

白云鄂博的钾-钡长石系列 与钡交代作用

杨子元 孙未君

Lawrence J. Drew

(天津地质研究院)

(U. S. Geological Survey, Reston, VA)

提 要 在内蒙古白云鄂博铌-稀土-铁矿床的顶板围岩——钾交代岩中发现大量含钡的钾微斜长石,其钡长石(Cn)分子含量变化于 5.5~13.8mol% Cn 之间,构成钾钡长石系列矿物。Cn 含量高者则形成钡冰长石并与含 Cn 较低的钾微斜长石构成环带构造。本文根据钾钡长石系列矿物的显微构造、化学成分及其矿物组合特点确定了在本区普遍发育的另一种热液交代作用——钡交代作用。

关键词 白云鄂博 钾-钡长石系列 钡交代作用

1 前 言

钡长石可与钾长石构成有限类质同象系列,称为钾钡长石系列或钡冰长石系列。P. Gay 和 N. N. Roy (1968) 利用 X 光详细研究了钾-钡长石系列矿物,并认为在低温下,微斜长石中仅有少量 Cn 组分呈固溶体存在,在 Cn (wt) < 15% 范围内,呈溶离的钾钠长石和钡冰长石。白云鄂博铌-稀土-铁矿床中发现的钡冰长石系列矿物, Cn 分子含量变化于 5.5%~13.8% 之间,都小于 15%。其中一部分呈含钡的钾微斜长石相,另一部分呈钡冰长石相,并发育明显的交代结构,显然不是溶离的产物。

2 产 状

白云鄂博铌-稀土-铁矿床的顶板围岩为一套富钾交代岩(又称富钾板岩),呈东西向沿含矿向斜的走向分布,在东矿体钾交代岩中出露两条钠长岩脉,大者宽约 20m,小者达 10m,代表了热液流体早期晶出的高温蚀变相(L. J. Drew 等, 1990),在富钾板岩中普遍发育角砾构造、细脉-网脉构造。富钾板岩以富 K_2O 、REE 及 Ba 为特征,其 K_2O 含量高达 16.05%,接近纯钾长石($K_2O=16.9\%$)的成分,一般在 10% 以上(表 1),Ba 含量高达 2.8%。钾交代岩呈灰色、灰绿色、

暗灰色等,主要由钾长石组成,粒度由 $10\sim 100\mu\text{m}$,其它矿物有少量黄铁矿、方解石、钠闪石、黑云母、磁铁矿、独居石等。本文所使用的钾交代岩样品钾长石含量均在 90% 以上,在美国地质调查所(USGS)对这些样品进行了详细的扫描电镜分析,发现了钡冰长石—钾长石的环带构造(照片 1,2)(由于钡的原子量大,在扫描电镜下的亮度亦大),钡冰长石亮圈宽约 $1\sim 10\mu\text{m}$ 。这种环带构造在东矿、主矿及西矿顶板围岩——钾交代岩中广泛发育。此外,在扫描电镜下常观察到钡冰长石交代钠长石的残余结构,有时则看到钡冰长石及钠长石被钾长石交代殆尽,对于钾含量高(特别是高达 16% (wt))的样品说明所有的矿物相已被钾长石所取代(L. J. Drew, 1990)。钡冰长石亮圈常常是不连续的,并与钾长石呈逐渐过渡关系(取决于 Ba 含量的高低)。

表 1 白云鄂博钾交代岩化学分析结果

Table 1 Chemical analysis of K-metasomafite from Bayan OBO

编号	采 样 位 置	元 素 (%)											资料来源
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Ba (ppm)	
D ₂₃	西矿 5 号矿体	58.2	12.8	9.65	3.8	0.62	4.0	5.86	0.20	0.37	0.26	8700	L. J. Drew (1990)
D ₄₇	西矿 5 号矿体	53.9	16.7	5.62	2.84	0.52	1.55	11.0	0.26	0.28	0.12	28000	
D ₇₂	东 矿	58.2	16.9	5.6	1.99	0.19	0.86	13.6	0.27	<0.05	0.07	5800	
白-E-7	东 矿	58.24	16.99	2.38	0.87	1.43	0.71	14.60	0.059	0.075	1.62	2600	本 文
白-主矿	主 矿	62.86	17.40	0.68	0.53	0.88	0.97	15.24	0.012	0.098	0.59	2000	
M-3-5	主 矿	63.00	17.36	1.93	0.32	na	0.45	13.50	tr	na	na	>1000	孙未君 (1981)
M-2-1	主 矿	61.30	17.23	3.71	tr	0.35	0.74	16.05	0.02	na	na	na	
M-3-7	主 矿	62.64	17.84	1.15	0.06	na	0.08	13.50	0.07	na	na	>1000	
E-2-1	东 矿	63.00	17.54	2.00	tr	0.27	0.90	16.00	0.03	na	na	na	
40-13-2	西 矿	58.72	16.73	4.11	2.26	na	0.65	13.26	0.29	na	na	>1000	
10	西 矿	63.46	17.84	0.68	0.17	0.10	0.63	15.75	0.04	na	na	na	

