

辽宁桃源—小佟家堡子金矿带煌斑岩的 地球化学特征及地质意义*

刘国平

中国有色金属总公司北京矿产地质研究所, 北京 100012)

艾永富 洗伟胜

北京大学地质系, 北京 100871)

主题词 煌斑岩 桃源 小佟家堡子 金矿

提 要 桃源—小佟家堡子金矿带煌斑岩为不相容元素强烈富集型, 不相容元素间分馏明显, 高场强元素丰度较低, 低场强元素丰度较高。稀土元素高度富集 [ΣREE 为 359.8—669.5 ($\times 10^{-6}$)], 为强烈的右倾轻稀土元素富集型。对比研究表明, 区内煌斑岩蚀变过程中 K_2O 、 TiO_2 、 P_2O_5 等的含量较稳定, Si、Ca、Mg、Fe 等元素有明显的带入带出。不太强烈的蚀变作用一般不会引起煌斑岩微量元素的明显带入带出, Nb、Zr、Y 等尤为稳定, 岩石地质地球化学特征表明岩石为拉张构造环境形成。

辽宁桃源—小佟家堡子金矿带处于青城子铅锌矿区的东侧, 80年代末以来, 相继发现了桃源中型金矿、小佟家堡子大型金矿和数处金矿找矿远景区。区内岩脉特别发育, 分布有近千条的岩脉^[1], 并且与金矿化在空间上密切共生, 矿化煌斑岩和煌斑岩型矿石遍及各金矿床、矿点。岩脉是岩浆活动的重要记录, 由于岩脉与矿体之间的关系远较与侵入岩体之间的时空关系易于确定, 因此, 研究岩脉有助于查明矿床的成因类型和成矿条件。

1 区内煌斑岩地质特征

研究区内小佟家堡子、杨树、永胜、老岭沟、桃源、新岭等矿床(矿点)内都无例外的有岩脉产出, 岩脉以煌斑岩、花岗斑岩、石英斑岩为主, 尤以煌斑岩占绝大多数, 少数为辉绿岩岩脉。

煌斑岩: 展布方向以北东向为主, 北西向次之, 走向长 50—500m, 厚度 1—10m 不等。主要矿物组合为普通辉石 + 黑云母 + 钠质钾长石。煌斑岩黑云母 K—Ar 同位素年龄为 84—100 百万年^[2], 为燕山期作用产物。

煌斑岩是易蚀变的岩石类型之一, 通常公认的“新鲜”煌斑岩也都有低程度的蚀变^[3]。区内煌斑岩普遍遭受蚀变, 部分经历了矿化作用, 根据蚀变、矿化的强弱, 可大体分为新鲜

* 本文于 1996 年 12 月收到, 1997 年 6 月改回。

弱蚀变)岩石、蚀变矿化岩石二种。

2 煌斑岩地球化学特征

2.1 主要元素

研究区煌斑岩的 SiO_2 含量为 42.93%—49.50% (表 1), $\text{NaO} + \text{K}_2\text{O}$ 为 6.22%—8.63%, K / Al 比值 0.26—0.58, $\text{K} / (\text{K} + \text{Na})$ 比值为 0.42—0.60。主要落在路凤香等划分的钾质、弱钾质煌斑岩内。据硅—碱图 (Irvine 等, 1971), 煌斑岩落入碱性系列。

2.2 过渡元素

从图 1 可见, 研究区煌斑岩的过渡族元素含量接近, 过渡族元素球粒陨石^[6]标准化分配模式为相似的“W”型, Sc、Ti 等相对富集, 而 Cr、Co、Ni 明显亏损。这与许多幔源基性—超基性岩、碱性岩的过渡元素相似。

2.3 亲石元素

区内煌斑岩亲石元素比值蛛网图 (图 2) 为明显的右倾型, 系强不相容元素强烈富集型。高场强元素 (HFS) 丰度较低, 低场强元素 (LFS) 丰度较高, 且各亲石元素间的分馏较明显, 随元素在地幔—岩浆间的总分配系数 (D_i) 的增大, 煌斑岩中亲石元素丰度下降幅度呈现逐渐变化, 反映亲石元素在地幔—岩浆间均达到较好平衡, 表明岩浆形成时, 部分熔融程度低。

