



## 2 岩矿石类型及矿物的生成顺序

研究表明,该成因类型矿床的火山物及各矿物的形成可归属 3 期。(1)热液蚀变期是成矿的主要时期。(2)成岩期主要形成了玻璃质、角闪石、黑云母、斜长石、石英、玻屑、岩屑、晶屑、胶结物、褐铁矿,共生组合类型有:斑晶(斜长石、角闪石、黑云母)、基质(微晶斜长石)、酸性玻璃、斑晶(斜长石)、破屑、岩屑(安山岩、花岗岩)、褐铁矿,胶结物、玻屑、岩屑(流纹岩、花岗岩、宝山岩)、晶屑(斜长石、石英);火山角砾(安山岩)、胶结物、褐铁矿。热液蚀变期主要形成了蒙脱石,其次是硅质(石英)、碳酸盐、高岭石、滑石、褐铁矿。根据蒙脱石的蚀变特点,即玻屑中心为微晶—隐晶质的蒙脱石,垂直玻屑壁为纤维状蒙脱石,将本期进一步划分为两个阶段。第一阶段形成

了隐晶质—细小鳞片状蒙脱石,是成矿的主要阶段;同时伴生有少量的硅质;第二阶段,蒙脱石次生长大,生成蒙脱石的量较小,同时有脉状石英的形成。共生组合类型有:蒙脱石;蒙脱石、碳酸盐、硅质;高岭石、滑石、硅质、褐铁矿;蒙脱石、石英、褐铁矿。(3)表生期主要形成了浸染状褐铁矿和沿岩石微裂隙充填的铁泥质。

## 3 蚀变成矿作用的基本特征

### 3.1 蚀变的分带

从底板到顶板依次为:玻屑凝灰岩原岩带( );强蒙脱石化带(矿石, );蒙脱石化带(矿化带, );弱蒙脱石化—硅化带( )。蚀变剖面以玻屑凝灰岩为中心,往两侧分带明显(图 2)。蚀变带的一系列特征如表 3 所示。

表 3 膨润土矿蚀变带特征

蚀变带	玻屑凝灰岩( )	强蒙脱石化带(矿石, )	蒙脱石化带( )	弱蒙脱石化—硅化带( )
矿物组合	玻屑、晶屑为斜长石、黑云母、灰屑,少量蒙脱石	火山玻屑、黑云母、斜长石、火山灰屑、蒙脱石	火山玻屑、火山灰屑、黑云母、斜长石、蒙脱石	玻屑、灰屑、黑云母、斜长石、石英、蒙脱石
蚀变矿物及含量(%)	蒙脱石 <5	蒙脱石 80~85	蒙脱石 25~30	石英、蒙脱石 20~35, 1~2
特岩征石	岩石名称 玻屑凝灰岩 结构构造 玻屑凝灰结构 块状构造	强蒙脱石化玻屑凝灰岩 玻屑凝灰结构 块状构造	蒙脱石化玻屑凝灰岩 玻屑凝灰结构 略具定向构造	硅化玻屑凝灰岩 玻屑凝灰结构 流纹构造
地表出露宽度	9.2 m	15 m	1.8 m	>5 m
颜色	褐色	浅黄色	浅灰色	浅褐—褐红色

### 3.2 蚀变带岩矿石类型及蚀变特征

蚀变带的岩石基本类型为玻屑凝灰岩。因后期蚀变作用类型及强度的差异,又可分为强蒙脱石化玻屑凝灰岩、蒙脱石化玻屑凝灰岩、硅化玻屑凝灰岩等。蚀变带岩石薄片分析及蚀变带宏观特征的研究结果表明,蚀变类型以蒙脱石化及硅化作用为主。显然,形成矿床的主体蚀变作用应为蒙脱石化作用。

系三个世代的产物,第一世代的蒙脱石呈细小鳞片状,分布于玻屑的中心;第二世代的蒙脱石成纤维状,垂直玻屑边界生长,同时形成的矿物还有垂直玻屑边界的纤维状长英质混晶;第三世代的蒙脱石为柱状斜长石蚀变形成。显然,形成工业矿床的主体蚀变成矿作用应为第一世代和第二世代的蒙脱石化作用。蒙脱石化作用的强度随与原岩(玻屑凝灰岩)距离增加呈减弱趋势,岩石的结构构造也明显不同。

