第 37卷第 3期　　贵州工业大学学报(自然科学版)　　Vol 37 No. 3
2008年　5月　　JOURNAL OF GUIZHOU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY　　May. 2008
(Natural Science Edition)

文章编号: 1009 - 0193(2008)03 - 0024 - 05

黔东南主山冲金矿稀土元素地球化学特征研究

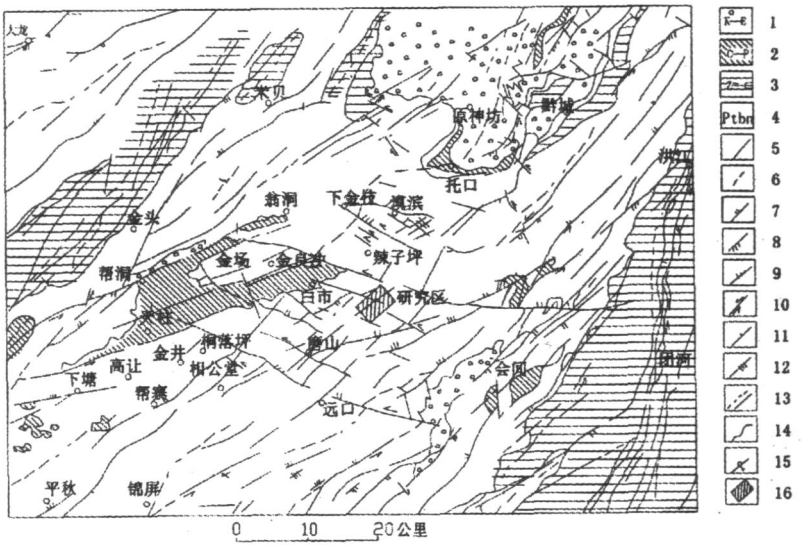
叶　俊[1],杨佰恒[2],齐领弟[1],余大龙[1]
(1.贵州大学 资源与环境工程学院,贵州 贵阳 550003; 2.甘肃省地矿局第三勘查院,甘肃 兰州 730050)

摘　要:通过对主山冲金矿区的石英脉、蚀变矿石及区域上的远矿围岩和辉绿岩中稀土元素组成的比较,发现蚀变矿石与远矿围岩中的稀土模式基本一致,说明矿区成矿流体的稀土模式保持相对不变,故可用纯净石英脉中稀土的配分模式来代表成矿流体的稀土模式,从而利用稀土配分的示踪作用判断了矿区成矿流体来自深部。同时稀土元素也是热液型金矿成矿物质来源的良好指示剂,通过对石英、远矿围岩和辉绿岩中的稀土进一步比较表明,成矿物质属混合来源。

关键词:主山冲金矿;成矿流体;成矿物质;稀土元素地球化学
中图分类号: P618.7　　**文献标识码**: A

1　地质概况

主山冲金矿位于江南古陆西缘,华南褶皱带锦屏—榕江构造变形区北部。出露地层有元古宙上板溪群(在黔东南称下江群)、二叠系、侏罗系及第四系。区域构造以北东向为主,次为北北东向、北西向,褶皱、断裂发育,另见少量东西向断裂。区域内岩浆活动迹象不明显,仅局部有超基性、基性—中酸性岩体和岩脉出露,但矿区附近未见有岩浆岩(图 1)。



1.白垩、第三系　2.石炭、三迭系　3.震旦、寒武系　4.上板溪群　5.背斜　6.向斜
7.压性断层　8.压扭性断层　9.冲断层　10.张扭性断层　11.张性断层　12.挤压带
13.推测、实测性质不明断层　14.不整合线　15.倒转产状　16.研究区
(据湖南省地质局 407队,但有修补和补充)

图 1　研究区区域地质图

收稿日期: 2007 - 10 - 09
作者简介:叶　俊(1981 -),女,湖北老河口人,研究生,从事金矿地质、地球化学研究。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2　矿区稀土元素组成

本次研究利用荧光分光光度法分别对矿区石英脉体及蚀变带型矿石样品进行了稀土元素组成分析。同时,笔者也收集了矿区远矿围岩岩体的稀土组成数据[1]。综合这些数据计算了远矿围岩、石英脉、蚀变岩石的稀土元素参数特征值 (表 1),并绘制了稀土配分模式图 (图 2、3)。稀土模式图采用 Boynton(1984)球粒陨石标准化。