从图还可以看出, 区内煌斑岩 Ba、K、P 及稀土元素为富集, Pb、Th、V 为亏损。

2.4 稀土元素

区内煌斑岩稀土元素含量高, ΣREE 359.8—669.5 ($\times 10^{-6}$), LREE/HREE 为 16.9—40.1。球粒陨石标准化分配模式 (图 3) 表现为强烈的右倾轻稀土元素富集型, $(\text{La}/\text{Tb})_n$ 值为 25.9—83.1, $(\text{Ce}/\text{Yb})_n$ 值为 18.4—63.0。

这些特征均表明区内煌斑岩的源区地幔相对富集稀土元素。

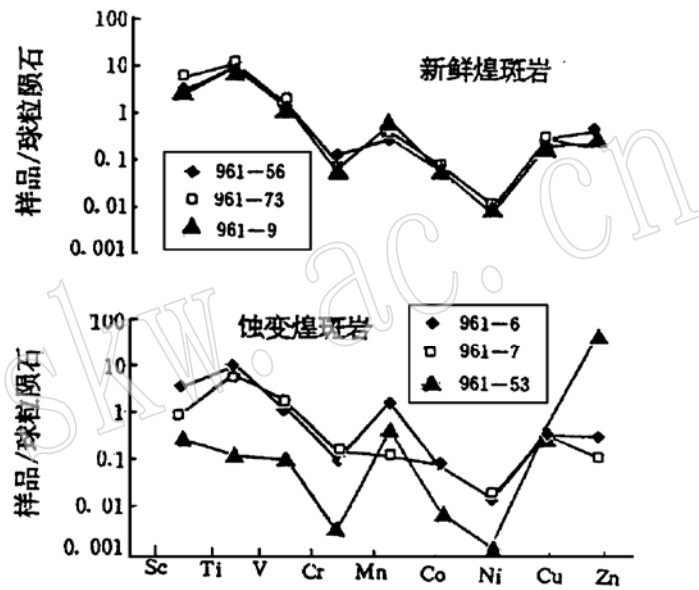


图 1 矿带煌斑岩、蚀变煌斑岩过渡族元素球粒陨石分配形式
Fig. 1 Chondrite-normalized distribution patterns of transitional elements in lamprophyres and altered lamprophyres of the ore belt

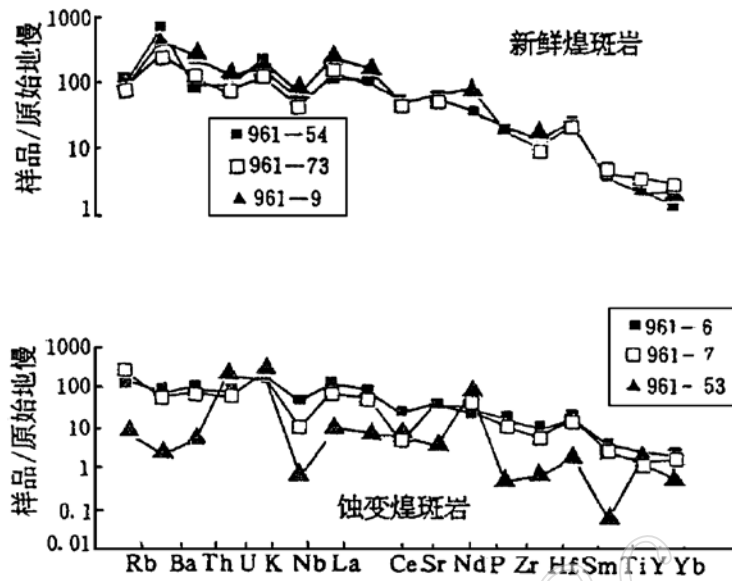


图2 矿带煌斑岩、蚀变煌斑岩亲石元素配分形式

Fig.2 Partitioning patterns of lithophile elements in lamprophyre and altered lamprophyre of the ore belt

表1 桃源-小佟家堡子金矿带煌斑岩和蚀变煌斑岩的化学成分

Table 1 Chondrite-normalized REE patterns of lamprophyre and altered lamprophyre in the Taoyuan-Xiaotongjiabaozi gold ore belt

