

招远黄埠岭金矿岩石地球化学特征

Geochemistry of rocks in the Huangbuling gold deposit, Zhaoyuan,
Shandong Province

梁恩云, 杨斌, 赖健清

(中南大学地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083)

LIANG EnYun, YANG Bin and LAI JianQing

(Institute of Geosciences and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China)

摘要 黄埠岭矿区广泛分布玲珑花岗岩, 并发育煌斑岩脉, 局部有少量胶东群变质岩残留。岩石化学成分和稀土元素特征显示、花岗岩在钾化、红化和黄铁绢英岩化蚀变过程中伴随有 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 等组分和稀土元素的显著转移。岩石微量元素特征显示, 玲珑花岗岩是 Au 的重要来源。由于煌斑岩和变质岩也受到成矿流体的作用, 因此其物质成分及含量与胶东其它地区同类岩石相比有显著差异。黄埠岭金矿形成于燕山晚期, 与煌斑岩侵位时代接近。

关键词 岩石化学成分; 稀土元素; 微量元素; 地球化学; 黄埠岭金矿

1 矿区地质概况

黄埠岭金矿位于招远市灵北断裂带的西南端, 其北东与灵山沟金矿毗邻(图1)。

玲珑花岗岩是矿区内分布面积最广的岩石, 约占90%以上, 也是主要的赋矿围岩。矿区内脉岩发育, 主要有伟晶岩脉、煌斑岩脉及辉绿玢岩脉, 其中煌斑岩与金矿体空间关系较密切。矿区内还见有少量胶东群变质岩, 呈大小不等残留体零星分布在玲珑花岗岩中, 多发生动力变质, 岩性以黑云片岩为主。

矿区 NE 向断裂构造十分发育, 根据断裂规模可划分为2个级别: 主断裂和次级断裂。主断裂为灵北断裂带, 次级断裂主要指灵北断裂上盘平行分布的一系列次级断裂构造, 也是主要的容矿断裂。

金矿化类型以蚀变岩型为



图1 黄埠岭金矿地质简图

1—胶东群; 2—郭家岭花岗岩闪长岩; 3—玲珑花岗岩; 4—大型金矿; 5—中小型金矿;
6—黄埠岭金矿; 7—断裂破碎带; 8—矿脉或蚀变岩及编号

主, 直接容矿围岩为黄铁绢英岩。矿体附近花岗岩往往发育钾化和红化蚀变, 其中“红化蚀变”以其区别于钾化的锈红色调和明显的富 Fe^{3+} 特征而得名。

2 岩石化学成分特征

测试对象包括新鲜花岗岩、红化花岗岩、钾化花岗岩、黄铁绢英岩、煌斑岩、变质岩等, 测试结果见表 1。

新鲜花岗岩 SiO_2 平均含量 71.53%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 平均含量 7.53%, $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ 平均 0.502, $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O} = 0.88$ 。富 Al_2O_3 (14.95%), A/CNK 值 (1.105) 较高, 为过铝。里特曼指数 $1.8 < \delta (1.98) < 3$, 属正常太平洋型钙碱性岩。分异指数 83.9, 固结指数 3.25。

与新鲜花岗岩相比, 钾化、红化、黄铁绢英岩化蚀变岩中 TiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 MnO 含量普遍降低, 显示蚀变过程中这些成分明显带出。黄铁绢英岩中 SiO_2 略有降低, 并有向红化花岗岩聚集的趋势, 黄铁绢英岩中 Fe_2O_3 的增加与 FeO 的减少均十分明显, 表明蚀变过程伴随有 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ 的氧化作用。钾化和红化花岗岩中 MgO 相对减少, 而黄铁绢英岩中相对富集, 说明蚀变过程中 MgO 有从钾化和红化花岗岩向黄铁绢英岩迁移的趋势。 CaO 、 Na_2O 则有从黄铁绢英岩带出, 并向钾化花岗岩聚集趋势 (图 2)。蚀变岩中 CO_2 和 H_2O^+ 含量均明显高于新鲜花岗岩, CO_2 含量的增加与蚀变矿化过程中所伴随的碳酸盐化蚀变有关, H_2O^+ 含量的增加可能与含水矿物的增加有关。