表 1　主山冲蚀变岩型金矿的远矿围岩、蚀变岩型矿石、石英脉体的稀土元素特征参数

样名		样号	∑REE	LREE/HREE	δEu	δCe	Eu/Sm	Sm/Nd	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$	Au(g/t)
石英	大脉	ZSC-03	24.25	5.72	1.14	0.72	0.44	0.16	8.48	4.52	2.02	0.72
		ZSC-05	13.91	8.43	0.77	1.25	0.21	0.25	8.91	3.25	1.43	0.08
		ZSC-06	32.13	3.94	0.95	0.91	0.36	0.21	5.10	3.86	1.30	0.42
		ZSC-11	61.29	4.33	0.93	0.91	0.34	0.22	6.27	2.95	1.97	0.34
		ZSC-15	20.02	6.25	1.08	0.88	0.37	0.20	9.25	4.24	1.84	0.29
		平均值	30.32	6.25	0.97	0.90	0.35	0.21	6.77	3.54	1.74	0.37
	细脉	ZSC-01	21.91	5.04	0.83	0.84	0.31	0.22	8.69	4.97	1.68	0.14
		ZSC-02	30.39	8.04	0.91	0.86	0.27	0.21	11.02	3.88	1.80	0.19
		ZSC-04	45.57	5.38	1.35	0.90	0.52	0.18	8.83	4.65	1.99	0.17
		平均值	32.62	5.38	1.09	0.87	0.38	0.20	9.40	4.43	1.85	0.17
蚀变岩型矿石		ZSC-07	310.87	6.94	0.80	0.90	0.24	0.20	6.79	3.52	1.18	3.36
		ZSC-08	205.73	6.94	0.84	0.87	0.25	0.19	7.65	3.76	1.30	0.52
		ZSC-09	474.48	5.51	0.68	0.87	0.20	0.21	4.87	2.75	1.04	1.92
		ZSC-10	131.95	7.02	0.99	0.91	0.31	0.19	7.80	3.85	1.40	4.55
		ZSC-12	181.34	6.52	0.96	0.88	0.30	0.20	6.84	4.44	1.07	0.8
		ZSC-13	133.43	7.13	0.99	0.90	0.30	0.21	7.25	4.22	1.14	1.52
		ZSC-14	139.65	6.19	1.40	0.92	0.43	0.19	6.34	3.79	1.13	3.64
		平均值	225.35	6.36	0.86	0.89	0.26	0.20	6.31	3.49	1.14	2.23
远矿围岩 *		H068	233.33	10.87	0.65	0.98	0.18	0.18	11.44	4.22	1.51	
辉绿岩 *		YJ-1	106.48	2.76	1.03	0.83	0.30	0.21	6.78	3.23	1.30	

注:样品标准化采用 Boynton(1984)球粒陨石标准; * 资料来源:远矿围岩引自文献 (金文山等, 1997);辉绿岩引自文献 (贺安生, 1995)