样品编号 岩石名称	96L-54 云煌岩	96L-73 云煌岩	96L-9 云煌岩	96L-6 蚀变云煌岩	96L-7 矿化云煌岩	96L-53 矿化云煌岩	12 煌斑岩*
SiO ₂	49.3	42.93	49.5	36.03	57.42	39.42	
TiO ₂	1.42	1.18	1.12	1.08	1.34	1.15	
Al ₂ O ₃	11.21	13.35	14.04	11.06	10.63	11.36	
Fe ₂ O ₃	2.48	2.41	1.43	4.65	13.5	4.38	
FeO	4.3	5.3	5.28	2.15	0.85	1.5	
MnO	0.11	0.14	0.13	0.24	0.05	0.17	
MgO	7.83	8.97	6.91	7.32	1.01	5.19	
CaO	6.57	9.98	2.91	12.1	1.55	13.12	
Na ₂ O	2.63	2.96	3.63	2.25	2.33	1.58	
K ₂ O	6.00	3.26	4.35	5.13	4.7	4.7	
P ₂ O ₅	0.91	0.86	1.86	0.58	0.81	1.76	
Los	7.26	8.61	2.85	17.45	5.91	15.97	
Zr	274.4	245.3	222.3	183.7	139.9	5.87	
Hf	5.85	5.44	4.25	3.85	2.49	0.25	
Nb	47.7	29.49	41.41	27.05	5.88	0.40	
Ta	1.85	1.61	1.82	1.36	0.23	0.1	
Mo	0.7	1.56	0.73	1.83	1.62	3.50	
Cd	1.58	0.56	0.46	1.24	0.95	151.5	
Sn	1.76	1.42	1.26	1.69	1.16	31.6	

续表 1:

样品编号 岩石名称	96L-54 云煌岩	96L-73 云煌岩	96L-9 云煌岩	96L-6 蚀变云煌岩	96L-7 矿化云煌岩	96L-53 矿化云煌岩	12 煌斑岩*
Bi	0.31	0.54	0.34	0.29	0.36	0.29	
Sb	0.87	0.60	0.48	11.07	5.7	4.29	
Te	2.25	0.58	1.35	3.58	1.62	6.77	
Y	13.35	21.04	12.56	14.75	8.21	7.88	
Th	8.76	10.67	23.62	9.11	6.35	0.49	
U	2.33	2	3.71	2.14	1.71	5.64	
Sc	13.3	27.68	12.41	16.05	4.31	1.53	
Ti	6460	7408	6201	6844	4415	90.36	
V	131.1	168.2	125.4	129.1	163.9	10.44	
Cr	408.6	360.8	213.9	418	562.7	12.93	
Mn	802.9	1221	1757	5027	364.1	1257	
Co	36.3	46.97	36.75	45.04	48.36	5.31	
Ni	184	222.4	114	218.2	257.5	19.26	
Cu	48.23	49.41	34.61	61.08	59.65	86	
Zn	250.1	117.1	130.2	185.5	69.94	31853	
Pb	25.06	17.75	21.1	21.93	161	960.7	
Cs	0.99	3.75	0.79	3.29	3.29	0.46	
Rb	86.9	79.59	68.84	118.1	193.6	7.16	
Sr	1457	1481	1209	623.5	124	153.2	
Ba	5682	2035	3461	528.6	421.2	16.06	
La	93.3	100	172	80.9	52.7	7.24	86.4
Ce	210	203	337	159	114	14	158
Pr	24.6	21.8	33.5	17.5	13.3	1.35	17.4
Nd	85.7	76.9	97.5	59.2	50.8	5.0	62.8
Sm	11.7	11.2	10.5	9.08	6.91	0.83	11.6
Eu	4.04	3.92	3.11	2.55	1.56	0.3	3.46
Gd	8.3	9.32	7.97	7.08	5.33	0.84	8.33
Tb	0.93	1.23	0.95	0.77	0.57	0.16	1.15
Dy	3.04	4.59	3.45	3.47	1.93	0.76	4.88
Ho	0.6	0.68	0.57	0.56	0.36	0.16	0.94
Er	1.63	2.26	1.76	1.9	0.94	0.59	2.22
Tm	0.19	0.31	0.18	0.16	0.11	0.05	0.32
Yb	0.85	1.53	1.2	1.20	0.80	0.35	1.93
Lu	0.15	0.18	0.2	0.221	0.13	0.07	0.30
Y	13.4	21	12.6	14.8	8.21	7.88	19.83
ΣREE	444.4	437.0	669.5	344.0	249.5	31.8	359.8
LREE HREE	27.3	20.7	40.1	21.4	23.5	9.7	16.9
La X(b)n	63.8	38.0	83.1	39.0	38.2	12.2	25.9
Ge X(b)n	55.5	29.6	63.0	29.8	32.0	9.2	18.4

