

# 白云鄂博西矿火山岩岩石学特征

刘铁庚<sup>1)</sup>, 张正伟<sup>1)</sup>, 叶霖<sup>1)</sup>, 邵树勋<sup>1)</sup>, 杨占峰<sup>2)</sup>, 李称心<sup>2)</sup>, 冯建荣<sup>2)</sup>

1) 中国科学院矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳, 550002;

2) 内蒙古包头包钢集团巴润矿业有限责任公司, 内蒙古包头, 014080

**内容提要:**自 1927 年丁道衡教授发现白云鄂博铁矿迄今已近 90 年。该矿床不仅仅是铁矿, 而成为铌-稀土多金属矿床, 其中稀土储量已成为世界最大的稀土矿床。国内外许多地质专家进行了多次考察和研究。曾有人预测矿区应有火山岩存在。直到 1982 年笔者才在西矿发现了火山岩。这些火山岩赋存于铁矿体附近的板岩中。它们是中酸性火山岩系列。包括英安质角砾凝灰熔岩、英安质熔结角砾岩和英安岩。这些火山岩具斑状构造, 基质为隐晶质凝灰构造。英安岩基质为微晶结构。长石和石英斑晶微裂隙密布, 石英有很好熔蚀的港湾结构, 长石发育次生边, 还见到火山玻璃及其碎屑。

**关键词:**白云鄂博西矿; 火山岩; 岩石学特征

白云鄂博铌稀土矿位于华北板块北缘, 白云鄂博裂谷带中, 宽沟背斜南翼。矿区主要出露太古宇的二道洼群片麻岩和混合岩等, 晚元古界白云鄂博群的一套浅变质岩系。白云鄂博群不整合覆盖在二道洼群之上。二道洼群分布于背斜的核部, 白云鄂博群产于背斜的两翼。

矿区出露的白云鄂博群共分 9 层, 即从 H<sub>1</sub> 到 H<sub>9</sub>。其中 H<sub>8</sub> 为灰岩。持沉积观点的同志认为: 出露于南翼的“白云岩”也是 H<sub>8</sub>, 与北翼的 H<sub>8</sub> 灰岩为过渡关系。但是, 南翼的“白云岩”与北翼的灰岩除都是碳酸盐外, 再无相似之处。北翼的灰岩是层状岩石, 有明显的层理和固定的层位, 与上下地层呈整合接触, 不含或微含铌、稀土和钽等高温形成的稳定矿物碎屑, 铌、稀土和钽含量低于地壳克拉克值。而“白云岩”不是层状岩石, 无明显的层理和固定的层位, 与围岩呈明显的侵入接触并引起围岩强烈的围岩蚀变, 含有大量的铌、稀土和钽等岩浆岩和/或高温热液矿床中常见的稳定矿物, 因而“白云岩”的稀土、铌和钽等的含量超过工业要求或具综合利用价值。它们的含量是北翼灰岩的几十到数百倍, 甚至上千倍。世界最大的稀土矿就赋存其中, 此外, 铌、钽、锆和铀等含量也达工业要求或具综合利用价值。

全世界许多人前去考察和研究, 其中有人推测白云鄂博矿区应该存在火山岩<sup>①</sup>, 也曾有人认为 H<sub>9</sub> (?) 板岩中存在火山岩<sup>②</sup>, 但没发现确切的证据, 没得到公认。笔者于 1982 年在白云鄂博稀土矿床西矿区三处发现火山岩<sup>③</sup>。后来又收入《白云鄂博矿床地球化学》一书中(中国科学院地球化学研究所, 1988)。李继亮于 1983 年也在西矿区发现了火山岩。这些火山岩主要是中酸性火山碎屑岩和熔岩, 具有典型火山碎屑岩和熔岩的结构构造。产于铁矿体(即“白云岩”)附近的 H<sub>3</sub> 板岩中。

## 1 英安质凝灰岩和角砾岩

该火山碎屑岩发现于 8 号矿体北西西方向, 约 10 m 处的 H<sub>3</sub> 板岩中<sup>④</sup>, 由于第四纪覆盖, 出露面积不详。有火山角砾岩和凝灰岩, 火山角砾岩在下, 凝灰岩在下, 二者为过渡关系。

