

金属硫化物中金矿物颗粒赋存分布的 EPMA 表征

EPMA-032

摘要： 本文使用岛津电子探针对某卡林型富砷黄铁矿和海底热液金属硫化物富铁闪锌矿中的不可见金颗粒矿物的赋存位置和形态进行了测试表征。结果显示此卡林型金矿试样中发现的金主要为不可见金，以固溶体形式存在于富砷增生环带；而热液硫化物闪锌矿的寄主矿物中金矿物为微量的包体金，经溶蚀作用后被暴露于闪锌矿晶体边界。同时根据查阅的文献，对金矿物的赋存状态及产生机制中的观点和问题进行了总结。

关键词： 金矿赋存；黄铁矿；热液硫化物；电子探针

金在自然界有多种存在形式，从粒度尺寸上分有：明金（大于 0.2mm）、显微金（0.2 μ m~0.2mm）和次显微金（小于 0.2 μ m）；在矿相学上，从金的嵌存状态则主要分为：包体金、粒间金、裂隙金、表面吸附金和晶格金五种形式，金矿物的嵌存关系基本确定金矿物形成的五个阶段。从矿物和地球化学角度，则可分为：独立矿物金、超显微包体金、晶格（固溶体或类质同象）金、表面吸附金（胶体金）和络合金四种。次显微状态金、胶体金和晶格金一般又称为不可见金。

金属硫化物矿是最普遍最重要的载金矿物，其中的金有三种赋存形式，即显微 - 次显微颗粒金、细分散相的胶态金和离子态的晶格金。

我国已发现的金属硫化物金矿矿床类型有卡林型

金矿、非卡林型中温后生热液金矿和块状贱金属硫化物矿床。卡林型金矿主要分布于滇黔桂金三角地区，其原生矿石中金以次显微金为主，载金矿物为硫化物或毒砂。热液金矿，载金矿物有黄铁矿、闪锌矿、毒砂、白铁矿、黝铜矿和磁黄铁矿，呈次显微金或次显微金 + 明金 / 显微金并存。块状贱金属硫化物矿床中较古代地质时期的金矿物发育于后期变质变形和热液改造较弱部位，其主要载金矿物为黄铁矿；在现代大洋中脊、弧后盆地发育的块状贱金属硫化物矿床中多有伴生金发育，呈次显微金，也有易选金矿（明金和显微金）是洋底热液持续作用对先期沉淀产物改造或氧化改造形成的。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津 EPMA-1720 电子探针显微分析仪
荧光光谱

1.2 分析条件

加速电压： 15 kV
束 流： 面分析 100nA
束斑直径： 面分析 MIN
测试时间： 面分析 50ms/point



■ 样品处理

采集的试样委托专门的制样公司进行地质薄片的制作，经透射偏光显微镜观察确定大致的测试位置后，表面进行蒸镀碳膜以增加试样表面的导电性。

■ 结果与讨论

3.1 富砷黄铁矿

黄铁矿及含砷黄铁矿和毒砂作为重要的载金矿物，其标型特征的研究，对于获取金矿的矿床成因、找矿信息和成矿潜力等方面具有十分重要的作用。

研究表明，金在含砷黄铁矿中以两种形式存在。晶格金，即黄铁矿中以固溶体形式存在的金参与了晶格构造，位于扭曲的晶格空穴；而自然金（ Au^0 ）则以微细包体的形式存在。

本次选取的卡林型金矿（微细浸染型）样品中黄铁矿含量较多，对富含金的含砷黄铁矿和毒砂进行背散射图像观察中均未发现自然金包体，说明金在载金矿物中的赋存形式为不可见金。含金矿物多呈微球状、微小链球状、不规则状等形态，分布于硫化物（黄铁矿和富砷黄铁矿等）或毒砂的微裂隙或富砷环带边缘。在含砷黄铁矿中，金主要与其富砷增生带有关，金主要集中在环带的近核部分。裂隙发育程度高的碎裂状黄铁矿具有较高的载金能力。