注:测试由北京大学地质系测试中心完成,常量元素单位为%,稀土元素和微量元素单位为 10^{-6} 。

*引自邓功全等,辽吉东部重点成矿区带(辽东段)金银多金属综合勘查及研究报告。

3 蚀变矿化煌斑岩的地球化学特征

煌斑岩是易受蚀变的岩石类型之一。本文所称蚀变矿化主要与区内金矿化有关,样品

主要取自金矿体或近矿围岩。

3.1 主要元素

与新鲜煌斑岩相比,蚀变煌斑岩 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 FeO 等含量变化大,而 K_2O 、 TiO_2 、 P_2O_5 等的含量较稳定。这与镜下观察到煌斑岩的蚀变主要是碳酸盐化、硅化、绢云母化等是一致的,在这些蚀变过程中, Si 、 Ca 、 Mg 、 Fe 等元素有较明显的带入带出。此外,蚀变煌斑岩 Fe_2O_3 含量大于 FeO ,与新鲜煌斑岩正好相反,这主要是因为岩石化学分析时呈硫化物的铁进入了 Fe_2O_3 分析项,而在蚀变过程中暗色矿物中呈 Fe^{2+} 状态部分转变成了硫化物相。

3.2 过渡族元素

从图1看出,蚀变矿化煌斑岩过渡族元素含量总体呈下降趋势,且其变化范围较大,尤以 Mn 、 Zn 变化最为明显。这与该区浸染状金矿床中常见到少量浅色闪锌矿是一致的。

3.3 石亲元素

蚀变矿化煌斑岩亲石元素分布的趋势与新鲜煌斑岩相似(图2),保留了 K 、 La 、 Ce 、 Sn 的富集,和 Nb 的相对贫化的特征, Ba 变化较大。新鲜煌斑岩 Ba 为相对富集,而蚀变矿化煌斑岩 Ba 相对贫化。即使亲石元素有强烈带出时(96L-53号样品), K 、 P 、 Ti 等元素变化不大,在蚀变过程为明显的非活动性。

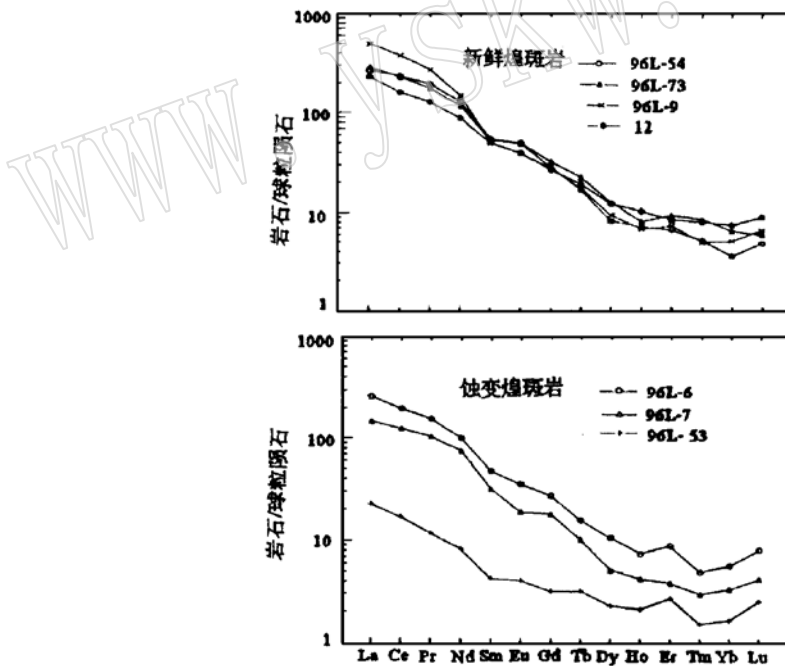


图3 矿带煌斑岩、蚀变煌斑岩稀土元素球粒陨石配分形式

Fig.3 Chondrite-normalized distribution patterns

rare earth elements in lamprophyres and altered lamprophyres in the ore belt trend

3.4 稀土元素

从图3看出稀土元素在蚀变矿化过程中,其总量呈贫化趋势,但稀土元素的配分形式、轻、重稀土元素的比值,轻、重稀土元素本身的分馏程度等变化不大。Eu异常略有变化,从弱正异常变为弱负异常。反映了成矿溶液呈还原性的特征。

