

江西相山铀矿床黄铁矿中流体包裹体 He、Ar 同位素地球化学

胡瑞忠^a Burnard P^b 毕献武^a 彭建堂^a 苏文超^a 赵军红^a 蒋国豪^a 刘燊^a

(^a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, 贵阳, 550002)

(^b Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG-CNRS), 15 rue Notre Dame des Pauvres, B.P. 20, 54501 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex, France)

以往研究热液铀矿床的成因, 常很重视成矿流体中水和铀的来源, 对其中气体组分来源的研究则重视不够。已有研究表明, 在成矿流体中, 铀主要以 $UO_2(CO_3)_2^{2-}$ 和 $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ 形式迁移。因此, 只有富大量 CO_2 的流体才有可能大量携带铀。显而易见, 在有铀源岩石存在的前提下, 矿源岩石中的铀能否转入流体, 并不主要取决于其中的水, 而主要取决于其中有无足够的 CO_2 。由于成矿流体中水和 CO_2 的来源并非经常同步同源, 因此, 不弄清 CO_2 的成因, 将难以说明成矿流体的形成演化过程, 尤其是铀成矿的时控特征。

相山铀矿床是我国规模最大的热液铀矿床, 位于中生代赣-杭火山岩带的相山火山盆地内, 矿体主要产于酸性火山岩的断裂破碎带中, 成矿温度约为 250–150°C, 矿石矿物为沥青铀矿, 与沥青铀矿共生的矿物主要有石英、萤石、方解石和黄铁矿。已有研究表明, 成矿流体中的水主要为大气降水, 其中的铀主要来自富铀的酸性火山岩和盆地基底地层; 成矿流体富含 CO_2 , 铀在成矿流体中主要以 $UO_2(CO_3)_2^{2-}$ 形式迁移; 矿床的成矿作用可分为两期, 其沥青铀矿的 U-Pb 等时线年龄分别为 119±1Ma 和 99±2Ma; 火山盆地内最晚一次酸性火山岩的 K-Ar 年龄约为 140Ma; 盆地中还分布着白垩纪地壳拉张期形成的两期幔源基性脉岩, 它们的 K-Ar 年龄分别约为 120Ma 和 100Ma。

稀有气体分析样品取自相山铀矿床的地下坑道。测定对象为铀成矿期形成的黄铁矿中的流体包裹体。黄铁矿流体包裹体中的氦和氩在美国加州理工学院采用真空压碎法提取, 然后用分辨率 >800、能将 3He 和 HD 完全分开的全金属稀有气体同位素质谱测定其同位素组成。具体步骤是: (1) 取约 50~500mg 已在超声波丙酮溶液中洗净并烘干过的样品 (粒径 0.5~1.5mm) 装入螺旋式压碎装置; (2) 将装入压碎装置并已连接到气体提取处理系统中的样品烘烤 (<150°C) 约 12 小时以除去被样品表面吸附的大气, 与此同时把气体提取和处理系统抽成所需要的高真空; (3) 在高真空 (10^{-8} — 10^{-9} mbar) 条件下压碎样品, 使矿物流体包裹体中的气体释放至气体提取和处理系统中, 继而纯化被提取的气体; (4) 将纯化后的氦送入质谱作同位素分析; (5) 将纯化后的氩送入质谱作同位素分析。氦和氩同位素的分析误差 <10%。

分析结果是, 成矿流体的 $^3He/^4He=0.10$ — $2.02Ra$ (Ra 为空气的 $^3He/^4He$ 值), $^{40}Ar/^{36}Ar=326.9$ — 664.3 。我们还测定了该矿床与沥青铀矿共生的方解石的碳同位素组成, $\delta^{13}C=-3.3$ — 7.7 ‰。研究表明: (1) 相山铀矿床的成矿流体由富 CO_2 和 3He 的幔源流体与贫 CO_2 的大气成因流体混合而成。大气成因流体在与幔源流体混合前, 曾与地壳岩石发生了较强的水岩相互作用, 从而使这种流体的氦、氩同位素组成分别具有地壳氦和含一定过剩氩的饱和空气雨水的氩同位素组成特征; (2) 相山铀矿床中的铀是在富含 CO_2 的地幔流体端元与贫 CO_2 的大气成因流体端元混合之后, 才开始大规模地自富铀的酸性火山岩和盆地基底地层中浸出并继而成矿的。白垩纪时分别约在 120Ma 和 100Ma 发生的地壳拉张作用控制了向成矿流体提供铀成矿必不可少的 CO_2 的时代, 因而也决定了约分别发生在 119±1Ma 和 99±2Ma 的铀成矿时代。