### 1.1 岩石学特征

英安质火山角砾岩为深灰色或灰色, 角砾状构造, 凝灰拱形结构, 肉眼可见肉红色不规则的碧玉岩屑, 分布于英安质凝灰岩之下。主要由火山角砾和基质组成。其中火山角砾占全岩 50% 以上, 基质含量小于 40%。角砾主要是英安岩, 占角砾的 60%~70%, 碧玉占角砾的 10%~20%, 还有很少量的粗

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 41073042)和中国科学院矿床地球化学国家开放实验室项目(编号 2010001)资助的成果。

收稿日期: 2011-09-14; 改回日期: 2011-12-22; 责任编辑: 周健。

作者简介: 刘铁庚, 男, 1941 年生。研究员, 矿床地球化学专业。通讯地址: 550002, 贵州省贵阳市观水路 46 号; Email: liutiegent1@Yahoo.com.cn。

安岩碎屑、玄武岩和板岩角砾碎屑,三者占全岩10%~20%。这些角砾为不规则的尖锐棱角状,粒度多为2~10 mm,最大达15 mm。基质为凝灰质和晶屑。

英安质凝灰岩主要由晶屑和基质两部分构成。其中晶屑占全岩的40%~50%,很少量的岩屑,偶见玻屑。基质占50%~60%,为凝灰质结构。碎屑主要是晶屑,多呈棱角状或次棱角状,大小悬殊很大,大者达2 mm,小者仅有0.5 mm,一般多为1~2 mm。晶屑基本都是长石和石英,偶见比较完整的自形到半自形长石板状晶体,裂纹发育。晶屑主要是长石,约占晶屑的80%~90%,其次是石英晶屑,占晶屑的10%~15%。均遭受到不同程度的熔蚀现象(图1),石英晶屑具有明显的港湾结构。长石晶屑既有碱长石碎屑,也有斜长石晶屑。斜长石的号码为30~37,属于更长石和中长石。常见密集或中等聚片双晶纹,环带结构较发育,有的晶体还具有梳状次生边。碱性长石多为正长石,可见卡氏双晶和次生边,有的呈现出特殊结构,这种结构在火山岩中常见。岩屑占全岩的5%左右,岩屑主要是粗安岩和英安岩碎屑,极少量的玄武岩碎屑。粗安岩屑也是斑状结构,斑晶主要是长条状斜长石和碱性长石,基质为隐晶质。英安岩屑为隐晶质结构,流纹状构造发育。玻屑偶然见到,含量远不足全岩的1%,呈管状或蛔虫状结构(图2),弱脱玻现象。

基质是玻屑凝灰结构(有的称拱形结构)(图3)。玻屑呈瓦片状、棒状和楔状,杂乱无章的分布。此外,基质中还有少量微晶铁镁矿物,多已不同程度的绿泥化。

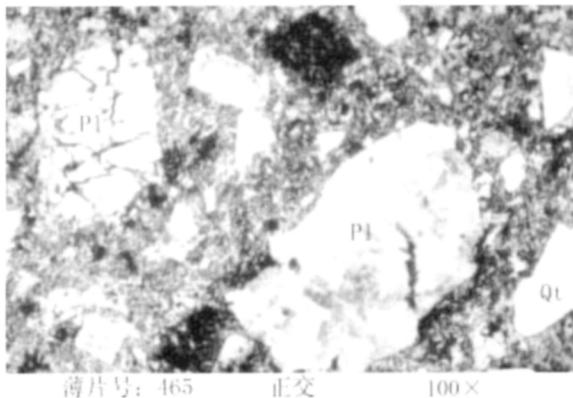


图1 白云鄂博英安质角砾凝灰岩的长石和石英晶屑  
Fig. 1 Dacitic breccia tuff with crystal chip of feldspar and quartz crystal from Bayan Obo deposit

