

江西上饶蔡家坪铅锌矿床硫化物特征及 F4 断裂的 Ar-Ar 年龄*

代堰镔¹, 余心起¹, 吴淦国¹, 狄永军¹, 李春麟¹, 邱骏挺¹,
张家菁², 罗平^{1,2}

(1 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2 江西省地矿局赣东北大队, 江西 上饶 334000)

江西上饶蔡家坪铅锌矿床位于扬子地块与华夏地块拼接带南侧、武夷隆起的北东端, 赋矿围岩为侏罗系漳平组砂岩、粉砂岩, 北北东向-北东向、北西向断裂是其重要控矿构造。区内岩浆活动强烈, 分布有大面积燕山期岩浆岩: 二长花岗岩($\eta\gamma_5^3$ 、 $\eta\gamma_5^2$)、流纹斑岩($\lambda\pi_5^3$)。此外, 还分布大量流纹斑岩脉($\lambda\pi$)、少量基性岩脉($\beta\mu$)及二长花岗斑岩脉($\eta\gamma\pi$)。流纹斑岩与成矿关系密切, 矿体多产于流纹斑岩与砂岩接触带。流纹斑岩超酸性($w(\text{SiO}_2)$ 平均 71.04%), 铝过饱和($w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 平均 13.92%), 富钾($w(\text{K}_2\text{O})$ 平均 4.39%), 贫钠($w(\text{Na}_2\text{O})$ 平均 1.65%), A/CNK 平均值 1.43, 显示钙碱性、陆壳重熔 S 型超酸性次火山岩的特点。

镜下观察表明, 沉积成因的细粒他形黄铁矿(Fe: 45.86%, S: 53.33%, S/Fe: 2.025, Co/Ni: 0.92)以单颗粒形式稀疏散布, 不与其他硫化物共生, 当属最早期金属硫化物。富铁闪锌矿(Zn: 54.68%, S: 32.75%, Fe: 9.26%, S/Zn: 1.237)充填包裹半自形-自形黄铁矿(Fe: 46.14%, S: 52.78%, S/Fe: 1.993), 表明前者生成时代较晚。脉状黄铁矿(Fe: 46.24%, S: 52.68%, S/Fe: 1.986)沿富铁闪锌矿边部生长, 说明富铁闪锌矿早于脉状黄铁矿。脉状黄铁矿中仅有一例含有少量的 Zn 元素, 其他均不含 Zn, 而所有贫铁闪锌矿(Zn: 64.39%, S: 32.64%, Fe: 1.75%, S/Zn: 1.034)样品中均含有较多量 Fe, 表明后期含 Zn 热液萃取早期黄铁矿中的 Fe, 故贫铁闪锌矿生成时代晚于脉状黄铁矿。粒状黄铜矿(Cu: 34.29%, Fe: 30.82%, S: 34.04%, S/(Cu+Fe): 0.973)充填包裹闪锌矿, 表明粒状黄铜矿晚于闪锌矿。黄铜矿包体(Cu: 38.82%, Fe: 25.8%, S: 33.77%, S/(Cu+Fe): 0.982)离闪锌矿边部越远粒径越小、与外部黄铜矿断续相连, 且包体黄铜矿含 Fe 量低、含 Zn 量高, 说明含 Cu、Fe 热液沿闪锌矿颗粒边界、晶内裂隙等进行交代, 同时 Fe 置换出 Zn, 外部黄铜矿可视作含铜热液进入闪锌矿的通道。故包体黄铜矿也是晚于闪锌矿形成, 且与粒状黄铜矿基本同时形成。方铅矿(Pb: 86.22%, S: 12.55%, S/Pb: 0.94)包裹交代闪锌矿、交代破坏黄铁矿与黄铜矿并使之成为“骸晶”, 表明方铅矿系最晚生成的硫化物。根据硫化物产出特征及其穿插、交代、包裹关系, 结合电子探针分析数据, 对硫化物生成顺序厘定如下: 细粒他形黄铁矿→中粗粒半自形-自形黄铁矿→富铁闪锌矿→脉状黄铁矿→贫铁闪锌矿→黄铜矿→方铅矿。硫化物中硫与金属阳离子比值表明随着成矿作用的进行, 硫源越来越匮乏。