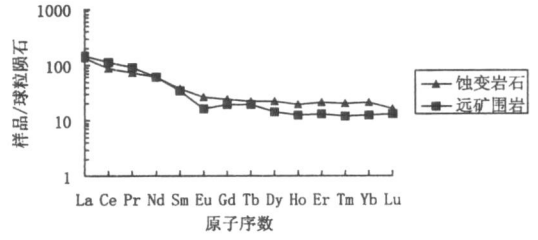


图 2　蚀变岩型矿石、远矿围岩的球粒陨石标准化稀土模式

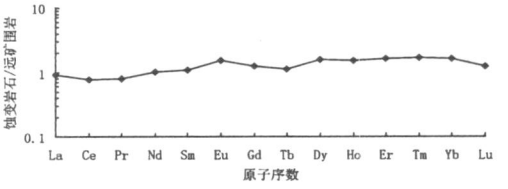


图 3　蚀变岩型矿石相对于未蚀变远矿围岩的稀土元素标准化曲线

3　讨论与结论

3.1　成矿流体来源探讨

热液蚀变样品相对于未蚀变样品的稀土元素标准化图解,可以判断成矿或蚀变过程中稀土元素的地球化学行为[2-3]。图 2为主山冲金矿床中蚀变矿石、石英脉体与相应未蚀变岩石的球粒陨石标准化稀土模式,图 3为主山冲金矿床中蚀变矿石相对于未蚀变岩石的稀土元素标准化曲线。从表 1、图 2、3中可以看出,主山冲金矿未蚀变远矿围岩的 $(La/Yb)_N = 6.03$, $\delta Eu = 0.67$, $\delta Ce = 0.94$,轻稀土分馏程度明显强于重稀土 ($(La/Sm)_N = 2.87$, $(Gd/Yb)_N = 1.20$)。与未蚀变远矿围岩相比,蚀变岩石的 $(La/Yb)_N$ 有所增加, $(La/Yb)_N = 6.79$, $\delta Eu = 0.95$, $\delta Ce = 0.89$,轻稀土分馏程度强于重稀土的趋势较未蚀变远矿围岩明显。从单个 REE元素来看,除蚀变岩石较未蚀变围岩的 La、Ce、Pr呈现微弱负异常外,其他 REE元素均呈现微弱正异常,但总体上远矿围岩与蚀变矿石的稀土模式曲线近于平行。蚀变矿石相对于未蚀变远矿围岩的标准化曲

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

线呈现出相对平坦的趋势 (即蚀变岩石相对于未蚀变远矿围岩的稀土元素标准化值均≈1)。这表明在成矿或蚀变过程中稀土元素的活动性相对不明显或轻、重稀土的变化具有协调性[4]。

在热液蚀变过程中形成的蚀变矿石的稀土模式受流体/岩石比值、蚀变程度和所形成的次生矿物类型的控制。当流体/岩石比值高或蚀变矿物与原岩成分差别较大时,产生与相应新鲜岩石"不协调"的稀土模式[2]。根据以上分析不难看出,主山冲金矿蚀变矿石与远矿围岩近于平行的稀土模式以及在蚀变矿石中出现钠长石的特征意味着,在热液蚀变或成矿过程中,具有相对较低的流体/岩石比值 (钠长石的存在是低渗透率、低流体/岩石比值的标志[3])。稀土元素在成矿流体与围岩间不存在明显的带入与带出或者由于围岩对流体轻、重稀土的"协调"贡献而使得这种交换不至于影响成矿流体的模式[4]。

由于石英为架状结构矿物,硅与同处于周期表中第六周期第Ⅲ副族的各稀土元素无任何亲和性,稀土元素不可能以类质同像混入物形式进入石英晶格中[5]。所以,石英中的稀土元素应主要赋存于其中的流体包裹体内。因此,石英脉体中的稀土模式可以近似反映石英沉淀时成矿流体的稀土模式特征[4]。

由成矿过程中稀土元素变化特征可知,主山冲金矿床蚀变岩石与石英脉体间未发生明显的稀土元素带入与带出,或发生了微弱元素交换,但由于受围岩对流体的"协调"作用的影响未改变成矿流体的稀土模式,因此我们可以用矿区成矿期石英脉的稀土元素配分模式来近似代表成矿流体的稀土组成特征。

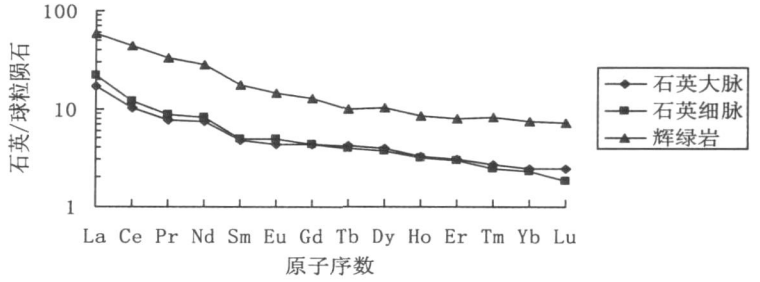


图 4 初始成矿流体的稀土模式

从上面的讨论我们可以知道,主山冲金矿区主成矿期石英的稀土模式 (图 4)可近似代表本区初始成矿流体的稀土模式。从图 4、表 1可以看出,石英大脉和石英细脉的稀土模式几乎重合,表明它们具有相同的来源和成矿机制。故本区初始成矿流体的稀土模式表现为富集轻稀土,且后期成矿流体轻稀土富集程度更高 (石英大脉 $(La/Yb)_N = 6.77$、石英细脉 $(La/Yb)_N = 9.40$);Eu没有异常或具有微弱的异常,后期成矿流体Eu异常较早期突出 (石英大脉 $\delta Eu = 0.97$、石英细脉 $\delta Eu = 1.09$),说明后期成矿流体较早期还原性强;Ce均呈现弱亏损,轻稀土分馏程度明显强于重稀土 ($(La/Sm)_N = 3.54$、4.43, $(Gd/Yb)_N = 1.74$、1.85)。

