

河北省迁安市长城金矿元素地球化学特征分析

崔丽男

河北省地质矿产勘查开发局第二地质大队(河北省矿山环境修复治理技术中心) 河北 唐山 063000

摘要:为明确长城金矿成矿物质来源及流体属性,本文对长城金矿的矿石样品进行了主量元素、稀土元素分析。长城金矿稀土元素特征曲线均呈现平缓的右倾型,与矿区北面的肖营子花岗岩体稀土特征基本一致,表明长城金矿床的成矿流体来源应该与花岗岩同源,具有深部来源特征,矿石的稀土配分模式整体非常相似,表明该矿区成矿流体较为稳定。因此长城金矿属中低温热液矿床,成矿物质来源主要来自于岩浆和深部地幔,并混入了部分地层物质。

关键词:长城金矿;冀东地区;稀土元素;成矿物质来源

引言:“长城式”金矿主要是指冀东地区内,赋存于中元古代长城系和蓟县系碳酸盐岩地层中的金矿床。本文对长城金矿的矿石进行系统的主量元素、稀土元素地球化学特征分析,探讨了长城金矿的成矿物质来源,为后续的找矿勘查提供理论依据和找矿方向。

1 矿区地质特征

矿区内出露地层主要有蓟县系高于庄组(J_{xg})、杨庄组(J_{xy}),侏罗系后城组(J_{3h})及第四系。区内大部分矿体赋存在蓟县系杨庄组二段紫红色泥质白云岩中,其余赋存在蚀变闪长玢岩岩脉内。

矿区位于冷口断裂带及其北侧,褶皱和断裂构造十分发育,其中褶皱构造主要为倾伏背斜和复向斜。断裂构造多分布于褶皱构造翼部及转折端,具NW、NE、NNW、NWW、SN等多组方向,其中NW向和NE向断裂交汇处为长城金矿矿体的重要赋存部位,呈现出浅部出露矿体规模较小,深部赋存厚大矿体的特征。区内未见大的岩体出露,仅在局部地段见有煌斑岩脉和闪长玢岩脉,多沿断裂带分布,研究区北侧,岩浆活动十分强烈,酸性岩体自东向西呈串珠状分布,其中以肖营子花岗岩基为代表,距离矿区约2.5km^[1]。

1.1 矿体特征

长城金矿矿区范围内共圈定了I-VIII共7个矿带,54个矿体,矿体主要分布于I、II、IV、V、VI、VIII 6个矿带中,呈北西向彼此大致平行排列,目前只有III矿带没有形成工业矿体。大部分矿带严格受断裂或蚀变岩带控制,矿带长约330~900m,走向290°~330°,多发生偏转,除II矿带倾向北东外,其余矿带倾向均为南西,倾角40°~85°。矿带中的矿体多呈似层状、透镜状和脉状展布,其中以I矿带的I-9矿体规模最大,矿体长度约360m,平均厚度3.02m,最厚可达5.66m,Au平均品位 3.33×10^{-6} ,走向110°~140°,倾向SW,倾角55°~72°。

1.2 矿石质量

按氧化程度,长城金矿矿石类型可划分为氧化矿、原生矿及混合矿三种。其中氧化矿石主要为含金褐铁矿化(黄钾铁矾)类矿石。原生矿石主要为含金黄铁矿化类矿石。混合矿为氧化矿与原生矿之间的过渡类型。

矿石金属矿物由黄铁矿、褐铁矿、少量自然金及微量黄铜矿、闪锌矿、自然银等组成。脉石矿物主要为泥晶白云石,次为方解石,少量砂及砂屑,成分为石英、长石、粘土岩、硅质岩及单晶白云石。

矿石矿物一般呈显微、超显微它形粒状及半自形粒状结构。矿石构造主要有土状、角砾状、碎裂状、细脉状及条带浸染状等。围岩蚀变主要有黄铁矿化、褐铁矿化、碳酸盐化三种,次为硅化、重晶石化。金矿与黄铁矿化(或褐铁矿化)密切相关,围岩蚀变作用越强,金的品位越高。矿石的含金性与蚀变程度呈正相关关系。

