

地质 矿床

青海省五龙沟矿区金矿化的石英稀土元素地球化学指示

袁万明¹, 莫宣学², 喻学惠², 罗照华², 王世成¹

(1. 中国科学院高能物理研究所核分析技术开放研究实验室, 北京 100080; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

[摘要] 五龙沟金矿区硅化石英的稀土元素地球化学特征可较好地反映金矿化程度和多期次成矿特性。金矿化愈好, 则 Eu/Eu^* , Ce/Ce^* , $LREE/HREE$ 和 La/Yb 值愈高。稀土元素含量与金矿化没有明显的相关性, 但 REE 值以及配分模式可指示不同的矿化期。矿化作用从早到晚, REE 值逐渐升高。

[关键词] 金矿化 稀土元素 石英 矿化程度 多期次矿化 东昆仑

[中图分类号] P618.51 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2002)01-0015-03

1 地质背景

青海省五龙沟地区位于青藏高原北部东昆仑山中段北侧边缘, 区内发育近于平行的 NW 向脆韧性剪切带, 构成控制矿区的构造, 其旁侧发育一系列较密集次级断裂。区内地层出露较少, 主要为下元古界金水口群和上元古界丘吉东沟群。岩浆活动十分强烈, 岩浆岩出露面积占矿区面积的 95% 以上。主要岩浆事件有 3 次, 即晚元古代青白口纪(前兴凯期)、泥盆纪(华力西期)和三叠纪(印支期)(图 1)。区内金矿化强而广, 金矿规模较大, 品位变化较大, 沿构造带集中分布, 主要属构造破碎带蚀变岩型, 亦有石英脉型, 当地政府和地质部门近 10 年来一直在有组织地开采。现已划分出的含金破碎蚀变带有 13 条, 其中 2 号矿带位于红旗沟 NW 向脆韧性剪切带中, 1 号矿带分布于岩金沟与水闸—红旗沟两个剪切带所夹持的 NW 向断层带内, 石英脉型矿化主要见于 2 号矿带及其附近。金矿化与硅化密切相关, 硅化呈细脉状和浸染状, 并且有多期次的硅化和金成矿作用。印支期构造—岩浆活动是金成矿作用的动力源, 其中形成较晚并与金成矿作用有关的红石岭钾长花岗岩的 Rb - Sr 同位素年龄为 228.25 Ma^[1], 笔者所测 2 号矿带中绢云母的 K - Ar 同位素年龄为 252.9 Ma; 石灰沟 2 号矿带矿石 K - Ar 等时年龄和方铅矿铅同位素模式年龄分别为 197 Ma 和 210 Ma^[2]; 红旗沟金矿体及其围岩眼球状花

岗片麻岩中锆石的裂变径迹年龄分别为 197.4 Ma 和 223.3 Ma, 岩金沟矿石中锆石和磷灰石裂变径迹年龄分别为 235.0 Ma 和 200.5 Ma^[3], 这不仅体现了金成矿作用的时间, 而且亦证实成矿作用的多期次性^[3]。

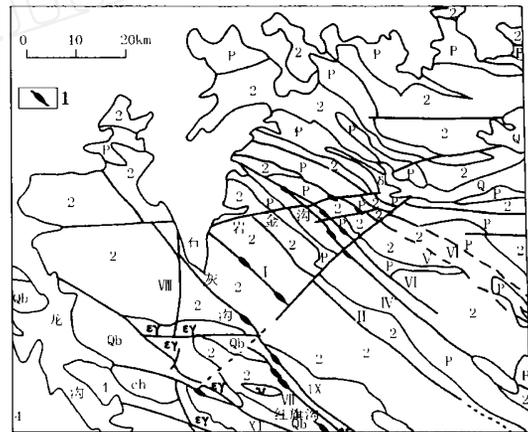


图 1 东昆仑山五龙沟金矿区地质简图

P—下元古界金水口群; Ch—中元古界长成系; Qb—上元古界青白口系; 2—前兴凯期(青白口纪)侵入体; 4—华力西期侵入体; —辉长岩; —闪长岩; —钾长花岗岩; 1—金矿体

