

# 江西相山铀矿赋矿围岩中绿泥石的特征及其地质意义

杨水源<sup>1</sup>, 蒋少涌<sup>1</sup>, 姜耀辉<sup>1</sup>, 罗莉<sup>1</sup>, 赵葵东<sup>1</sup>, 范洪海<sup>2</sup>

(1 南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093; 2 核工业北京地质研究院, 北京 100029)

江西相山在大地构造位置上位于扬子板块和华夏板块交接部位的赣杭构造带上。相山铀矿是我国最大的火山岩型铀矿, 其赋矿围岩是一套火山侵入杂岩。相山火山侵入杂岩主要由流纹英安岩(包括流纹英安斑岩)、碎斑熔岩, 晚阶段的次火山岩(花岗斑岩)以及中酸性岩脉(石英二长斑岩、流纹斑岩)组成, 在晚阶段次火山相的岩石中含有闪长质的镁铁质微粒包体。前人认为相山火山活动可以分为两个旋回, 分别对应于打鼓顶组和鹅湖岭组(夏林圻等, 1992), 而最近的锆石U-Pb年代学研究表明相山火山侵入杂岩主要形成于早白垩世, 并且其形成时代集中在135 Ma左右(何观生等, 2009; 杨水源等, 2010)。

相山铀矿围岩蚀变作用具有多阶段和空间叠加的特点。成矿前蚀变: 矿田北部和东部发育碱性蚀变, 花岗斑岩钠长石化极为强烈; 矿田西部则发育以水云母化为代表的酸性蚀变。成矿期蚀变有赤铁矿化、水云母化、萤石化、绿泥石化、黄铁矿化等。北部和东部铀矿化以单铀型为主, 西部则以铀钍混合型为其特征。

绿泥石是铜、金、铀等矿床成矿热液蚀变过程中的常见矿物。由于绿泥石的结构有很大的可变性, 成分上具有非计量性, 其化学成分及其与形成的物理化学条件关系密切。影响绿泥石化学成分的物理化学参数主要有温度、氧逸度、溶液pH值、全岩Fe/(Fe+Mg)等。绿泥石的形成温度与绿泥石的结构、化学组成及多型等之间的关系已得到较为深入的研究。绿泥石化是花岗岩型-火山岩型铀矿床成矿作用前和成矿作用过程中常见的围岩蚀变类型之一, 在花岗岩型-火山岩型铀矿床的酸性、碱性以及酸性与碱性叠加的复杂热液蚀变带中均广泛发育, 属重要的铀矿找矿标志。

相山铀矿田的矿化主岩有3种, 分别是花岗斑岩、碎斑熔岩以及流纹英安岩(方锡珩等, 1982; 夏林圻等, 1992)。在矿区范围内接近矿体部位的各种赋矿围岩均广泛发育了各种类型的蚀变作用, 主要有钠长石化, 水云母化和绿泥石化。前人对本区蚀变岩石的研究主要集中在蚀变岩石的岩相学特征和蚀变岩石的分带上, 而对热液蚀变作用中生成的绿泥石的化学成分及其形成条件等的研究极少。

本研究采集了云际铀矿床中的蚀变碎斑熔岩和花岗斑岩样品, 在岩石薄片观察的基础上, 采用电子探针分析技术研究了蚀变岩中绿泥石的化学成分和结构特征, 计算了绿泥石形成的温度等, 并讨论其形成的物理化学条件。

显微观察结果表明, 蚀变岩石中的绿泥石主要是由黑云母蚀变而成的。绿泥石呈片状、鳞片状, 部分或全部交代了黑云母, 并保留黑云母的假象。

电子探针化学成分分析结果显示,  $w(\text{SiO}_2)$ 变化于23.03%~25.87%之间, 平均值为24.75%;  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 含量变化于18.65%~21.76%之间, 平均值为20.17%;  $w(\text{FeO})$ 变化于31.28%~35.05%之间, 平均值为33.12%;  $w(\text{MgO})$ 变化于6.74%~10.05%之间, 平均值为8.49%。总体来看绿泥石的成分变化不是很大。在绿泥石的Fe vs. Mg分类命名图解上(Deer et al., 1963), 蚀变岩石中的绿泥石主要为蠕绿泥石和铁镁绿泥石。

绿泥石的矿物化学结构式计算结果表明, 蚀变岩石中绿泥石的 $(\text{Al}^{\text{VI}}+\text{Fe})$ 和Mg具有良好的线性负相关关系, 这种相关性的斜率接近于-1, 说明在绿泥石的八面体位置上主要有这3种元素占据, 同时在该位