na—未分析 tr—痕量

3 电子探针分析

在日本电子公司 JCXA-733 电子探针仪上,对不同颗粒不同环带的成分由内部(a)→中部(b)→边缘(c)进行了定量分析,加速电压 20kv,电流 $20\times 10^{-8}\text{A}$,使用标样为 CaSiO_3 、 BaSO_4 、 KAlSi_3O_8 、 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 。表 2 的分析结果表明不同环带均含有一定量的 BaO,其含量变化于 2.89%~6.68%之间,几乎不含 Na_2O 和 CaO 。矿物成分计算表明,钾长石主要为钾微斜长石(Or>90%),含少量的钡长石(Cn)分子,其含量变化于 5.5~13.8mol% Cn 之间。大多数 Ba 存在于钾微斜长石中,构成钾钡长石或钡冰长石系列,只有少数 Ba 含量较高者形成钡冰长石(在电子显微镜下呈现亮环),由于交代过程比较复杂,因此各环带 Cn 分子含量并无明显的规律

性。从表 2 可知钾钡长石系列中 K_2O 与 BaO , SiO_2 与 Al_2O_3 分别呈相互消长关系(图 1)。

表 2 钾微斜长石钡冰长石电子探针分析

Table 2 Electron microprobe analyses of hyalophane and microcline analyses performed by Department of EMP of TGA.

编 号	采样地点	SiO_2	Al_2O_3	BaO	K_2O	Na_2O	CaO	CN%	资料来源
D102-4/1-1-a	白云鄂博	58.15	21.69	4.95	14.16	0.46	0	9.6	Gray(1965)
D102-4/1-2-a	白云鄂博	58.39	19.78	5.81	14.21	0.39	0	11.6	
D102-4/1-2-b	白云鄂博	58.22	19.58	6.03	14.74	0.40	0	11.2	
D102-4/1-2-c	白云鄂博	59.50	18.81	3.56	15.89	0.26	0.02	6.5	
D102-4/1-3-a	白云鄂博	59.74	19.34	2.89	15.82	0.22	0	5.5	
D102-4/1-3-b	白云鄂博	57.96	19.68	6.24	14.03	0.22	0	12.1	
D102-4/1-3-c	白云鄂博	55.75	22.79	6.68	12.83	0.21	0.02	13.8	
G21009	Sweden	59.76	19.79	5.64	11.13	2.41	0.84	13.8	
G11130	Sweden	53.07	20.31	12.34	10.33	0.95	0.34	25.0	
195867	Yugoslavia	49.54	23.14	19.01	6.37	1.65	0.19	45.3	

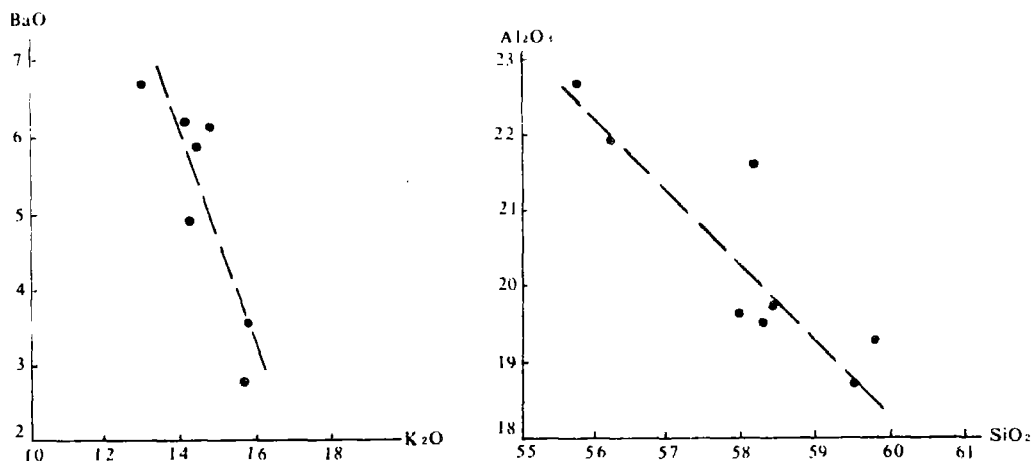


图 1 钾-钡长石矿物的 K_2O - BaO , SiO_2 - Al_2O_3 相关图解

Fig. 1 Correlation between K_2O and BaO , SiO_2 and Al_2O_3 in hyalophane minerals