2 样品与分析结果

研究样品取自 2 号矿带 2 号矿体(W39-6)、2 号矿带 2 号矿体(W33-3)和 2 号矿带 2 号矿体(W31-5)中硅化石英以及石英脉型矿石石英(W65-1, W65-5)

[收稿日期] 2001-02-20; [修订日期] 2001-04-26; [责任编辑] 曲丽莉。

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(A050410)。

[第一作者简介] 袁万明(1956年-)男, 1982年毕业于河北地质学院, 获博士学位, 副教授, 研究方向为裂变径迹热年代学及其地学应用。

计 5 个样做了稀土元素分析。其中 矿带 2 号矿体金品位最高,是主要开采对象, 矿带矿体次之, 矿带矿体相对较差。W65 - 1 样为石英脉,宽 0.04 m,脉边部有黄铁矿化,其外侧围岩中分布有

星散状黄铁矿;W65 - 5 样为团粒状硅化石英内宽 1 mm 的石英细脉,具浸染状黄铁矿化,金矿化较好。

稀土元素分析结果及有关特征值列于表 1,稀土元素配分模式见图 2。

表 1 五龙沟金矿田不同硅化石英稀土元素含量及其主要特征值

(10^{-6})

样号	母体	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
W39 - 6	带 2 号矿	1.18	2.01	0.22	0.62	0.14	0.041	0.91	0.014	0.072	0.012	0.024
W65 - 5	石英脉型矿	4.16	6.88	0.86	3.40	0.58	0.100	0.330	0.059	0.220	0.041	0.098
W65 - 1	石英脉型矿	1.16	1.88	0.25	0.84	0.14	0.022	0.100	0.018	0.120	0.024	0.064
W33 - 3	带 2 号矿	1.91	2.95	0.40	1.40	0.21	0.031	0.120	0.021	0.120	0.026	0.066
W31 - 5	带 3 号矿	4.62	7.04	0.92	3.79	0.58	0.100	0.340	0.060	0.260	0.052	0.120

Tm	Yb	Lu	Y	REE	LREE HREE	$\frac{Eu}{Eu^*}$	$\frac{Ce}{Ce^*}$	$\frac{La}{Yb}$	$\frac{La}{Lu}$	$\frac{La}{Sm}$	$\frac{Sm}{Nd}$	$\frac{Eu}{Sm}$
0.0038	0.022	0.0035	0.26	4.4533	17.38	0.04	- 0.11	53.64	337.14	8.43	0.23	0.29
0.0140	0.082	0.0120	0.97	16.836	18.67	- 0.36	- 0.17	50.73	346.67	7.17	0.17	0.17
0.0096	0.058	0.0086	0.52	4.6942	10.67	- 0.46	- 0.2	20	134.88	8.29	0.17	0.16
0.0099	0.059	0.0086	0.48	7.3315	16.03	- 0.45	- 0.23	32.37	222.09	9.1	0.15	0.15
0.0180	0.110	0.0160	1.07	18.026	17.47	- 0.37	- 0.22	42	288.75	7.97	0.15	0.17