区域上辉绿岩的稀土模式[6]与该区石英脉的稀土配分模式有着惊人的一致性。区内石英脉的 Eu/Sm值 (除样品 ZSC-05)均远大于围岩的 Eu/Sm值 0.18,而近似于且大于辉绿岩的 Eu/Sm值 0.30,石英的 Sm/Nd值也更接近辉绿岩的 Sm/Nd值 0.21,这就为成矿流体的深部来源提供了有利的证据。

3.2 成矿物质来源探讨

对于该区金矿的成矿物质来源,前人已开展了许多研究,但目前仍存在着较大分歧。早期的地质工作者往往以该区元古宙地层中含金高为主要依据,认为成矿物质来源于赋矿围岩或下伏岩层[7-8]。但也有另一些研究成果[9-10]表明,湘西黔东元古宙地层中金的含量并不高,金的丰度一般低于大陆地壳中的平均值 (3.0×10^{-9}),甚至低于上陆壳中金的平均含量 (1.8×10^{-9})。所以,也有一些学者认为,湘西黔东元古宙地层为该区金矿提供成矿物质的可能性不大,而来自深部或时代较老的中基性岩可能性较大[11-12]。为此,本次研究试图利用稀土元素示踪原理来对主山冲金矿区的成矿物质来源进行探讨。

稀土元素是热液型金矿成矿物质来源的良好指示剂[13]。在热液型金矿的成矿过程中,热液中稀土元素可来自诸多方面,并将其沉淀于矿石,稀土元素不发生明显的分馏作用而基本上保持原有的配分关系;岩石虽遭受变形、变质作用以及热液淋滤作用,岩石中稀土元素的绝对丰度发生改变,但岩石中稀土元素的配分模式并未改变。因此通过对比研究矿石和相关岩石中的稀土元素地球化学特征,可示踪其成矿物质的来源。

由前面对成矿流体的研究可知,该区成矿流体来源于深部,且元古宙地层含金性不高,这些结论似乎给我们一种暗示——成矿物质也可能是由初始成矿流体从深部携带而来。带着这种推论,我们把远矿围岩、蚀

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

变矿石、辉绿岩与含金石英脉中的稀土模式及其参数再次做了细致的对比 (图 5)。

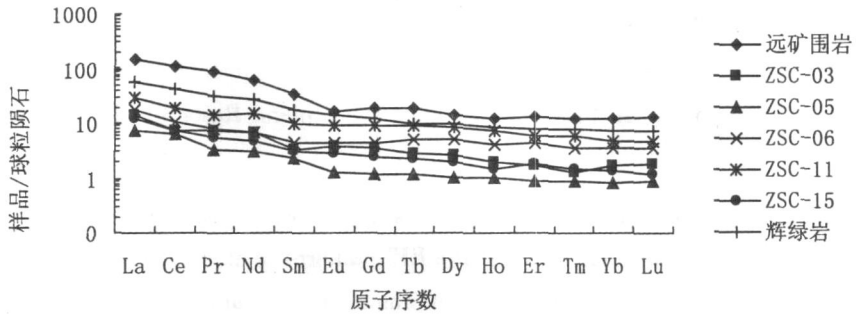


图 5　石英大脉、远矿围岩及辉绿岩球粒陨石标准化图解

从图 5及表 1可以看出,辉绿岩 LREE/HREE = 2. 76,远矿围岩中 LREE/HREE = 10. 87,而作为矿体一部分的石英脉体中的 LREE/HREE = 3. 94 - 8. 43,其范围刚好处于辉绿岩与围岩之间,表明石英脉矿体中的稀土配分模式为远矿围岩与辉绿岩中稀土配分模式的综合结果。从而认为该区成矿物质来源可能为混合来源,即部分成矿物质是被深部热液携带运移而进入破碎带蚀变沉淀成矿的,部分是成矿流体运移途中捕获于围岩中的。这一点进一步说明成矿流体确实与围岩发生过元素交换。而蚀变矿石中稀土模式之所以与远矿围岩极为相似是因为围岩在蚀变过程中对流体的"协调"作用的结果,从而未改变成矿流体及围岩的稀土模式。

以上有关物源的结论也得到了其他一些旁证。如从赋金层位分布看,金矿主要赋存于晚元古宙下江群清水江组浅变质岩中,均在强烈构造运动之后的不整合面上,且在这类地层中金矿床的分布也最为集中;从大地构造情况看,本区在加里东期之前存在多次火山喷发活动,且已有资料说明火山碎屑物的数量与矿床的贫富及矿点的疏密有一定的联系[14];从构造特征看,该区赋金的元古宙地层形成在弧后盆地,这种不稳定大陆边缘板块运动强烈,岩浆——热事件发育,也为该地层含金建造提供来源证据;从 S、Pb同位素角度看,均有深部来源的可能性[14]。