4 X 射线衍射分析

富钾板岩中的钡冰长石颗粒太细($<1\sim10\mu$),而且与钾微斜长石混杂在一起,无法获取单晶,除非用更先进的技术,否则无法得到钡冰长石的 X 射线衍射数据。因此钡冰长石只能根据成分资料以及在扫描电子显微镜下的结构构造来确定。由于进行电子探针分析与扫描电镜分析的样品(D102-4)在美国地质调查所,为便于下面的讨论,我们选取采自同一地点同类型钾交代岩样品(Or 含量在 90%(wt)以上)进行了 X 射线衍射分析(图 2),结果表明其衍射曲线与标准的中微斜长石的一致,钡冰长石的线条被微斜长石(实际上本区的微斜长石都含一定的钡)的线条所掩盖而很难区分开来。微斜长石的三斜度(Δ_{131})变化于 0.91~0.94,有序度(δ)变化于 0.83~0.89,少数含微量透长石的样品有序度、三斜度均偏低, $\Delta_{131}=0.71$, $\delta=0.66$ 。

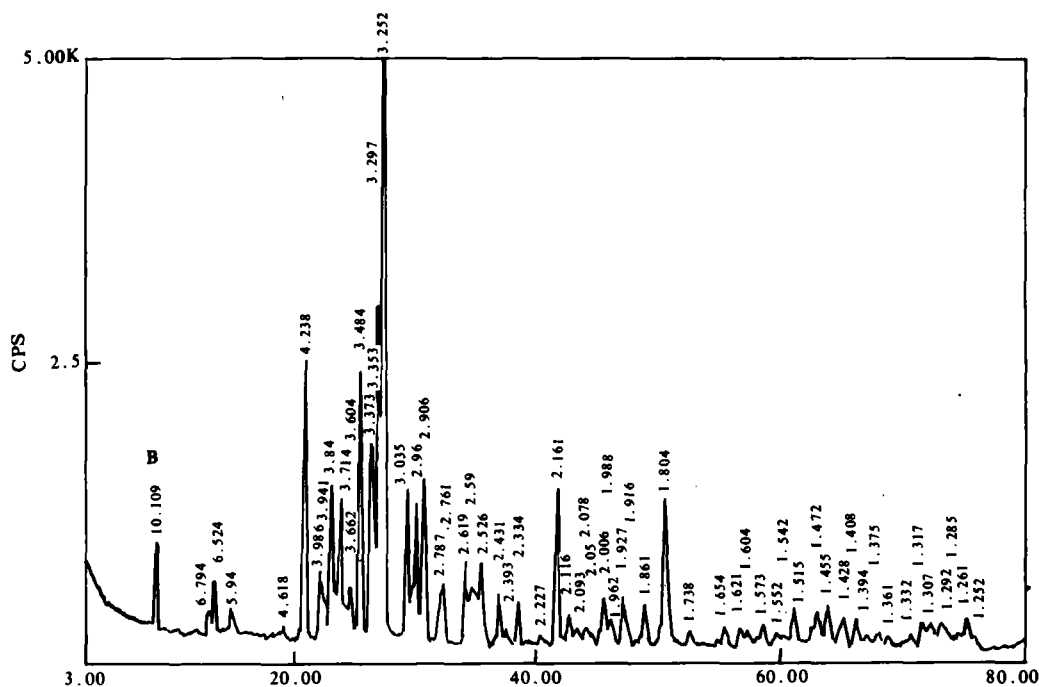


图 2 微斜长石(样品号白-主矿)的 X 射线衍射分析曲线

(Cu 靶, 30kv, 30mA), B-黑云母, $\Delta_{131}=0.94$, $\delta=0.83$, Or(wt%)=95.8(分析:天津地矿所)

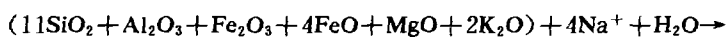
Fig. 2 X-ray diffraction diagram for microcline

5 讨 论

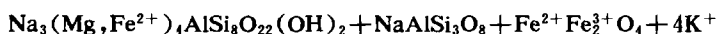
白云鄂博铈-稀土-铁矿床普遍发育 Na、K、F 和稀土的交代作用,在主矿、东矿及西矿顶板围岩——钾交代岩中普遍分布钾钡长石或钡冰长石系列矿物。含钡矿物除钡冰长石、钾微斜长石和重晶石外,还有钡稀土氟碳酸盐系列矿物,包括氟碳钡铈矿、黄河矿、氟碳铈钡矿、中华铈矿(张培善等,1986)及白云鄂博矿(傅平秋等,1987);钡稀土钛酸盐系列矿物有包头矿、钡铁钛石;钡的碳酸盐系列矿物有毒重石、菱钡镁石、菱碱土矿、钡方解石;其它含钡矿物尚有碳铈钠石、大青山矿。大量的钡矿物和含钡的稀土矿物在本矿床中普遍发育说明矿床中除了普遍发育 Na、K、F 和稀土的交代作用外,还普遍存在着钡的交代作用。