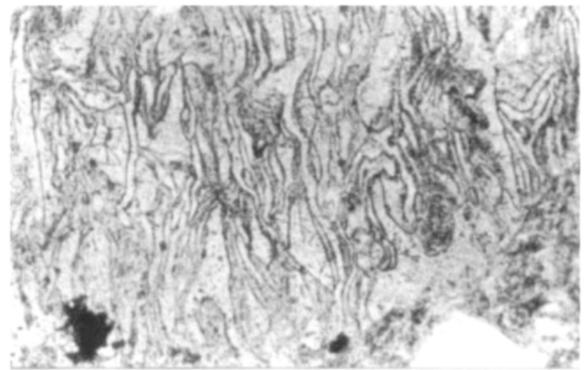


图2 白云鄂博熔结凝灰岩的火山玻璃  
Fig. 2 The volcanic glass in the ignimbrite from Bayan Obo deposit

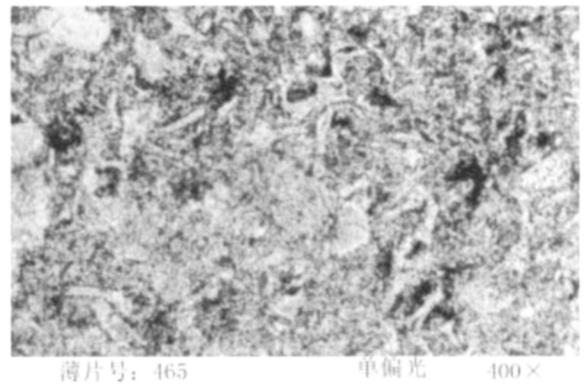


图3 白云鄂博熔结凝灰岩的玻屑凝灰结构  
Fig. 3 The vitric tuffaceous structure of the ignimbrite from Bayan Obo deposit

## 1.2 化学成分

英安质角砾凝灰岩的化学组成与Daly(1941)和黎彤等(1981)给出的英安岩成分相比明显富铁。英安质角砾凝灰岩的铁含量是英安岩平均值的1.5倍以上,而MgO含量仅相当英安岩平均值的18%左右(表1)。在微量元素方面,明显富含La、Ce、Yb、Y、Ba、Bi等稀土稀有元素。

## 2 英安质熔结角砾岩

英安质熔结角砾岩产于8号和9号矿体外围板岩中,分布面积不清楚。岩石呈灰褐色或浅褐色。块状构造,粗碎屑结构,偶见杏仁状构造。

岩石基本全由大小不等的火山岩碎屑组成。大的达50 mm以上,一般为20~30 mm。大于2 mm的碎屑占全岩的90%以上。其成分以英安岩屑为主,还有少量的安粗岩角砾和长石晶屑。英安岩角砾呈浑圆状一次棱角状,颜色是紫红色,致密坚硬,

表 1 白云鄂博英安质凝灰岩的化学成分 (%)

Table 1 The chemical composition (%) of lava of dacitic tuff breccia from Bayan Obo deposit

| 氧化物                | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> | H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 合计     |
|--------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|
| 英安质角砾凝灰熔岩          | 67.61            | 0.42             | 14.26                          | 2.84                           | 4.21 | 0.27 | 0.28 | 2.31 | 2.85              | 3.65             | 0.82                          | 0.49                          | 0.06                          | 100.07 |
| 英安岩 (Daly, 1941)   | 65.68            | 0.57             | 16.25                          | 2.38                           | 1.90 | 0.06 | 1.41 |      |                   |                  |                               |                               |                               |        |
| 英安岩 (Taylor, 1964) |                  |                  |                                |                                |      |      |      | 3.46 | 3.97              | 2.67             | /                             | /                             | 0.15                          |        |
| 英安岩 (黎彤等, 1981)    | 65.70            | 0.65             | 15.24                          | 2.88                           | 1.56 | 0.10 | 1.57 | 4.00 | 3.13              | 2.83             | /                             | /                             | /                             |        |

肉眼看像碧玉,显微镜下主要由长石和石英组成。安粗岩屑,呈角砾形,灰白色,全晶质。主要由基本等粒状的小板条状碱长石和斜长石构成,定向排布。

基质主要由细小的长石、角闪石和石英等晶屑,火山玻璃和火山灰组成。其中晶屑均有后期蚀变。角闪石绿泥石化强烈,玻屑的脱玻现象(图 4),长石的碳酸盐化。

表 2 白云鄂博英安质凝灰岩的光谱半定量结果 (×10<sup>-6</sup>)