测试单位:宜昌地质矿产所。

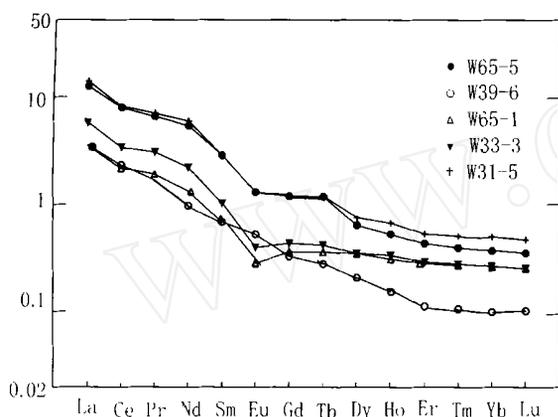


图 2 五龙沟金矿田硅化石英稀土元素模式图

3 矿化程度指示

结合各矿体含矿性特征,可知硅化石英稀土元素组成与矿化程度有着密切联系: 负 Eu 异常和负 Ce 异常愈强,矿化愈差,或者说, Eu/Eu^* 和 Ce/Ce^* 值愈大,矿化愈好。矿带 2 号矿、矿带矿和矿带矿体石英 Eu/Eu^* 分别为 0.04, - 0.37 和 - 0.45; Ce/Ce^* 值分别为 - 0.11, - 0.22 和 - 0.23。石英脉型矿化 W65—5 含矿性比 W65—1 好,据石英单矿物微金化学分析,二者 Au 含量分别为 6.7×10^{-9} 和 1.5×10^{-9} ,所以,前者 $Eu/Eu^* = - 0.36$, $Ce/Ce^* = - 0.17$,后者该二个值分别为 - 0.46 和 - 0.20; 轻重稀土元素分馏强时,矿化较好。矿带 2 号矿、矿带矿体和矿带矿体石英 La/Yb 值分别为 53.64, 42.00 和 32.37; Ce/Yb 分别为 91.36,

64.0 和 50.0; LREE/HREE 分别为 17.38, 17.47 和 16.03。石英脉型 W65—5 这三个值仍比 W65—1 高,前者依次为 50.73, 83.90 和 18.67,后者依次为 20.0, 32.41 和 10.67; 稀土元素总量与含矿性关系不大。笔者对东昆仑开荒北地区白金沟金矿床的研究亦获得类似结论^[4],只是与开荒北石英脉矿石英相比,五龙沟矿田矿化石英 Eu/Eu^* 和 LREE/HREE 值均较小,显示矿化强度不及开荒北金矿,这完全与实际情况相符。之所以负 Eu 异常和负 Ce 异常愈强则矿化愈差,是因为金矿化通常形成于氧化环境^[5],而氧化环境下的 Eu/Eu^* 和 Ce/Ce^* 值较高,轻重稀土元素分馏强,表明矿质来源于深部,这与热液金矿成矿特征相符。

4 多期次成矿指示

样品的稀土元素特征可分为三种类型: 矿带矿石英(W31—5)和石英脉型矿(W65—5)为一类,特点是稀土元素总量高, REE 分别为 18.03×10^{-6} 和 16.84×10^{-6} ;轻重稀土元素分馏程度较强, LREE/HREE 为 17.47 和 18.67; La/Sm 略小,为 7.97 和 7.17; Eu/Eu^* 为 - 0.37 和 - 0.36; Ce/Ce^* 为 - 0.22 和 - 0.17。矿带矿体(W33—3)和石英脉 W65—1 为另一类,最典型特点是 REE 值小,分别为 7.33×10^{-6} 和 4.69×10^{-6} ,另外,轻重稀土元素分馏程度不及前一类, LREE/HREE 分别为 16.03 和 10.67; La/Sm 较大,为 9.10 和 8.29; 而 Eu 异常和负 Ce 异常较大, Eu/Eu^* 为 - 0.45 和

- 0.46, Ce/Ce^* 为 - 0.23 和 - 0.20。仅矿带 2 号矿 (W39—6) 1 个样, 与前二类差异在于无 Eu 异常, $Eu/Eu^* = 0.04$; 稀土元素含量最低, $REE = 4.45 \times 10^{-6}$; $LREE/HREE = 17.38$, 与第 1 类相似; La/Yb 、 La/Lu 、 Sm/Nd 和 Eu/Sm 比值均属最大, 分别为 53.64, 337.14, 8.43 和 0.29, 负 Ce 异常最小, $Ce/Ce^* = - 0.11$ 。