2 元素地球化学特征

2.1 元素测试方法

本次研究选取长城金矿巷道、钻孔中的8件不同类型矿石样品进行主量及稀土元素分析,测试单位为吉林大学测试科学实验中心,主量、稀土元素采用X-射线荧光光谱法。

2.2 主量元素特征

野外采集样品通过X-射线荧光光谱常量元素分析结果(表1)表明,主要元素为SiO₂、CaO和MgO,其次为Fe₂O₃、K₂O和Na₂O等。其中, SiO₂含量为3.63~49.37%,平均23.55%; Na₂O含量为0.16~0.34%,平均0.24%; MgO含量为11.49~21.63%,平均16.58%; Al₂O₃含量为0.22~6.02%,平均2.40%; P₂O₅含量为0.00~0.27%,平均0.05%; K₂O含量为0.07%~2.36%,平均1.01%; CaO含量为14.03~29.61%,平均21.93%; TiO₂含量为0.00%~0.22%,平均

0.07%；MnO含量为0.01%~0.07%，平均0.02%；Fe₂O₃含量为0.26%~1.80%，平均0.93%。

常量元素含量与矿物组成具有较好的一致性，Mg、Ca含量较高反映主体岩石类型为白云岩，含一定量的

Fe₂O₃表征褐铁矿化较发育。值得注意的是，样品都具有一定量的SiO₂含量，矿物学的表现形式为燧石（微晶石英、玉髓、碎屑石英），因此硅质成分应该与金的成矿作用密切相关。

表1 研究区样品常量元素数据表

编号	野外定名	SiO ₂	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
K-2	灰色白云质灰岩	31.31	0.16	14.53	4.07	0.04	1.74	18.11	0.15	0.02	1.57	28.24
K-5	褐色白云岩	29.58	0.18	14.44	6.02	0.05	2.36	18.13	0.22	0.02	1.52	27.41
Z-7	灰白色白云岩	49.37	0.20	11.49	2.07	0.03	0.95	14.03	0.08	0.02	0.50	21.18
H-1	灰白色含脉白云岩	15.54	0.34	18.97	1.42	0.01	0.53	25.41	0.05	0.01	0.47	37.02
H-3	灰白色含脉白云岩	5.68	0.25	21.17	0.72	0.01	0.26	28.27	0.02	0.01	0.36	43.13
H-10	含多期脉白云岩	3.63	0.32	21.63	0.22	0.00	0.07	29.61	0.00	0.01	0.26	44.55
H9-3	浅红色白云岩	26.64	0.27	14.85	4.26	0.04	2.08	19.61	0.15	0.02	0.98	30.91
H2-7	灰色白云岩	26.65	0.21	15.60	0.45	0.27	0.13	22.25	0.01	0.07	1.80	32.48

2.3 稀土元素

通常认为，稀土元素是最不容易溶解的微量元素，它们在低级变质作用、风化作用和热液蚀变作用中保持相对的不活泼性。Michard(1989)的研究表明，通过岩石的热液流体中的REE含量比岩石的REE含量要低500万倍到100万倍，因此热液活动对岩石的REE地球化学不会造成重大影响，除非水/岩比值非常高，富含卤素或者碳酸盐的成矿热液才可能使岩石中的REE活化转移。

根据矿石稀土含量分析结果（附表2），∑REE介于

1.52~68.99μg/g之间，平均26.11μg/g；其中LREE介于1.24~63.46μg/g之间，平均23.73μg/g；HREE介于0.28~5.53μg/g之间，平均2.73μg/g。对样品进行球粒陨石标准化，从配分模式曲线（图1）上可以看出，稀土元素配分模式为典型的轻稀土元素富集型，所有样品均具有弱负Eu异常（δEu=0.29~0.81），无明显的Ce异常（δCe=0.80~1.12），与肖营子花岗岩的稀土配分模式曲线^[2]基本一致，说明长城金矿的成矿流体来源应与其北部的肖营子花岗岩体同源，也说明其形成于氧逸度较低相对还原的成矿环境^[3]。