热液交代过程中钾-钠分离现象在本区是显而易见的。从碱性岩浆中分离出来的富 REE、Na、F、K 和 Ba 的热液在上升的过程中率先对白云鄂博群底部岩石,特别是底部白云岩进行 REE、Na 和 F 的交代,从而形成钠闪石型、霓石型与萤石型矿石。随着残余热液的上升对顶板围岩——板岩先后进行 Na、Ba 和 K 交代,并形成钾交代岩和黑云母型矿石。钾交代岩的物质组成与结构构造,特别是钡冰长石系列矿物的化学成分与显微结构构造说明热液对顶板围岩——板岩的交代顺序为 Na→Ba→K。交代作用大致分为三个过程:

①Na 首先交代板岩形成钠长石,释放出板岩中的 K^+ ,其作用方式大致如下:



(板岩的主要成分)

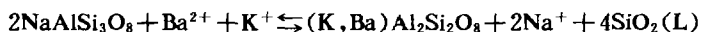


钠闪石

钠长石

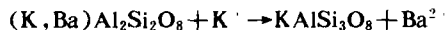
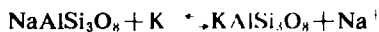
磁铁矿

②Ba 交代钠长石形成钡冰长石



钡冰长石

③K 交代钠长石与钡冰长石,形成微斜长石,最终使板岩转化为钾交代岩



实际反应过程比上述过程要复杂得多,事实上钾交代岩的形成是一个包括不同组成矿物相沉淀—溶解—再沉淀的复杂过程,如钠长石被钡冰长石局部交代,然后钡冰长石及未被交代完的钠长石又被微斜长石交代,结果使得一部分 Cn 分子进入微斜长石相,一部分成钡冰长石相在微斜长石相中呈环状分布。

钡交代晚于钠交代在矿物组合及产状方面也表现得较明显,一些含钡的矿物如重晶石、黄河矿在矿体中常呈脉状产出并切穿以霓石型、钠闪石型及萤石型为主的条带状矿石;包头矿则仅限于晚期石英脉中并呈粗粒状产出(大者晶体可达 $3cm \times 6cm$)。

钾钡长石系列矿物的 K_2O 与 BaO 、 SiO_2 与 Al_2O_3 呈负消长关系说明 $K^+Si^{4+} \rightleftharpoons Ba^{2+}Al^{3+}$ 异价类质同象置换关系。钾微斜长石的有序度及三斜度较高说明残余热液的温度不高($<350^\circ C \pm$

50℃),局部由于靠岩体接触带或热液源较近因温度较高,这样形成的钾微斜长石的有序度和三斜度则偏低。



参考文献

- 1 孙未君. 白云鄂博铁矿富钾板岩的物质成分及综合利用的可能性. 河北地质学院学报, 1981, (1)
- 2 王濮, 等编著. 系统矿物学(中). 地质出版社, 1984
- 3 张培善, 等著. 白云鄂博矿物学. 科学出版社, 1986
- 4 傅平秋, 等. 新矿物——白云鄂博矿(Baiyuneboite-Ce). 矿物学报, 1987, (4)
- 5 陈光远, 等编著. 成因矿物学与找矿矿物学. 重庆出版社, 1987
- 6 Drew L J 等. The Bayan OBO Fe-Nb-REE deposits. Inner Mongolia, Lithos, 1990, (26): 43~65
- 7 赵景德, 等(李永明译). 从多种证据建立的白云鄂博稀土矿床成矿矿物的生成顺序. 地质找矿论丛, 1991, (4)

HYALOPHANE SERIES FROM BAYAN OBO AND BARIUM METASOMATISM

Yang Ziquen,

Sun Weijun

Laurence J. Drew

(Tianjin Geophysical Academy, 300061, Tianjin, China)

(U. S. Geological Survey, Reston, VA 22092)

Abstract

Hyalophane Series, $(K, Ba)Al(Al, Si)Si_2O_8$, which varies in Celsian(Cn), from 5.5 to 13.8mol percent has been found abundantly in the caprock of the niobium-rare earth-iron deposits at Bayan OBO, Inner Mongolia, China. Micro-structure shows rings and bands of Cn suggesting Ba replacement as a important ore-forming process in the deposit.