硅化作用 硅化作用主要发生在压扭性断层的上盘,硅化带地表出露宽度 > 5 m。硅化作用可分为两个阶段,早期硅化多为火山玻屑脱玻形成的石英,以及火山灰屑硅化形成的石英;晚期的硅化多为垂直玻屑边界生长的纤维状长英质集合体。硅化作用与蒙脱石化作用的时空关系大致为:早期的硅化作用与第一世代蒙脱石化作用紧密相伴,稍晚于蒙脱石化作用;晚期的硅化作用与第二世代蒙脱石化作用相伴,时间上也稍晚于蒙脱石化作用。这可由蒙脱石化作用实际上是去键富水的过程,多余的硅也才是随后的硅化作用的基础来加以解释。

## 4 成矿作用地球化学

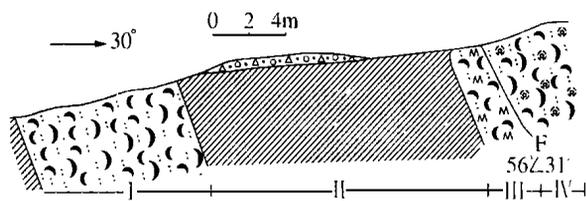


图 2 四节梁膨润土矿床蚀变带综合剖面图

蒙脱石化作用 在蚀变带中,蒙脱石化主要发生在断层的下盘,且蚀变作用较强烈,所形成的蚀变产物蒙脱石含量可达 80%~85%;而断层的上盘则主要为硅化作用,蚀变类型的界线十分明显。蚀变成矿的原岩为玻屑凝灰岩,矿化蚀变带宽约 17 m。形成矿床主体的蒙脱石化作用的前导物质应为具撕裂状、浮岩状、鸡骨状和压扁拉长的火山玻屑。蒙脱石

4.1 蚀变成矿作用过程主要元素及 H<sub>2</sub>O 行为

该类型膨润土矿床蚀变分带清晰,各蚀变带岩石的化学分析结果(表3)。按 T. 巴尔特比较体积法(氧法)计算出岩石化学式,并以原岩为背景值进行比较(表5)。可见如下规律:弱蒙脱石化硅化带相对于原岩,蒙脱石化较弱,硅化较强,蚀变过程中 K、Na、Al、Si 大量带入,而 Ca、Mg、Fe、Ti 及 H<sub>2</sub>O 则大量带出;蒙脱石化带相对于原岩,蒙脱石化加强,伴随钾、镁、铁、铝、硅的带入,特别是镁和铝的带人量较大,而钠、钙、钛、H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> 带出;强蒙脱石化带相对于原岩,蒙脱石化大大加强,形成了矿石,伴随钾、钠、钙、钛、硅、H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> 的带出,镁、铁、铝的大量带人。

表4 蚀变带岩石化学分析成果 %

蚀变带	原岩( )	弱蒙脱石化硅化带( )	蒙脱石化带( )	强蒙脱石化带(矿石, )
岩性	玻屑凝灰岩	强蒙脱石化硅化玻屑凝灰岩	蒙脱石化玻屑凝灰岩	膨润土
样品数	2	2	1	2
SiO <sub>2</sub>	69.85	73.85	66.34	67.13
TiO <sub>2</sub>	0.30	0.23	0.26	0.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.24	13.26	16.72	16.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.62	1.01	3.21	3.23
FeO	0.05	0.10	0.036	0.07
MnO	0.08	0.03	0.006	0.035
MgO	0.56	0.48	1.77	2.90
CaO	2.32	0.64	1.32	2.16
Na <sub>2</sub> O	1.48	1.99	1.36	0.54
K <sub>2</sub> O	4.39	6.85	5.24	9.70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.04	0.036	0.068
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.10	0.91	1.67	2.63
	98.04	99.21	97.97	96.46

表5 各蚀变带岩石主要组分相对于原岩变化

蚀变带	K	Na	Ca	Mg	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al	Ti	Si	OH <sup>-</sup>
-	+16	+18	-17	-1	-3	0	+1	-2	+51	-97
-	+8	-2	-9	+16	+6	0	+24	-2	+7	-71
-	-20	-31	-1	+33	+5	0	+21	-1	-3	-43

注:“+”示带入“-”示带出。

以上分析可以看出,在矿床蚀变成矿作用过程中,钾、钠、硅先是大量的带入,而钙和 H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 则大量带出;随着蒙脱石化程度的加深,则又表现为钾、镁、铁、银硅的大量带入,钠、钙、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 大量带出;强烈蒙脱石化形成矿石后,则钾、钠、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 大量带出,镁、铝大量带入。因此,该成因类型矿床成矿作用地球化学行为与其他类型矿床最大的差异是 H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 大量带出,硅则先大量带入,尔后少量带出。玻屑凝灰岩形成膨润土矿床时,元素迁移富集规律是,钾、钠、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 显著带出,而镁、铁、铝则显著带人,离原岩愈远的外蚀变带,则钾、铝、钠、硅显著带人,钙、钛、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 显著带出,这可归结于硅化作用较强。值得指出的是,该成因类型矿床成矿作用最显著的特征是蒙脱石化过程,水不但不加入,反而带出,与我