表2 稀土元素参数计算表

编号	∑REE	LREE	HREE	LREE/HREE	δEu	δCe	La _N /Yb _N	La _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N
K-2	52.49	48.23	4.25	11.34	0.56	1.05	1.84	1.48	1.26
K-5	68.99	63.46	5.53	11.48	0.58	1.02	1.94	1.44	1.35
Z-7	38.97	35.26	3.71	9.51	0.20	1.07	1.70	1.13	1.63
H-1	23.69	21.62	2.07	10.42	0.52	1.12	1.63	1.38	1.30
H-3	5.95	5.42	0.53	10.31	0.80	1.04	1.75	1.14	1.54
H-10	2.50	2.22	0.28	8.00	0.59	1.08	1.58	1.06	1.72
H9-3	54.18	49.80	4.38	11.38	0.60	1.07	1.84	1.39	1.30
H2-7	4.85	3.24	1.61	2.01	0.81	1.08	0.59	0.43	3.53

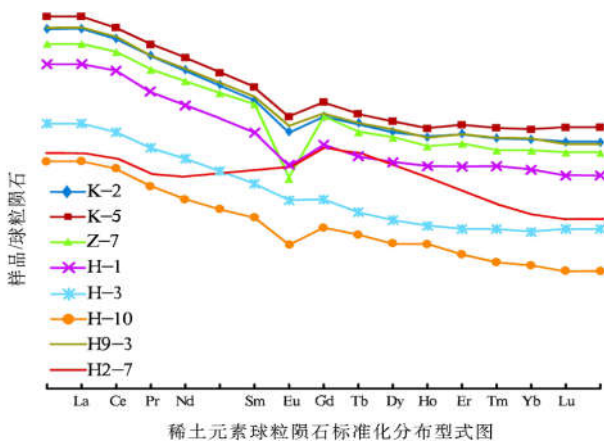


图1 稀土元素球粒陨石标准化分布型式图

3 讨论

3.1 成矿流体属性

长城金矿矿石稀土元素特征曲线均呈平缓右倾型，与肖营子花岗岩体稀土特征基本一致，表明长城金矿床的成矿流体来源应该与花岗岩同源，具有深部来源特征。矿石的稀土配分模式整体非常相似，表明该矿区成矿流体较为稳定。

根据Ce和Eu异常模式可以判定成矿流体的物化性质。金矿石 δEu 在0.29 ~ 0.81之间，平均值为0.58； δCe 在0.80 ~ 1.12之间，平均值为1.07，显示弱Eu负异常，Ce异常不明显，指示其形成于氧逸度较低相对还原的成矿环境。

3.2 成矿物质来源

长城金矿属中低温热液矿床。在热液矿床中，稀土元素的地球化学性质在岩浆和成矿作用过程物理化学条件变化时并不发生改变，其稀土组成与母体溶液保持一致，因此热液矿物的稀土元素特征可以示踪成矿热液和

成矿物质的可能来源。长城金矿矿石的稀土元素球粒陨石标准化配分模式图曲线与肖营子花岗岩体类似，总体呈相同的平缓右倾型，指示了其成矿物质来源于深部岩浆。根据硫-铅同位素分析结果，长城金矿的成矿物质来源主要来自于岩浆和深部地幔，并混入部分地层物质。说明成矿流体在运移过程受到地层物质中不同程度的混染，显示出了壳幔混合的特征。

4 结论

通过对长城金矿地质特征、及稀土元素地球化学特征的研究，得出以下几点结论：

(1) 长城金矿矿石稀土元素特征曲线均呈平缓右倾型，与肖营子花岗岩体稀土特征基本一致，表明长城金矿床的成矿流体来源应该与花岗岩同源，具有深部来源特征。金矿石 δEu 在0.29 ~ 0.81之间，平均值为0.58； δCe 在0.80 ~ 1.12之间，平均值为1.07，显示弱Eu负异常，Ce异常不明显，指示其形成于氧逸度较低相对还原的成矿环境。

(2) 长城金矿属中低温热液矿床。成矿物质来源主要来自于岩浆和深部地幔，并混入部分地层物质。

参考文献

[1]杨爱雪,许曼,孙仲坤等.冀东冷口金成矿带“长城式”金矿成矿作用研究[J].地质与资源,2023,47(2):21-29.
 [2]蒋剑,陈雪源,李昌明等.桂西马雄金矿微量、稀土元素地球化学特征及其成矿指示意义[J].矿产与地质,2022,36(3):488-495.
 [3]张辰光,李昌明,蒋剑等.广西隆或金锑矿床稀土、微量元素地球化学特征及其地质意义[J].信阳师范学院学报(自然科学版),2022,35(1):103-107.