石英在结晶时对稀土元素没有选择性, 稀土元素特征与热液活动性质和形成环境有关, 同一成矿热液演化过程中结晶矿物的稀土元素具有相似性, 稀土元素特征取决于沉淀时成矿溶液中稀土元素的特征和形成环境^[6,7]。硅化石英中稀土元素含量与热液活动期次密切相关, 不同期次往往 REE 相差较大。上述三类稀土元素配分模式差异明显, 可以认为是不同期次热液活动的结果, 或者说, 所测样品的硅化有三期, 矿带 2 矿体、矿带矿体和矿带矿体均非同期次形成。2 个石英脉型矿样亦为不同期次形成, 它们分别与矿带矿体和矿带矿体特征相近, 说明石英脉型矿化不仅具有多期次性, 而且分别与带矿和带矿硅化过程相对应。鉴于矿带形成较早、矿带矿体和矿带矿体中硅化脉形成晚^[8], 所以, 本区具有从早到晚, 石英的 REE 值由小到大的趋势。这样, 石英脉型矿化亦应是晚期硅化热液活动的产物。实际上, 野外露头上所见石

英脉型矿化带, 不仅总体形成晚, 而且清晰显示不同期次贯入式矿化的特征。

[参考文献]

- [1] 钱壮志, 胡正国, 刘继庆. 东昆仑北西向韧性剪切带发育的区域构造背景[J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(2): 201~205.
- [2] 钱壮志, 李厚民, 胡正国, 等. 东昆仑中带闪长玢岩脉与金矿成矿关系——以石灰沟金矿床为例[J]. 西安工程学报, 1999, 21(1): 1~4.
- [3] Yuan Wanming, Wang Shicheng, Mo Xuan-xue, Wang Lanfeng. Mineralization ages of gold - hydrothermal deposits in northern zone of eastern Kunlun Mountains based on fission track analysis[J]. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing), 2000, 7(Suppl.): 329~330.
- [4] 袁万明, 王世成, 王兰芬. 东昆仑白金沟金矿床石英的成矿作用显示[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 17(4): 237~241.
- [5] Yuan Wanming and Mo Xuanxue, Control of melt structures on Cu - Au mineralization in basic - ultrabasic complexes of northern China[J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(4): 786~794.
- [6] 王京彬. 石英和硫化物中稀土元素——成矿物质来源的指示剂. 矿床地质与矿床地球化学研究进展[A]. 兰州: 兰州大学出版社, 1990, 131~132.
- [7] 应汉龙. 胶东金青顶和邓格庄金矿的稀土元素地球化学特征及其对成矿热液来源的指示[J]. 地质地球化学, 1996, (1): 39~43.
- [8] 袁万明. 东昆仑构造岩浆活动与金矿成矿作用[D]. 中国地质大学(北京): 博士学位论文, 1997.

INDICATION OF QUARTZ REE GEOCHEMISTRY ON GOLD MINERALIZATION IN WULONGGOU GOLD - ORE AREA, EASTERN KUNLUN MOUNTAINS, QINGHAI PROVINCE

YUAN Wan - ming¹, MO Xuan - xue², YU Xue - hui², LUO Zhao - hua², WANG Shi - cheng¹

(1. Laboratory of Nuclear Analysis Techniques, Institute of High Energy Physics CAS, Beijing 100080;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: REE geochemistry of silicated quartz reflects intensity and multiple epochs of gold mineralization in Wulonggou gold ore area. It is shown that the higher the Eu/Eu^* , Ce/Ce^* , $LREE/HREE$ and La/Yb values are, the better the gold mineralization is. The REE content is not related to the mineralization intensity, but REE value and the REE pattern curve could indicate different epochs of the mineralization. The REE value becomes higher from early to late mineralization.

Key words: gold mineralization, REE, quartz, mineralization intensity, multiple mineralization, eastern Kunlun mountains.