参考文献:

[1] 金文山,赵风清. 湘黔桂雪峰期地层单元岩石地球化学特征 [J]. 湖南地质, 1997, (2): 78 - 91.
[2] Hopf S. Behaviour of rare earth elements in geothermal systems of New Zealand[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1993, 47: 333 - 357.
[3] Bau M. Rare - earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid - rock interaction and the significance of the oxidation state of europium[J]. Chemical Geology, 1991, 93: 219 - 230.
[4] 毕献武,胡瑞忠. 哀牢山金矿带成矿流体稀土元素地球化学 [J]. 地质评论, 1998, 44(3): 264 - 269.
[5] 刘英俊. 元素地球化学 [M]. 北京:科学出版社, 1984.
[6] 贺安生. 黔阳隘口基性超基性岩地球化学特征 [J]. 大地构造与成矿学, 1995, 19 (3): 239 - 247.
[7] 彭建堂,戴塔根. 湘西南金矿床成矿物质来源的地球化学证据 [J]. 1999, 19(3): 327 - 334.
[8] 张　杰,余大龙,李明琴,等. 贵州天柱磨山—油麻坳金矿化带地球化学特征及成矿作用 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(3): 186 - 190.
[9] 余大龙. 湘黔地区地层含金性研究 [J]. 矿物学报, 1999, 19(3): 362 - 369.
[10] 王甫仁,权玉钰, 李玉平. 湖南省岩金矿床形成条件及分布富集规律 [J]. 湖南地质, 1993, 12(3): 163 - 170.
[11] 余大龙. 黔东八克金矿地质地球化学特征研究 [J]. 地质地球化学, 1997, (1): 12 - 17.
[12] 毛景文,李红艳. 江南古陆某些金矿床成因讨论 [J]. 地球化学, 1897, 26(5): 71 - 81.
[13] 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: 10 - 11.
[14] 周德忠. 湘黔地区内生金矿控矿条件及远景预测研究报告 [R]. 贵阳:贵州工学院, 1989.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

REE Geochemistry of Zhushanchong Gold Deposit in Southeast of Guizhou

YE Jun[1], YANG Bai-heng[2], QI Ling-di[1], YU Da-long[1]

(1. College of Resources and Environment Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, China; 2. No. 3. Exploration Institute of Gansu Provincial Geology and Mineral Resources Bureau, Lanzhou 730050, China)

Abstract: REE compositions of quartz vein, altered rocks, wall rock of the area and diabase have been determined and compared. The result indicates that the REE patterns of altered rocks and wall rock are almost the same. This result also indicates that the REE patterns of ore-forming fluids in Zhushanchong gold deposit remains relatively unchanged. In this case, we can make the REE patterns of quartz vein as the REE patterns of ore-forming fluids. Consequently it is thought that the source of ore-forming fluid is from the deep part. On the other hand the REE is also the tracer element of the ore-forming substance. We can find that the source of ore-forming substance is mixed-source.

Key words: Zhushanchong gold deposit; ore-forming fluid; ore-forming substance; REE geochemistry

(上接 23页)

Research on On-site Simulation Test of Landslide by Artificial Rainfall

LONG Wan-xue[1], WU Jun[2], FU He-lin[3]

(1. Guizhou Provincial Institute of Traffic Planning and Prospective Design, Guiyang 550001, China; 2. Guizhou Expressway Development Corporation, Guiyang 550001, China; 3. Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: It has mainly studied the disaster properties and inducement mechanism of landslide on the condition of artificial rainfall or excavation by in-site analog experiment. During the while process, it has monitored the crannies at sloping surfaces, displacements in deep soil body, pore water pressure, and surface runoff which have been done to. The result shows some physical indexes, such as Anti-shear Strength Index and the shape properties of slope. After rainwater percolates into the fissures, the soil has been saturated, the penetrability and Anti-shear Strength is poor. In this case the slope would have been debacle. Based on numerical simulation, we have got the diversification tend of stability of slope and the change of the stress and displacement in the process of rainfall infiltration. The stability coefficient in fluid-solid coupling is lower than in non-fluid-solid coupling by 5 percent, which evidences that the seepage force is very important for landslide induced by rainfall.

Key words: landslide; artificial rainfall; on-site simulation test; numerical simulation

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net