微量元素分析显示: 闪锌矿与方铅矿中 Tl 含量分别为 47.9×10^{-6} 、 35.9×10^{-6} , 均远高于 Tl 地壳丰度 0.48×10^{-6} 。Tl 高含量暗示矿区闪锌矿可能为层控型, 方铅矿为热液型。富铁闪锌矿 Ga 含量 5.86×10^{-6} , In 含量 112×10^{-6} , Ga/In 值 0.05, 属高温闪锌矿; 贫铁闪锌矿 Ga 含量 4.46×10^{-6} , In 含量 38.6×10^{-6} , Ga/In 值 0.12, 属中温闪锌矿。闪锌矿 Ga/In 值与南岭热液型闪锌矿 Ga/In 值 0.27 相近。富铁闪锌矿 Zn/Cd 值 391, 属中高温闪锌矿, 接近于层控型铅锌矿床 Zn/Cd 值 398; 贫铁闪锌矿 Zn/Cd 值 255, 属中温闪锌矿, 与沉积变质铅锌矿床 Zn/Cd 值 252 接近。方铅矿 Sb/Bi 值 1.54, 表明方铅矿属中温条件产物, 且接近岩浆热液型铅锌矿床方铅矿 Sb/Bi 值 0.49。方铅矿 Tl 含量、Sb/Bi 值均表明矿区方铅矿与岩浆热液作用有关, 属中温环境产物; 闪锌矿 Tl 含量、Ga/In 值、Zn/Cd 值则暗示蔡家坪矿区闪锌矿可能是层控型、热液型与沉积变质型的叠生, 具有多成因的特点, 产于中高温环境。闪锌矿与方铅矿微量元素蛛网图显示富铁闪锌矿中多种微量元素含量均高于其他所测矿物(图 1a); 稀土元素配分图显示富铁闪锌矿中稀土元素含量远高于其他矿物, 贫铁闪锌矿中稀土元素含量也高于方铅矿

*国家自然科学基金项目(40372050)资助

第一作者简介 代堰镔, 构造地质学专业。Email: diyepas@yahoo.cn

(图 1b)。这进一步说明闪锌矿与方铅矿来源不同,且闪锌矿具有多种成因叠加的特点。野外调查发现矿区存在顺层与切层两种类型矿体,符合上述分析结果。

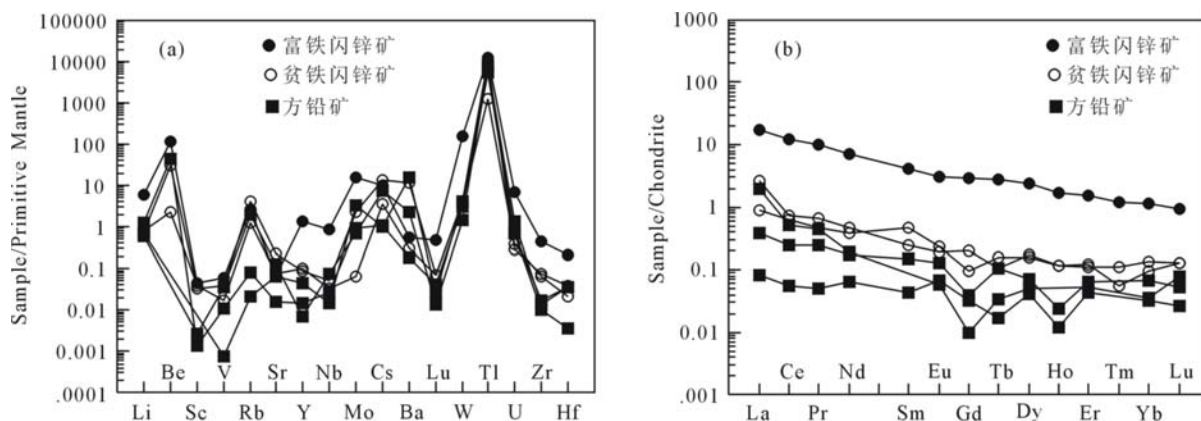


图1 闪锌矿与方铅矿微量元素原始地幔标准化蛛网图(a)及稀土元素球粒陨石标准化配分图(b) (微量元素与稀土元素标准化数据据Taylor et al.(1985))