置  $Al^{VI}$  和 Fe 均可置换 Mg。

绿泥石的形成温度与绿泥石结构、化学组成以及多型等之间的关系已得到较为深入的研究。利用 Rausell-Colom 等 (1991) 提出的, 后经 Nieto (1997) 修改的关系式可用来计算面网间距  $d_{001}$  值, 计算公式为:  $d_{001}(\text{Å})=14.339-0.115 \times (Al^{IV})-0.0201 \times (Fe^{2+})$  (此计算公式中绿泥石的结构式是按 14 个氧原子计算), 然后根据 Battaglia (1999) 提出的  $d_{001}$  与温度之间的关系方程计算绿泥石的形成温度  $t(^{\circ}C)=(14.379-d_{001})/0.001$ , 计算了绿泥石的形成温度。计算结果得出相山蚀变岩中绿泥石的形成温度变化于  $237\sim 256^{\circ}C$  之间, 平均值为  $247^{\circ}C$ 。结合相山铀矿田沙洲矿床中方解石、石英和萤石流体包裹体的均一温度主要在  $200\sim 210^{\circ}C$  和  $230\sim 260^{\circ}C$  两个区间 (黄锡强等, 2008), 表明相山铀矿床属于中低温热液矿床类型。

一般认为在热液蚀变矿床中, 在低氧化、低 pH 值的条件下, 有利于形成富镁绿泥石, 而还原环境有利于形成铁绿泥石 (Inoue, 1995)。相山蚀变岩中绿泥石的主要类型是蠕绿泥石和铁镁绿泥石, 其  $Fe/(Fe+Mg)$  变化于  $0.67\sim 0.74$ , 平均值为  $0.70$ , 表明这些绿泥石是相对富铁的绿泥石, 可能主要形成于还原环境。绿泥石的矿物特征表明绿泥石的形成与热液流体活动有关, 是热液流体溶蚀赋矿围岩中的黑云母并原地结晶形成的。相山赋矿围岩的绿泥石化蚀变对于铀矿的形成可能具有重要的意义。在绿泥石化过程中, 赋矿围岩中的黑云母和热液反应形成绿泥石, 绿泥石形成时的还原环境可以使热液中的铀还原成四价铀并沉淀, 可见绿泥石的形成成为铀矿化提供了良好的沉淀环境。由此可见, 进一步加强相山赋矿围岩中的蚀变矿物的研究可能有助于我们对相山铀矿形成机制的理解。

#### 参 考 文 献

- 方锡珩, 侯文尧, 万国良. 1982. 相山破火山口火山杂岩体的岩石学研究[J]. 岩矿测试, 1(1): 1-10.
- 何观生, 戴民主, 李建峰, 曹寿孙, 夏斌, 许德如, 李文铅, 杨之青. 2009. 相山流纹英安斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及地质意义[J]. 大地构造与成矿学, 33(2): 299-303.
- 黄锡强, 陈正乐, 王平安, 杨农, 鄧剑. 2008. 江西相山铀矿田沙洲矿床流体包裹体研究[J]. 地质力学学报, 14(2): 176-185.
- 夏林圻, 夏祖春, 张诚, Clochiatti R, Dardel J, Joron J L. 1992. 相山中生代含铀火山杂岩岩石地球化学[M]. 北京: 地质出版社. 1-97.
- 杨水源, 蒋少涌, 姜耀辉, 赵葵东, 范洪海. 2010. 江西相山流纹英安岩和流纹英安斑岩锆石 U-Pb 年代学和 Hf 同位素组成及其地质意义[J]. 中国科学: 地球科学, 40 (in press).
- Battaglia S. 1999. Applying X-ray geothermometer diffraction to a chlorite[J]. Clays and Clay Minerals, 47(1): 54-63.
- Deer W A, Howie R A and Zussman J. 1963. Rock-forming minerals: Sheet silicates[M]. London: Longmans, 270.
- Inoue A. 1995. Formation of clay minerals in hydrothermal environments[A]. In: Velde B, ed. Origin and mineralogy of clays: Clay and the environment[M]. Berlin: Springer. 268-330.
- Nieto F. 1997. Chemical composition of metapelitic chlorites: X-ray diffraction and optical property approach[J]. European Journal of Mineralogy, 9(4): 829-841.
- Rausell-Colom J A, Wiewiora A and Matesanz E. 1991. Relationship between composition and  $d_{001}$  for chlorite[J]. American Mineralogist, 76(7-8): 1373-1379.