表 1 黄埠岭矿区岩石化学成分 ($w_B\%$)

岩性	新鲜花岗岩(2)	钾化花岗岩(2)	红化花岗岩(2)	黄铁绢英岩(2)	煌斑岩(2)	变质岩(2)
SiO_2	71.53	71.615	75.36	69.28	48.105	47.13
TiO_2	0.38	0.27	0.185	0.215	1.235	1.015
Al_2O_3	14.95	13.94	13.01	12.365	16.865	11.16
Fe_2O_3	0.49	0.145	0.505	6.92	2.88	2.265
FeO	1.7	1.575	0.825	0.95	4.85	6.05
MnO	0.1	0.095	0.08	0.035	0.14	0.195
MgO	0.33	0.325	0.25	0.51	4.01	6.715
CaO	1.875	2.01	1.23	0.295	7.185	9.415
Na_2O	3.515	4.13	2.76	0.065	3.315	0.94
K_2O	4.01	3.135	3.15	4.365	3.585	4.97
P_2O_5	0.055	0.045	0.02	0.055	0.53	1.255
CO_2	0.06	1.605	0.975	0.425	4.115	6.77
H_2O^+	0.5	0.865	1.375	1.79	2.79	1.715
Σ	99.495	99.755	99.725	97.27	99.605	99.595

注: 湖北省地指实验研究所测试。括号内为样品数。

本区的钾化花岗岩是根据蚀变花岗岩的肉红色调在野外肉眼定名的, 但在化学成分上其 K_2O 含量却低于新鲜花岗岩, Na_2O 含量则明显高于其它岩石, 说明用肉眼定名的“钾化花岗岩”不够确切。

本区煌斑岩 SiO_2 含量 48.105%, 与焦家、玲珑、乳山等区煌斑岩相比明显偏低 (徐红等, 2000), MgO 含量也偏低, Al_2O_3 、 K_2O 含量则偏高, Fe_2O_3 、 FeO 和 MnO 含量与玲珑矿区煌斑岩接近。本区煌斑岩 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 6.90%, $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ 比值为 1.08, MgO / FeO 比值为 0.83, 与孙景贵等所做的胶东金矿脉岩分析数据接近, 属于钾玄岩向钙碱性岩过渡的高钾-钾质岩类 (孙景贵等, 2000)。

本区变质岩中 FeO 和 MnO 、 MgO 、 CaO 、 K_2O 、 P_2O_5 、 CO_2 含量较其它岩石都高, 其中 MgO 、 CaO 和 CO_2 的高含量与碳酸盐化蚀变有关。与胶东群变质岩相比 (山东招金集团公司, 2002), 本区变质岩 SiO_2 含量明显偏低, Al_2O_3 、 Na_2O 含量也明显偏低, K_2O 、 P_2O_5 含量则明显偏高。本区变质岩 $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ 为 5.29, 而胶东群变质岩 $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ 比值多小于 1 或略大于 1。

3 岩石稀土元素地球化学

从稀土元素配分模式图(图 3)看, 各类岩石的配分模式除黄铁绢英岩之外, 其它基本相似, 都以富轻稀土为特征, 向右缓倾, 铕异常很小或没铕异常。

新鲜花岗岩 ΣREE 为 122.20×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ = 18.85, δEu 为 1.38。钾化花岗岩 ΣREE 为 101.28×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ = 8.37, δEu 为 1.08。红化花岗岩 ΣREE 为 51.17×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ = 3.48, δEu 为 1.03。黄铁绢英岩 ΣREE 为 44.46×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ = 0.26, δEu 为 0.84。从 ΣREE 、 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 、 δEu 三个参数来看, 从钾化→红化→黄铁绢英岩化, 它们都呈降低趋势。特别是黄铁绢英岩, 重稀土含量的增加与轻稀土含量的降低与其它岩石形成明显的反差。