14件硫化物样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值-1.1‰~2.5‰, 平均 0.83‰。所有硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值呈塔式分布于-1.5‰~2.5‰的狭窄区域, 峰值在 1.0‰附近, 表明矿区硫主要是岩浆来源。方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值-1.1‰~1.3‰, 平均 0.03‰, 非常接近正常地幔的范围 $0\text{‰} \pm 1\text{‰}$, 说明方铅矿的硫源可能是深源岩浆。闪锌矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值 1‰~2.5‰, 平均 1.4‰, 与大多数岩浆岩 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围 $0 \pm 5\text{‰}$ 、海水热水系统中火山喷气-沉积成因 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围 1‰~10‰一致。然而, 所有闪锌矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值均未出现负值, 这与岩浆硫的分布相悖。微量元素分析表明闪锌矿可能具有沉积成因, 故推测闪锌矿硫源可能是岩浆硫混合海底热液沉积硫, 硫具有多来源的特点。 $\delta^{34}\text{S}_{\text{闪锌矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{方铅矿}}$, 说明成矿物质沉淀时基本达到硫同位素平衡。

据 Cathelineau (1988) 绿泥石温度计 $T(^{\circ}\text{C}) = -61.92 + 321.98 (\text{Al}^{\text{IV}})$ 计算绿泥石形成温度为 292.3~360.2 $^{\circ}\text{C}$ 。蔡家坪矿区矿化与蚀变关系密切, 绿泥石形成温度可以代表铅锌矿体的形成温度。据 Bethke、Barton (1971) Cd 元素温度计 $K_{\text{CdS}} = (\text{CdS})^{\text{Sp}}/(\text{CdS})^{\text{Gn}}$ 、 $\text{Lg}K_{\text{CdS}} = 1663/T - 1.092$ 计算闪锌矿、方铅矿对的形成温度分别为 315.5 $^{\circ}\text{C}$ 、293.5 $^{\circ}\text{C}$ 。据 Czamanske (1974) 硫同位素温度计 $1000 \ln \alpha_{\text{Sp-Gn}} = 7.0 \times 10^5 t^{-2}$ 计算闪锌矿与方铅矿硫同位素对平衡温度介于 369~491 $^{\circ}\text{C}$ 之间。Cd 元素地质温度计与绿泥石温度计均表明成矿温度在 292.3~360.2 $^{\circ}\text{C}$, 硫同位素温度计结果相对偏高, 可能表明成矿具有多阶段性。

矿区 F4 断裂同构造分泌钾长石脉体等时线年龄为 $(120 \pm 4) \text{ Ma}$, $\text{MSWD} = 6.6$, $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_{\text{Int}} = 340 \pm 40$ 。样品 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 初始值偏大, 可能受到过剩 Ar 的影响(图 2)。钾长石脉体 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄代表了断裂一次强烈活动的时代。野外观察断裂 F4 具有切断矿体的性质, 表明矿区铅锌矿体成矿年龄早于 $(120 \pm 4) \text{ Ma}$ 。叶庆同 (1987) 研究认为: 与赣东北铅锌矿成矿有关的次火山岩体同位素年龄在 127~138 Ma。蔡家坪矿区矿体多产于流纹斑岩与粉砂岩接触带, 表明成矿晚于岩浆活动, 故成矿时代应在 120~138 Ma。邻近的金竹坪铅锌矿区辉钼矿 Re-Os 年龄 $(135.5 \pm 5.7) \text{ Ma}$, 篁碧铅锌矿区闪锌矿 Rb-Sr 年龄 $(135.4 \pm 4.4) \text{ Ma}$ 与 136.0 Ma、闪锌矿 Sm-Nd 年龄 $(139.0 \pm 3.0) \text{ Ma}$, 与上述推测的蔡家坪矿区成矿时代 120~138 Ma 吻合。

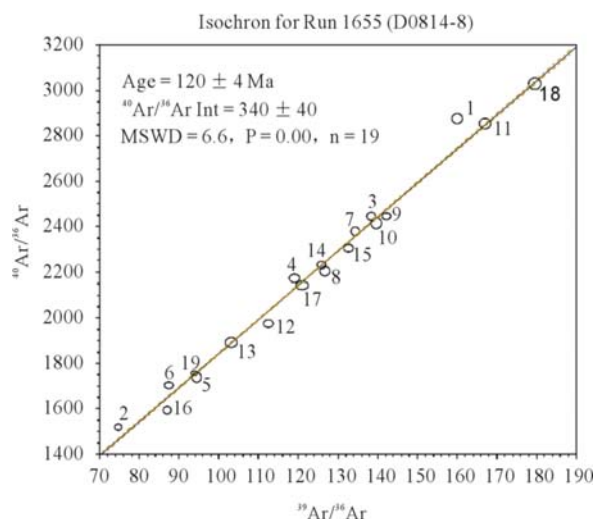


图2 样品D0814-8激光探针 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线图

参考文献(略)