Table 2 Semi-quantitative spectral results (×10<sup>-6</sup>) of the dacitic tuff breccia lava from Bayan Obo deposit

| 元素 | 英安质角砾凝灰熔岩 | Виноградов, 1962   |                    |
|----|-----------|--------------------|--------------------|
|    |           | 中性岩                | 酸性岩                |
| Ba | 0.1       | 0.065              | 0.083              |
| Pb | ≤0.01     | 0.0015             | 0.002              |
| Ga | 0.0007    | 0.0002             | 0.0002             |
| Bi | 0.03      | 1×10 <sup>-6</sup> | 1×10 <sup>-6</sup> |
| Cr | ≥0.01     | 0.005              | 0.0025             |
| Mo | 0.003     | 9×10 <sup>-5</sup> | 1×10 <sup>-4</sup> |
| La | ≥0.1      | /                  | 0.006              |
| Ce | ≈0.2      | /                  | 0.02               |
| Yb | ≥0.002    | /                  | 4×10 <sup>-4</sup> |
| Y  | 0.03      | /                  | 0.0034             |
| Zr | ≥0.03     | 0.026              | 0.02               |
| V  | ≥0.01     | 0.01               | 0.004              |
| Sr | 0.01      | 0.08               | 0.03               |
| Ti | ≥0.3      | 0.8                | 0.23               |
| Ni | 0.003     | 0.0055             | 8×10 <sup>-4</sup> |
| Co | >0.001    | 0.001              | 5×10 <sup>-4</sup> |
| Cu | 0.001     | 0.0035             | 0.002              |

### 3 英安岩

英安岩分布于 10 号矿体南面“白云岩”外接触带的 H<sub>4</sub> 变质石英砂岩中,岩石为灰色或浅灰色,似层状,片状构造,斑状结构,斑晶占全岩的 15%~20%,基质占 80%~85%。

斑晶主要是酸性斜长石和碱性长石,其次是石英,偶见单斜辉石斑晶,它们均受到不同程度的熔蚀现象。酸性斜长石 An=25~30,多为板状晶体,少数呈碎屑状,聚片双晶常见,环带构造发育。碱性长

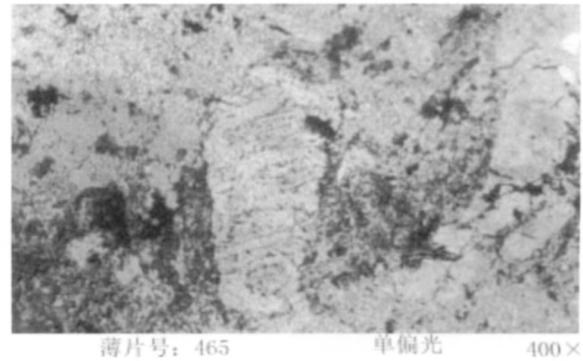


图 4 白云鄂博英安质熔结角砾岩的玻屑

Fig. 4 The vitroclastic in dacitic melting breccia from Bayan Obo deposit

石包括正长石和微斜长石,可见卡氏双晶和格子双晶。石英多为他形粒状,可见具六面体的高温双晶(图 5),石英都有不同程度的熔蚀现象,具有明显的港湾结构(图 6),单斜辉石,发育两组完全解理,平行消光。

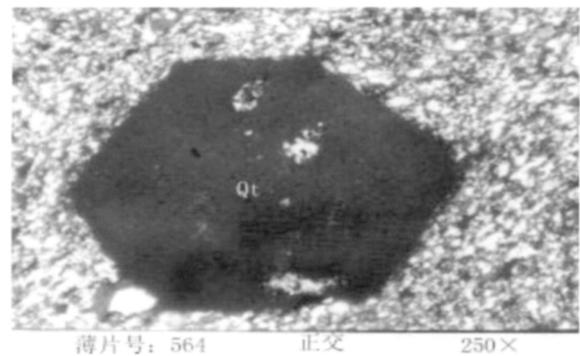


图 5 白云鄂博英安岩中自形正长石的卡氏双晶

Fig. 5 The card's twin of orthoclase in dacite from Bayan Obo deposit

基质主要由石英、长石组成,还有少量的辉石和赤铁矿。基质具镶嵌构造,有一定的角岩化,石英具有清晰的重结晶现象,并有拉长现象,略成定向排布,少量长条状长石,略成定向分布,与拉长石英共