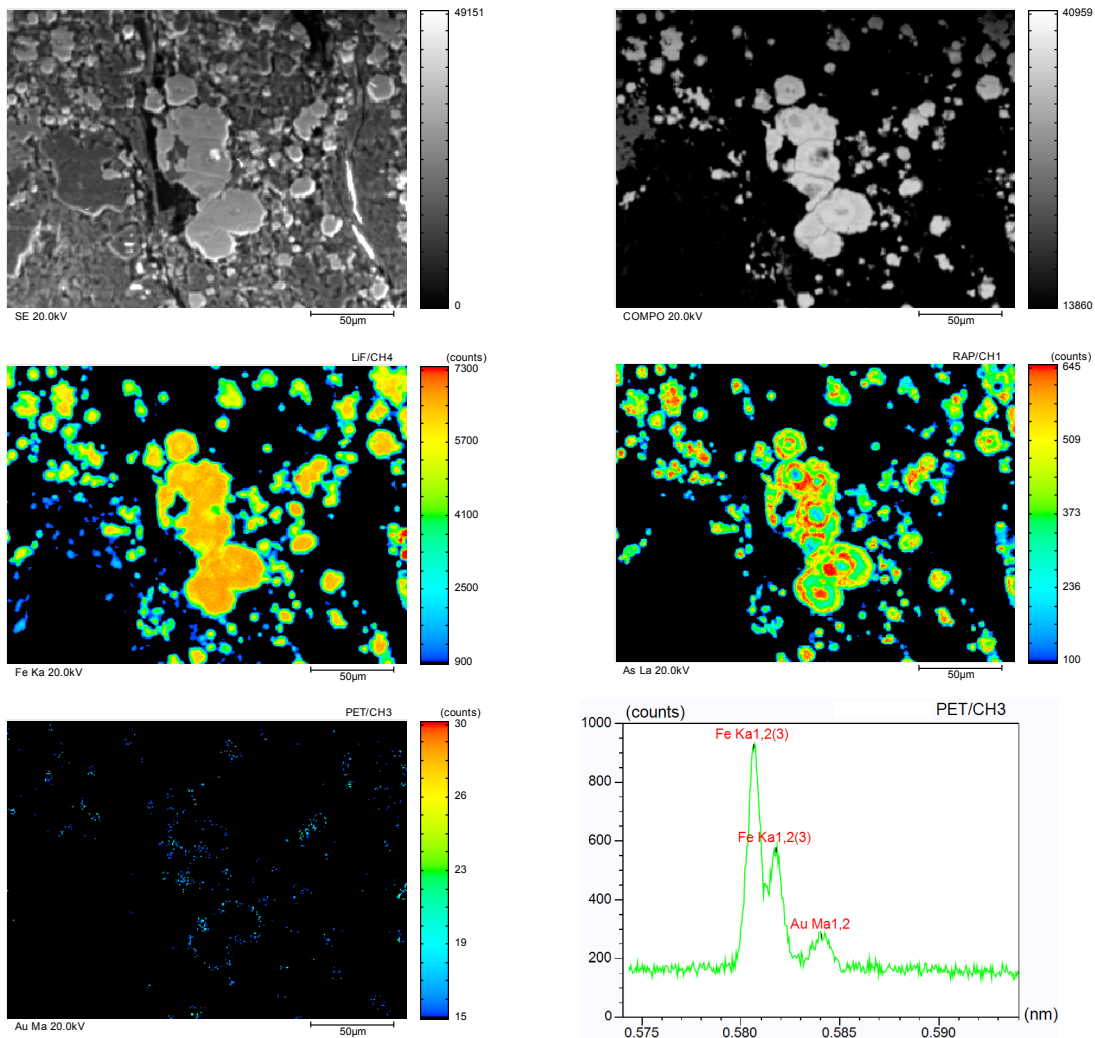


图 1 黄铁矿试样 1# 上微量 Au 分布于富 As 环带及峰形特征

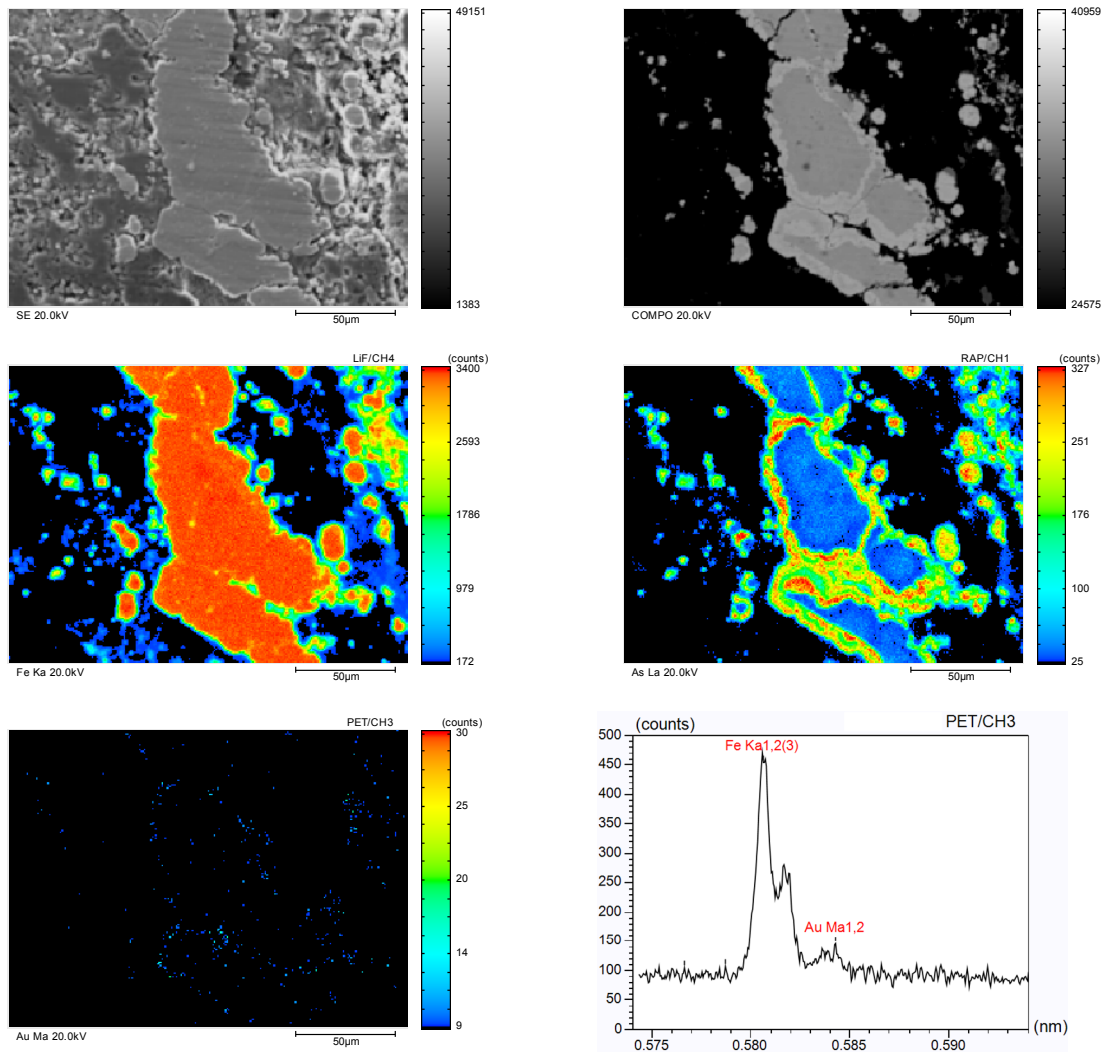


图 2 黄铁矿试样 2# 上的微量 Au 富集增生（富 As）环带及峰形特征确认

金主要集中于富砷的增生带，多以晶格金形式存在。关于对于晶格金的赋存状态和赋存形成的机制仍有很多争论，目前主要有三种观点：1、大多数学者认为 Au 是以 Au^+ 进入载体硫化物中，替代 Fe 的位置；2、还有部分学者认为 Au 是以 Au^{3+} 进入硫化物中，替代 Fe 的位置；3、另有学者认为 Au 是以 Au^- 进入硫化物中，替代 S 的位置。

3.2 海底热液硫化物

洋（海）底热液硫化物也存在可观的多金属矿产资源，富含 Cu, Fe, Zn, Mn, Pb 以及 Ag, Au, Co, Mo 等金属元素和稀有金属元素，具有易于冶炼和资源量巨大的优点，被认为重要的潜在矿产资源之一。

某洋中脊热液区采集的热液金属硫化物矿物，以黄铁矿为主，其次方铅矿、闪锌矿和黄铜矿等。根据电子探针 EPMA 的面分布，Ag-Au 分布显示有较低含量的包体金矿物。包体金包裹于其他寄主矿物，寄主矿物主要是闪锌矿和黄铁矿，此处为含铁闪锌矿。包体金矿经溶蚀作用后容易被暴露于闪锌矿晶体边界。