国东南沿海地区的膨润土矿床蒙脱石化成矿时元素的地球化学行为差异较大。辽西地区的玻屑凝灰岩,其含水量较一般的岩石高 2~3 倍,属较富水的酸性火山碎屑岩,其他酸性火山岩富水程度也较高,具岩石地球化学研究属强太平洋型。故蒙脱石化时,不仅不需要介质水,反而在元素重新组合成蒙脱石时,还要带出一定量的水。

4.2 成矿蚀变作用过程微量元素的地球化学行为

该类型膨润土矿床各蚀变带岩石微量元素分析结果见表6。相应的微量元素比值蛛网图见图3。由表、图可知,玻屑凝灰岩、蚀变带、矿石微量元素配分型式基本一致;蚀变岩石、矿石与原岩相比 Rb、Ba、Sr 严重亏损,随着蚀变成矿作用程度的加深, Rb、Ba、Sr 的亏损程度逐渐增高。因此,玻屑凝灰岩蚀变形成膨润土矿床过程,实质上是 Rb、Ba、Sr 明显亏损的过程。

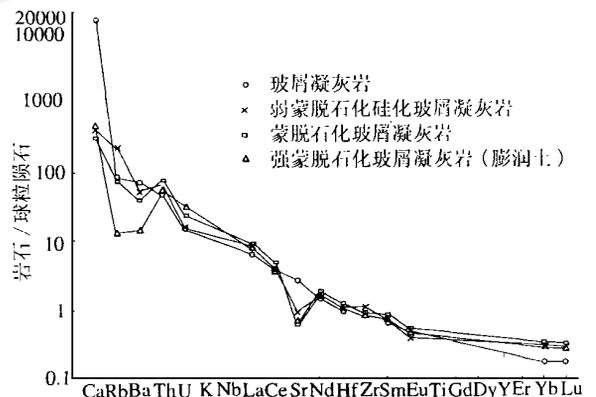


图3 四节梁膨润土矿床玻屑凝灰岩及其蚀变岩、矿石微量元素比值蛛网图

表6 矿床蚀变带岩石微量元素分析结果 10<sup>-6</sup>

蚀变带	原岩( )	弱蒙脱石化硅化带( )	蒙脱石化带( )	强蒙脱石化带(矿石, )
岩性	玻屑凝灰岩	弱蒙脱石化硅化玻屑凝灰岩	蒙脱石化玻屑凝灰岩	膨润土
样品数	1	1	1	
As	<10.8	10.5	7.18	<2.43
Au	<0.0548	0.0229	0.00929	<0.00313
Ba	984	737	595	214
Co	2.88	1.82	3.7	5.31
Cr	3.79	6.49	3.44	3.41
Cs	198	4.8	3.93	6.12
Hf	314	3.6	3.85	3.76
Hi	<83.5	<70.7	<73.1	<75.9
Rb	90.7	232	88	15.3
Sb	<0.373	1.08	0.7	0.291
Sc	3.2	3.13	3.7	5.47
Se	1.63	2.51	2.21	1.87
Sr	351	122	80	96
Ta	0.67	0.913	1.09	0.772
Th	8.59	12.3	14.4	10.5
U	1.19	1.2	1.85	2.47
Zn	26.6	21.8	31.4	49.6
Zr	72.4	105	94.4	86.5