本区煌斑岩 ΣREE 为 170.15×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ = 4.39, δEu 为 1.12, 孙景贵等所做的胶东金矿脉岩分析数据接近(徐红等, 2000)。本区变质岩 ΣREE 为 2097×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ = 19.74, δEu 为 0.91, 与胶东群变质岩相比(王吉珺, 2000), 本区变质岩 ΣREE 值高出 10 倍以上。

4 岩石微量元素地球化学

表 2 中列出了各类岩石的微量元素分析结果。

新鲜花岗岩 Au 含量与胶东玲珑花岗岩丰度值接近(孙景贵, 1999), 而 Cu、Pb、Zn、Co 含量显著高于蚀变岩石, 说明蚀变过程中这些元素的活化-迁移十分明显; 黄铁绢英岩中相对富集 Cr、Mo、Sn、V、Ag、Ti、B、Bi、Au, 为蚀变过程中的活化带入元素; 钾化花岗岩中相对富集 Ni、Mo、As、Sb、Hg, 红化花岗岩中相对富集 Mn、Ba, 钾化、红化花岗岩中 Au、Ag、Bi 含量明显降低, 说明钾化、红化过程中 Au、Ag、Bi 发生了活化迁移。

表 2 黄埠岭矿区岩石微量元素分析结果 ($w_B 10^{-6}$)

岩石名称	Cu	Pb	Mn	Cr	Ni	Mo	Sn	V	Ag	Ti
新鲜花岗岩 (3)	19.5	161.5	620.7	4	5	3.4	0.6	8.5	0.2	612.3
钾化花岗岩 (1)	8.9	37.6	504	5.4	14.5	22.14	0.3	9.3	0.051	336
红化花岗岩 (1)	5.7	7.3	669	3.9	3.8	0.78	0.4	10.7	0.023	448
黄铁绢英岩 (2)	6.3	43.4	305.0	51.8	19.7	30.4	6.5	65.8	1.3	826.0
煌斑岩 (5)	23.6	7.3	700.8	132.1	46.5	7.8	1.9	143.3	0.1	4658.4
变质岩 (3)	12.2	35.2	738.3	347.3	86.4	27.6	2.1	130.6	0.1	2098
岩石名称	Zn	Co	B	Ba	As	Sb	Bi	Hg	Au/ 10^{-9}	
新鲜花岗岩 (3)	127.3	3.6	3.2	662	5.2	0.7	0.2	0.028	7.9	
钾化花岗岩 (1)	33	3.4	4	601	14.95	0.79	0.073	0.12	2.96	
红化花岗岩 (1)	47	3	5.4	662	2.06	0.42	0.058	0.024	1.42	
黄铁绢英岩 (2)	29	6	6.3	378	13.9	0.4	10.8	0.1	4834.4	
煌斑岩 (5)	64	24.6	7.7	923.4	2.5	0.4	0.1	0.037	32.7	
变质岩 (3)	65.7	17.1	5.3	1201.3	5.1	0.4	0.4	0.1	71.8	