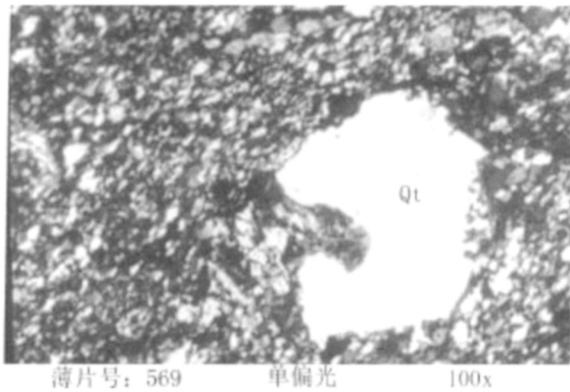


图 6 白云鄂博英安岩中自形晶的高温石英

Fig. 6 High temperature euhedral quartz crystal in the dacite from Bayan Obo deposit

同形成片理构造。

此外,岩石中有细的碳酸盐脉穿插,并切穿长石斑晶,表明岩石形成以后有一次碳酸盐热液活动。在碳酸盐脉体两边的围岩中有较多单斜辉石分布,观察到单斜辉石交代长石现象,说明一部分单斜辉石为后期热液产生物。

由此推测白云鄂博群不是一套正常沉积的浅海相碎屑岩和碳酸盐建造。

致谢:在室内研究工作得到梅厚钧和蒋寄云两位火山岩专家指导和帮助,特此致谢!

### 注 释

- ① 段成才. 1979. 白云鄂博铁矿床——海底火山喷发沉积成因的特征. 白云鄂博地质科研学术讨论会资料汇编(上). 160~167.
- ② 孙未君,孙郁馥,支根成. 1979. 白云鄂博铁矿富钾板岩的物质成分及成因. 白云鄂博地质科研学术讨论会资料汇编(上). 141~159.
- ③ 刘铁庚,陈焯. 1982. 初次发现白云鄂博群中火山岩. 白云鄂博矿床地球化学. 铁铌稀土矿床地质地球化学会议论文集. 中国科学院地球化学研究所, 39~42.

### 参 考 文 献

- 黎彤,饶纪龙. 1981. 中国岩浆岩的平均化学成分. 地质学报, (3): 219~227.
- 李继亮. 1983. 白云鄂博群的酸性火山岩. 地质科学, (1): 36~44.
- 中国科学院地球化学研究所. 1988. 白云鄂博矿床地球化学. 北京: 科学出版社, 42~50.
- Daly R A. 1941. *Igneous Rocks and Their Origin*. New York: McGraw-Hill, 36~66.
- Taylor S R. 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 28: 1273~1285.
- Виноградов А П. 1962. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. *Геохимия*, 2.

## Petrological Characteristics of the Volcanic Rocks in the West Mine of Bayan Obo Deposit

LIU Tiegeng<sup>1)</sup>, ZHANG Zhengwei<sup>1)</sup>, YE Lin<sup>1)</sup>, SHAO Shuxun<sup>1)</sup>, YANG Zhanfeng<sup>2)</sup>, LI Chengxin<sup>2)</sup>, FENG Jianrong<sup>2)</sup>

1) State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002;

2) Baotou Steel Group Barun Mining Co. Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014080

### Abstract

It has been 90 years since Prof. Ding Daoheng found the Bayan Obo iron ore in 1927. Follow-up research and production show that the deposit is not just an iron ore, but world's largest rare earth and niobium deposit. Many geological experts both home and abroad have conducted numerous investigation and research. And volcanic rocks had been predicted to occur in this area. It was not until 1982 that the authors found volcanic rocks in the west mine of this area, which occur mainly in the slate surrounding iron orebodies. They are mainly composed of intermediate or acidic volcanic rock series, including dacitic breccia tuff, dacitic fused breccia, and dacite. The volcanic rocks are characterized by porphyry structure and aphanitic tuff texture. The dacite is microcrystalline structure, while feldspar and quartz phenocrysts are of well-developed microcracks. The quartz shows a harbor structure with good ablation. Secondary sides, volcanic glass and its debris also occur in the feldspar.

**Key words:** west ore; discovery of volcanic rocks; petrological characteristic; Bayan Obo