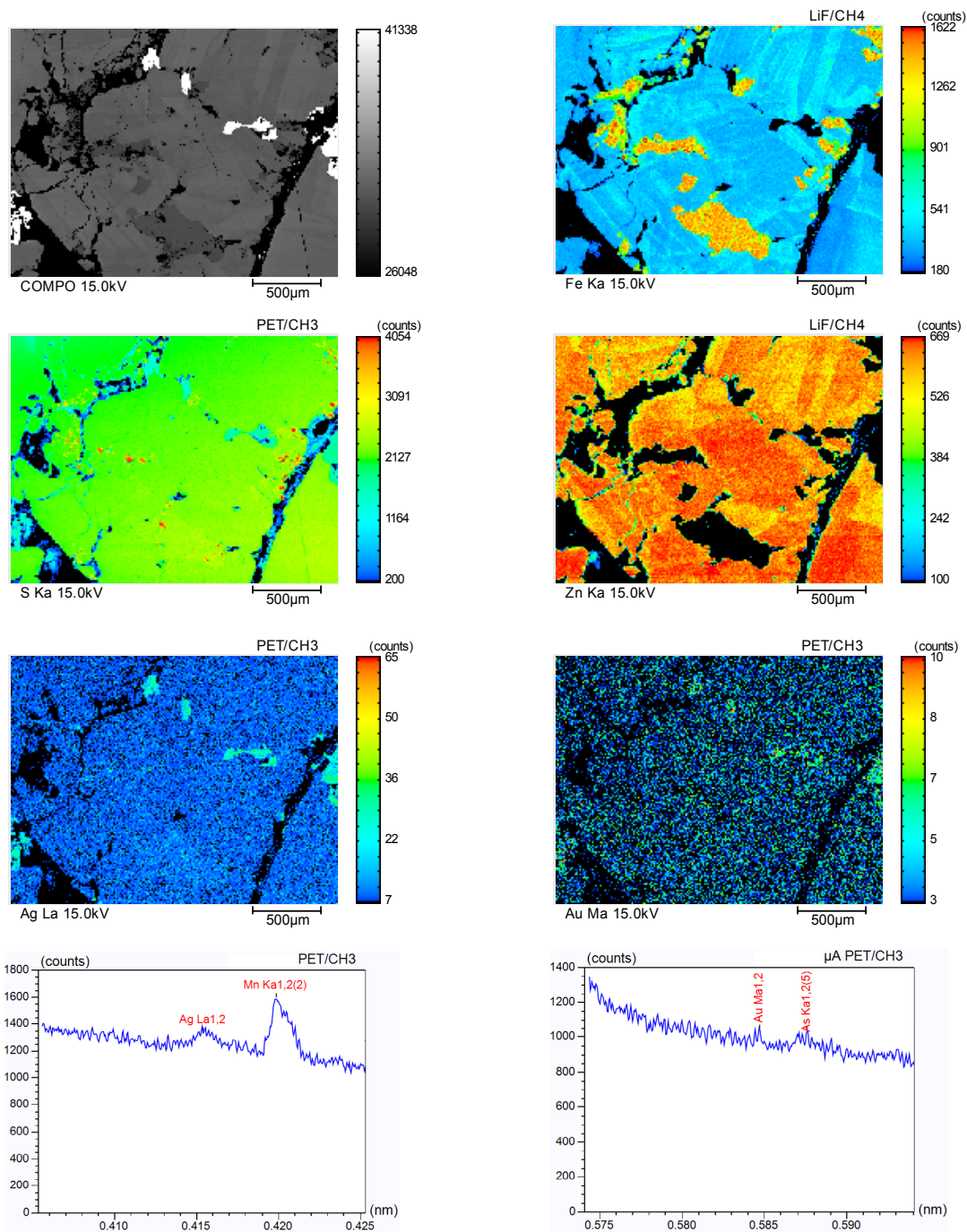


图 3 热液硫化物矿物中微量 Au、Ag 的元素面分布特征

关于包体金的形成机制也有争论。有些学者认为硫化物在生长过程中，从富金流体中吸附 Au^+ ，在硫化物的表面被还原从而生成包体金。也有人认为包体的形成是因为 Au 含量超过其在寄主矿中的溶解度极限，或是从准稳定态的寄主矿中析出。

■ 结论

1、某卡林型金矿试样中发现的金主要为不可见金，以固溶体形式存在于富砷增生环带。进一步揭示了不可见金的形成与砷的共沉淀有关。

2、在某洋中脊热液硫化物闪锌矿的寄主矿物中发现了微量的包体金矿物，经溶蚀作用后被暴露于闪锌矿晶体边界。

3、不管是晶格金还是包体金，Au 在金属硫化物中的状态，周围的配位数，电价补偿机制及热 / 动力学数据等需要进一步研究完善。

4、岛津 EPMA 配置 52.5°高位特征 X 射线检出角、兼具灵敏度和分辨率的全聚焦晶体，实现对微量金的更好的检出能力。

岛津应用云

