

# 白云鄂博矿床石墨的发现及其地质意义

秦朝建<sup>1</sup>, 裘愉卓<sup>2\*</sup>, 温汉捷<sup>1</sup>, 王中刚<sup>1</sup>, 周国富<sup>1</sup>, 刘世荣<sup>1</sup>, 郑文勤<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

(2. 中国科学院 广州地球化学研究所 成矿动力学重点实验室, 广东 广州 510640)

白云鄂博超大型 Fe-Nb-REE矿床是世界最大的稀土矿床, 储量约占世界已探明储量的60%。稀土主要赋存在南北宽约 2 km, 东西长约 18 km的白云岩中。矿区发育大面积的海西期花岗岩和一些基性岩体脉和碳酸岩脉。白云鄂博矿床的成因众说纷纭, 岩浆成因观点以岩石蚀变、矿物组合、微量元素、同位素等为证据; 沉积观点则以地层、古生物为主要证据; 变质改造和流体交代观点则以稳定同位素为主要证据。前人曾经在白云鄂博矿床中发现石墨, 但是缺乏石墨的产出位置、地质产状和相关的研究工作。笔者在对白云鄂博矿床研究中发现石墨, 有可能为赋矿白云岩甚至矿床的成因提供新的证据。

## 1 石墨产出位置、岩相学和显微形貌学特征

白云向斜南翼 H<sub>9</sub>(富钾板岩)中发育白云岩透镜体, 0.5~3 m大小不等, 呈透镜状、纺锤状, 长轴方向与地层走向一致, 一般认为是碳酸盐沉积到浅海相泥质板岩的碳酸盐夹层。一般呈灰黑色, 有些可见沿裂隙交代而褪色为白色、灰白色, 石墨即产出于灰黑色白云岩中, 灰白色白云岩则未见石墨。

白云石为主要的矿物成分, 偶见磁铁矿、赤铁矿等, 石墨主要以细粒集合体的形式存在于白云石矿物之间, 偶见于白云石矿物之中, 说明石墨的形成与白云石同时或略晚, 或与赤铁矿共生。多呈细粒集合体, 不透明, 黑色。

利用透射电镜对石墨的显微形貌学进行观察, 认为其为低结晶度的石墨, 可能为沉积的有机质, 经历浅变质或交代作用形成低结晶度的无定

形石墨。

## 2 白云岩透镜体的流体包裹体特征

包裹体较为发育, 原生包裹体一般较大, 3~7 μm, 孤立分布, 气液两相或三相, 为富含 CO<sub>2</sub> 的多相包裹体, 说明白云岩形成时是富含 CO<sub>2</sub> 组分的; 次生包裹体多沿裂隙分布, 包裹体较小, 一般为 2~4 μm, 多为单相包裹体, 经过拉曼分析为 CO<sub>2</sub>, 说明后期岩体曾经受过富 CO<sub>2</sub> 流体的热液作用; 也可能经历了变质作用产生的富 CO<sub>2</sub> 流体对岩体产生反作用。原生包裹体 fCO<sub>2</sub> 约为 18~28 °C, 包裹体均一温度为 280~320 °C。变质和流体交代作用可形成富含 CO<sub>2</sub> 的包裹体。其包裹体特征均与稀土矿化白云岩包裹体特征相似。

## 3 白云岩透镜体的电子探针和 C、O同位素分析

我们分别对白色和灰白色白云石(即褪色部分)和灰黑色白云石以及赋矿白云岩白云石进行了电子探针成分分析。与赋矿白云岩相比, 含石墨的白云岩透镜体具有相对高 Mg 低 Fe Mn Sr 的特征。而灰黑色白云岩和褪色白云岩电子探针分析主元素成分差异不大, 后者虽然经历交代作用, 成分变化不大。

透镜状白云岩的 δ<sup>13</sup>C 为 -0.1‰ ~ -0.6‰, δ<sup>18</sup>O 为 +19.4‰ ~ +21.2‰, 与白云石型稀土矿石的 C、O同位素十分相似, 二者可能具有成因上的联系。石墨 δ<sup>13</sup>C 为 -16.2‰ ~ -16.6‰, 为混合来源成因的碳。假设二者达到同位素平衡, 根据 Wada 和 Suzuki (1983)白云石-石墨 δ<sup>13</sup>C同位素平衡公式:  $T = 5.900 \times 10^6 / (1000 \ln \alpha + 1.9)$ , 同位素平衡温度为 293~300 °C, 与流体包裹体测温数据十分一致。相比灰黑色白云岩, 经历蚀变而

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 40473026); 中国科学院矿床地球化学国家重点实验室专项经费

\* 通讯作者, Email: qiuyuzhuo@gg.ac.cn

褪色的白云岩具有亏损重同位素的特征,说明蚀变流体富集较轻的  $^{13}\text{C}$  同位素。

#### 4 初步结论

本区石墨的显微结构和同位素特征,表明属于沉积有机质经历流体交代或变质作用形成的;综合流体包裹体特征,白云岩透镜体的原岩为沉积成因的白云岩夹层,经历了流体交代作用,是沉积有机质变成低结晶度的石墨。由于透镜状白云

岩具有与赋矿白云岩(稀土矿化)细晶镶嵌结构和相同的  $^{13}\text{C}$  同位素比值,说明二者可能具有相同的物质来源和岩石成因;白云岩透镜体还经历了略亏损重同位素的、可能来自地幔的流体交代作用,尽管这种交代作用没有带来主元素成分的显著变化。

白云向斜南翼  $\text{H}_2$ 板岩中发现的富含石墨的白云岩透镜体的研究可能为赋矿白云岩的成因提供成因上的证据。

#### 参 考 文 献:

中国科学院地球化学研究所,白云鄂博矿床地球化学.北京:科学出版社,1988:417.

Qin C J, Qiu Y Z, et al. Fluid inclusion study of carbonate dykes, veins and ore-hosted dolomite at the Bayan Obo ore deposit. *岩石学报*, 2007, 23(1): 161-168.

Wada H, Suzuki K. Carbon isotopic thermometer calibrated by dolomite-calcite solvus temperatures. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1983, 47: 697-706.