brink M R, Jones D L, et al. Rare earth elements as indications of different marine depositional environments in Chert and shale[J]. Geology, 1990, 18:268-271.

REE Geochemistry and Sources of Metallogenic Materials Tracing of Copper Ore in Tongchanggou, Hezhang, Guizhou

ZHANG Jie^{1,2*}, LIU Hong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Nonmetallic Mineral Resources, Guizhou Province, Guiyang 550003, China)

2. School of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

Abstract: Field geological investigation, sampling, indoor microscope analysis, SEM and X-ray diffraction component

analysis for copper mineralized zone in Hezhang were conducted. The results show that the characteristics of the ore types is initially divided into sandstone - type copper ore and alteration tectonic breccia copper ore , and the grade of copper is 3.26% ~ 3.88% . ICP - MS method was used to determine the composition of REE and trace elements in two types of ore of Hezhang copper , ore - hosting rock and Emeishan basalts , and rare earth characteristic values were contrasted. LREE/HREE ratio of 9.43 ~ 11.12 and La/Yb ratio of 11.86 ~ 14.6 show that the light rare earth in samples is significantly enriched. δCe value of 0.75 - 0.84 shows negative anomaly. In addition to HTC - 3 with δEu 1.11 showing a weak positive anomaly , the remaining samples with δEu 0.94 ~ 1.06 show that Eu displays very weak anomalies. The diagram of trace element distribution patterns of Tongchanggou copper ore samples shows that its distribution characteristics have homology. By studying the rare earth and trace element geochemical characteristics and the rare earth elements migration in copper mineralization alteration process and presentation of the nature of succession , combined with the formation environment of Feixianguan sandstone , conclusions are obtained that Emeishan basalts provide material sources for copper metallogenic and copper mineralization.

Key words: copper ore; sandstone copper mine; breccia tectonic altered rock-type copper mine; rare earth element; source bed

包头稀土研究院一科研项目通过验收

2012 年 ,内蒙古科技厅和包头市科技局组织专家对包头稀土研究院功能材料中心承担的“一种磁环的多级聚合辐射取向成型制备方法专利技术转化”项目进行了验收。本项目是基于“一种磁环的多极聚合辐射取向成型制备方法”发明专利基础之上 ,通过对添加重稀土元素和其它元素工艺技术的研究 ,开发出服务于永磁电机的烧结钕铁硼辐射多极环产业化工艺技术 ,形成独具特色的产品。该产品可广泛应用于汽车、数控机床、家用电器、传感器、机器人等领域 ,在当今以及未来都有较大的市场需求。该项目的完成对充分发挥我国稀土资源的优势 ,促进稀土资源的利用 ,改善钕铁硼产品结构 ,提高经济效益 ,促进我国钕铁硼永磁材料的发展具有重要的意义。

[包头稀土研究院网站]