4.3 蚀变成矿过程稀土元素的地球化学行为

蚀变带岩矿石稀土元素定量分析结果见表 7, 其稀土配分型式见图 4。

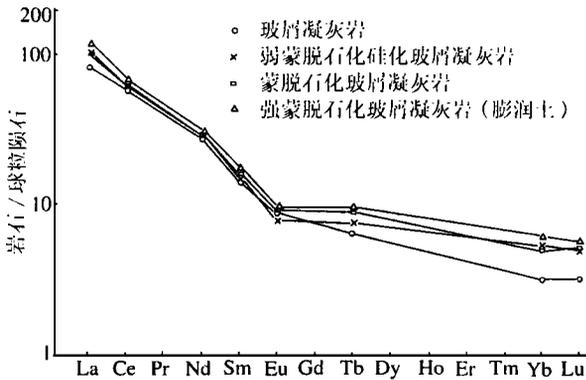


图 4 四节梁膨润土矿床玻璃质凝灰岩及其蚀变岩、矿石稀土元素球粒陨石标准化型式

表 7 矿床蚀变带岩矿石稀土元素分析结果  $10^{-6}$

蚀变带	原岩 ( )	弱蒙脱石化硅化带 ( )	蒙脱石化带 ( )	强蒙脱石化带 (矿石, )
岩性	玻璃质凝灰岩	弱蒙脱石化硅化玻璃质凝灰岩	蒙脱石化玻璃质凝灰岩	膨润土
样品数	1	1	1	1
La	27.77	34.4	40	34.7
Ce	52.10	52.3	61.8	55.4
Nd	17.8	19.9	20.6	19.2
Sm	2.82	2.86	3.49	3.29
Eu	0.663	0.599	0.729	0.72
Tb	0.315	0.372	0.475	0.436
Yb	0.735	1.24	1.45	1.16
Lu	0.114	0.178	0.205	0.183
REE	102.247	111.849	128.749	115.089
Eu	0.938	0.759	0.741	0.787
Eu/Sm	0.235	0.209	0.209	0.219
(La/Lu) <sub>N</sub>	25.24	20.07	20.29	19.71

由表及图可知:随着矿化蚀变作用的加强, Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu 等轻稀土元素明显富集。

5 成矿机理

THE STUDY ON MINERALIZATION OF THE VOLCANIC ROCK TYPE BENTONITE DEPOSITS IN WESTERN LIAONING PROVINCE

Wang Ke - qin, Yang Yue

**Abstract:** The major type of rock in the bentonite deposits in western Lining province is lava and volcanic classic rock, they is alliterated to formation of ore deposits. The basic type of rock in alliterated belts is shard ruff and major alteration type is the mineralization of montmorillonite, siliceous mineralization, the width of the minerogenetic alliterated belts is 17 m. Through analysis of the chemical composition of rock and ore in alliterated belts of ore deposits, the characteristics of the geochemistry of mineralization and minerogenetic mechanism in the volcanic clastics rock - lava alteration type bentonite deposits are summarized.

**Key words:** minerogenetic mechanism, montmorillonite mineralization, geochemical action, bentonite deposit



第一作者简介:

王克勤(1962年-),男。1982年毕业于西南工学院非金属矿系地质与找矿勘探专业,1988年在中国地质大学(北京)地质系获矿物学硕士学位。现任《中国非金属矿工业导刊》常务副主编、高级工程师,主要从事非金属矿地质研究及科技期刊的编辑工作。

通讯地址:北京市西直门内北顺城街11号 《中国非金属矿工业导刊》编辑部 邮政编码:100035

1) 浅水湖盆的形成成为成矿物质(火山灰屑、火山玻屑)提供了沉积场所,也是膨润土矿床容矿构造; 2) 在先期注入的流纹质熔岩流通水冷凝成岩时,必将散发出大量热量,使湖盆水体的温度升高,尔后落入湖盆的细粒级火山灰屑、火山玻屑,在碱性介质水的作用下,发生了以硅化为主,蒙脱石化次之的初始蚀变作用,成矿火山物质被硅化、蒙脱石化,伴随蚀变作用过程,钾、钠、铝、硅大量带入,钙、镁及水大量带出。随着蒙脱石化的加强及硅化的减弱,形成了蒙脱石化玻屑及灰屑,并伴随钾、镁、铁、硅、铝的带入,钠、钙、水的带出,这时,膨润土矿床的雏形业已形成; 3) 稍后注入湖盆的珍珠岩熔岩流直接与前期蒙脱石化硅化玻屑凝灰岩接触,接触带上有烘烤现象,并将蚀变层掩埋。至此,成岩及初始的成矿蚀变作用已经完成; 4) 在地表水渗水溶液和地下水溶液作用下,早期的蒙脱石化玻屑及灰屑,部分质量较差的膨润土进一步蚀变,伴随钾、钠、钙、水的带出,镁、铝、铁的大量带入。这样,便形成了质量较好,但具有一定规模的膨润土工业矿床。

[参考文献]

- [1] 陈鹤年,等. 浙闽赣地区中生代火山成因非金属矿床基本特征[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [2] 巫全准,等. 浙江仇山膨润土矿床成因特征及成矿机理[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊,1985,6(4).
- [3] 王克勤,等. 大青山东段火山成因非金属矿区域成矿地质背景的研究[J]. 建材地质,1996,(1).
- [4] 王克勤,等. 内蒙古宁城火山熔岩蚀变改造型膨润土矿床成矿作用的研究[J]. 建材地质,1996(2).
- [5] 李艳兵,等. 大青山东段火山成因膨润土矿床中蒙脱石的矿物学特征研究[J]. 建材地质,1997(4).
- [6] Samson, Scott D. Origin and tectonic setting of Ordovician bentonites in North America Isotope and age constraints[J]. Geological Society of America Bulletin, 1989, 101: 1175 ~ 1181.