注: 桂林矿产地质研究院测试。括号内为样品数。

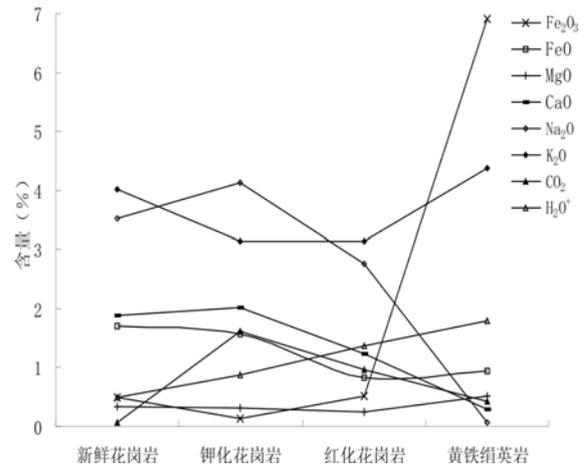


图 2 花岗岩及蚀变岩中氧化物化学成分的变化

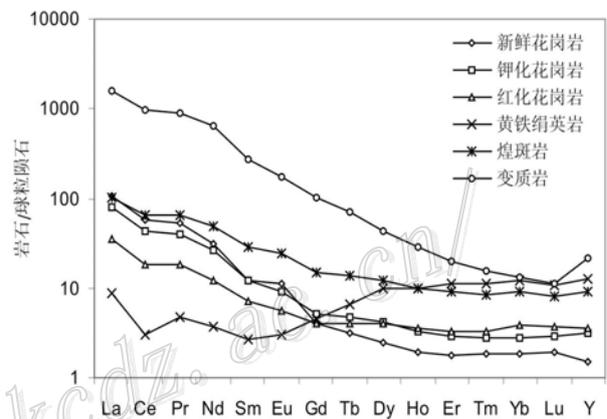


图 3 稀土元素球粒陨石标准化分布模型图

结合氧化物含量来分析, Au、Ag、Sn、Bi 与 K_2O 、 Fe_2O_3 呈明显的正相关性, 在钾化、红化时期因活化而迁出, 而在黄铁绢英岩中大量富集。而 Na_2O 变化幅度大, 与成矿物质的聚集呈负相关关系, 就是说, 相对富集 Na_2O 的岩石, 相对贫 Au、Ag、Sn、Bi。

本区煌斑岩 Au 含量明显高于胶东其它地区的煌斑岩(孙景贵, 1999)。Cu、Mn、Cr、Ni、V、Ti、Zn、Co、B、Ba 在本区各类岩石中也具有较高的含量。本区变质岩中 Mn、Cr、Ni、Ba 含量在各种岩石类型中为最高, Mo、Sn、V、Ti、Zn、Co、Bi、Au 含量也相对较高, 其中 Au 含量大大高于胶东群 Au 丰度值(孙景贵, 1999)。

5 围岩与成矿关系探讨

黄埠岭矿区煌斑岩多形成于成矿前, 可以看到矿脉穿切煌斑岩脉现象, 还见有煌斑岩局部矿化现象。但相对于矿区玲珑花岗岩, 煌斑岩与成矿时代更为接近。采用 ^{38}Ar 同位素稀释法测得 2 件煌斑岩样品 K-Ar 年龄为 $(74.21 \pm 1.48) Ma$ 和 $(74.92 \pm 1.48) Ma$, 显示成矿时代为燕山晚期。

胶东地区燕山期大量煌斑岩脉的侵位反映了幔-壳作用的地质背景。就黄埠岭金矿而言, 燕山晚期大规模流体活动则是成矿的关键, 岩石微量元素地球化学特征显示, 矿区玲珑花岗岩在钾化和红化蚀变过程中伴有 Au 的活化迁移, 说明玲珑花岗岩是成矿金属元素的重要来源, 岩石化学成分与稀土元素特征显示, 围岩蚀变过程中伴随有 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 等组分和稀土元素的显著转移。由于煌斑岩和变质岩也受到成矿流体的作用, 因此其物质成分及含量与胶东其它地区同类岩石相比有明显不同。

参 考 文 献

- 山东招金集团公司. 2002. 招远金矿集中区地质与找矿. 北京: 地震出版社. 4-34.
- 孙景贵, 胡受奚, 凌洪飞. 2000. 胶东金矿区高钾-钾质脉岩地球化学与俯冲-壳幔作用研究. 岩石学报, 16(3): 401-412.
- 孙景贵. 1999. 胶东地区地质体的含金性与金成矿关系. 地质找矿论丛, 14(2): 43-54.
- 王吉珺. 2000. 玲珑花岗岩成因探讨. 地质找矿论丛, 15(4): 289-298.
- 徐红, 徐光平. 2000. 胶东煌斑岩的地球化学特征及成因探讨. 岩石矿物学杂志, 19(1): 36-44.