4 讨 论

避开蚀变岩石几乎是岩石学研究的一般原则,由于煌斑岩极易遭受蚀变,使得对这类矿物组成和化学组成很特殊的岩石类型的研究工作并不多。以上对比蚀变矿化煌斑岩与新鲜煌斑岩,对理解煌斑岩在蚀变过程的地球化学特征,选择较稳定的、变化不大的微量元素探讨煌斑岩的形成演化有重要意义。

将地球化学特征与显微镜下观察综合对比表明,区内煌斑岩在绢云母化、绿泥石化、石英、碳酸盐细脉充填等蚀变矿化作用过程中,岩石中 K_2O 、 P_2O_5 、 TiO_2 等含量基本保持稳定,而 Fe_2O_3 、 FeO 、 CaO 、 MgO 的含量变化大,同时不会引起煌斑岩微量元素,包括过渡族元素和稀土元素明显带入带出,只有当煌斑岩主要矿物,包括普通辉石、角闪石、黑云母、斜长石等发生强烈的碳酸盐化时(96L-53)才会显著引起这些微量元素的带出。

Nb、Zr、Y在煌斑岩蚀变过程中是非活动性的,这些元素在地幔—玄武质熔浆间的总分配系数(D_i)接近1,据Le Roex等、Fodor等^[5]对地幔类型的划分,煌斑岩Nb、Zr、Y等元素丰度表明其源区地幔为富集地幔。煌斑岩不相容元素、稀土元素强烈富集等特征表明其源区为交代富集地幔。不相容元素间分馏好的特征间接指示了岩浆形成时富集挥发份,使不相容元素在地幔—岩浆间很快达到平衡。

区内煌斑岩稀土元素含量高以及碱性系列的特征表明岩石形成环境为拉张性质,岩石呈脉群产出的特征也表现了形成环境拉张的特征,并且区内燕山期岩脉岩性以煌斑岩为主,少量花岗斑岩,具有双峰岩浆作用的特征。在时间上与东北地区晚侏罗世晚期—早白垩世的伸展运动^[6]一致。因此,区内煌斑岩的地质地球化学特征指示本区晚侏罗世晚期—早白垩世处于拉张构造环境,地壳拉张导致地幔上隆,地幔压力降低使地幔发生低度部分熔融和地幔交代作用形成煌斑岩浆,同时使地热梯度增高引发区内地壳的热液活动形成金矿成矿作用。

参 考 文 献

- 1 刘连登等. 岩脉在热液矿床成因研究中的意义. 长春地质学院学报, 1984, (4).
- 2 叶伯丹、申永治、朱杰辰. 全国同位素地质年龄数据汇编(第四集). 北京:地质出版社, 1986.
- 3 Rock N M S. Lamprophyres. Glasgow: Blackie, 1990.
- 4 Mason B. Handbook of elemental abundances in meteorites. New York: Gordon & Breach, 1971.
- 5 李昌年. 火成岩微量元素岩石学. 武汉:中国地质大学出版社, 1992.
- 6 任纪舜等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿. 北京:科学出版社, 1992.

Geochemical Characteristics of Lamprophyre from the Taoyuan-Xiaotongjiapuzi Gold Ore Belt and Their Geological Significance

Liu Guoping

Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, CNNC, Beijing 100012)

Ai Yongfu Xian Weisheng

Department of Geology, Peking University, Beijing 100871)

Key word: lamprophyre; Taoyuan; Xiaotongjiapuzi; gold deposit

Abstract

Lamprophyres in the Taoyuan - Xiaotongjiapuzi gold ore belt is of strong enrichment type of incompatible elements, with obvious fractionation among incompatible elements. The rock is concentratedly enriched with rare earth elements, and ΣREE values are $(59.8 - 669.5) \times 10^{-6}$, suggesting a strongly right - inclined LREE enrichment type. Comparative studies show that, during the alteration of lamprophyre, K_2O , TiO_2 and P_2O_5 were rather stable, whereas Si, Ca, Mg and Fe were evidently taken out or brought in. Moderate alteration generally did not cause obvious addition or removal of elements, with Nb, Zr and Y being especially stable. Geological - geochemical characteristics of rocks demonstrate that the rock was formed in an extensional tectonic environment.