

浙江某金矿床自然金和载金矿物的研究

丰淑庄 左大华 梅建明

(武汉地质学院)



岩矿工作

浙江某金矿床系变质火山岩中的硫化物石英脉型金矿,为火山热液金矿中较独特的类型。通过对该矿床的自然金及主要载金矿物的研究,提供某些有关矿床成因的信息,对总结火山热液矿床类型及找矿或有所裨益。

矿床地质概况

矿床位于江山—绍兴断裂带的东北端,赋存于元古界浅变质的中—中酸性火山岩中。矿化有利的围岩为变安山岩及变角砾凝灰岩,其岩石化学成分特征属铝过饱和的岛弧型钙碱性熔岩,与我国东部中(新)生代含金火山岩有相似之处。江绍断裂的次级构造较发育,北东向压扭性断裂构造明显控制矿体的产出。沿脉构造裂隙与条带状裂隙群及各种交叉裂隙等是金矿化富集的有利空间。矿体以单脉为主,复脉次之,矿体与围岩界限清楚,具充填矿脉的特点。矿物成分简单,金属矿物主要有自然金、黄铁矿、黄铜矿,少量闪锌矿和次生的铜蓝、斑铜矿、孔雀石以及赤铁矿、针铁矿与褐铁矿等。脉石矿物有石英、方解石、绢云母和绿泥石。矿床具多期、多阶段性,石英—黄铁矿阶段和方解石—黄铜矿阶段为金的富集阶段。近矿围岩蚀变常见碳酸盐化、绿泥石化、黄铁矿化和绢云母化,各种蚀变叠加混杂,以碳酸盐化及绿泥石化与金矿化关系密切。

自然金及载金矿物特征

本矿床自然金以显微金为主,有微量次显微

金,主要载金矿物有黄铁矿、黄铜矿及石英。

1. 自然金

自然金多呈等轴粒状、他形粒状及细脉状,粒径为0.006~0.02毫米。粒状自然金在黄铜矿中,少量在黄铁矿中呈包裹体(包体金),细脉状自然金沿黄铁矿、石英、褐铁矿(照片1)的裂隙分布(裂隙金)或沿载金矿物的晶隙产出(照片2)。自然金主要有两期,早期以单体金产于石英—黄铁矿阶段,量少;晚期多与黄铜矿呈连晶产于方解石—黄铜矿阶段,是自然金的主要成矿阶段。在褐铁矿、针铁矿等氧化矿石中也保留有自然金。

(1) 自然金的物理性质 反光镜下呈金黄色,摩擦硬度近于黄铜矿,反射率数据见表1。

自然金的反射率

表1

波长(毫微米)	480	546	589	644
反射率(%)	41.6	66.3	72.0	76.3

测定者:浙江地质局夏安宁。

(2) 自然金的化学成分 电子探针分析(表2)表明,Ag: Au = 1:12.97。金的成色高,平均为928,这与金矿床的成矿时代越古老,金的成色越趋于增高的一般情况是相符的。铜含量

自然金的化学成分

表2

元素	Au	Ag	Cu	Co	Fe	Zn	S
含量%	92.7756	7.1505	0.0393	0.0072	0.0150	0.0038	0.0128

测定者:地科院矿床所杨明明

与火山热液型的自然金相似(斑岩铜矿的伴生金及碱性玄武安山岩中的含金石英脉),显示古火山热液的特点。矿石中金、铜含量变化为正消长关系,金含量高,金铜比值亦高(>5克/吨为0.072, <5克/吨为0.0057, <0.1克/吨为0.0016)。矿石中金的平均品位约23.6克/吨。

2. 黄铁矿

黄铁矿呈碎裂状和自形一半自形立方体,前者是主要的载金矿物。自形一半自形黄铁矿量少,粒径约0.1毫米,与黄铜矿、自然金、方解石共生,沿碎裂状黄铁矿充填交代成网脉状显微构造,属方解石—黄铜矿阶段的产物。

碎裂状黄铁矿:以碎裂状集合体产出,部分保存有五角十二面体及立方体半自形晶,粒径0.4~0.9毫米,与自然金、细粒石英和绿泥石等沿早阶段石英脉的裂隙充填交代,构成脉状、条带状和团块状矿石,属石英—黄铁矿阶段的产物。黄铁矿在表生氧化作用下,转变为针铁矿或胶状褐铁矿。经电子显微镜扫描,含微量次显微金的包裹体。

(1) 碎裂状黄铁矿的物理性质 反射率(表3)明显高于某载次显微金的黄铁矿,而

黄铁矿的反射率特征 表3

黄铁矿	480 nm	546 nm	589 nm	641 nm
碎裂状的	48.20	53.60	51.90	54.60
载次显微金的	44.27	50.72	50.25	51.24
标准值		53.60	55.00	

与黄铁矿的标准值相似,表明显微金对载金黄铁矿的反射率无影响。黄铁矿的显微硬度为 $HV_{100-200}$ 1187~1218 kg/mm²(广东冶金地质研究所肖恩玲测试),属黄铁矿的标准值($HV_{100-200}$ 913~2056 kg/mm²)范围略偏下限,而高于某载次显微金的黄铁矿(1041 kg/mm²)。一般含钴、镍硬度偏低。黄铁矿的比重为4.90~5.06,平均为4.97,与标准值(5.00)相近,属于次火山热液矿床黄铁矿的比重范围(斑岩铜矿为4.91~4.98),具内生热液的标型特征。略高于某载次显微金黄铁矿的平均比重(4.85)。

(2) 碎裂状黄铁矿的化学成分特征 从黄铁矿的化学分析平均结果(表4)可以看出:主

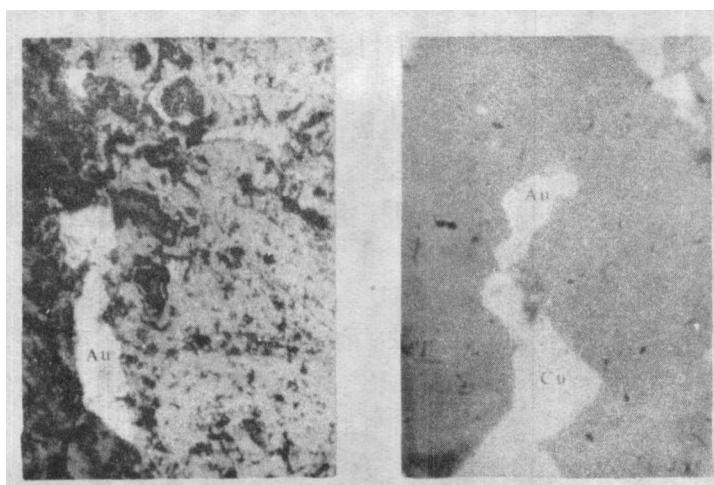
黄铁矿的化学成份(%) 表4

元素	含量	元素	含量	元素	含量
Fe	46.34	As	0.0018	Te	0.014
S	53.44	Sb	0.001	Cr	0.0008
Co	0.0433	Bi	0.0021	V	0.0007
Ni	0.0091	Mo	0.0004	Au	0.0119
Cu	0.0176	Ga	0.0001	Ag	0.0114
Pb	0.0033	Tl	0.0003		
Zn	0.0151	Se	0.0045		

要化学成分Fe, S与理论值相近(Fe 46.55%, S 53.45%),与火山作用有关的黄铁矿与标准含量相近。微量元素Co>Ni, Co/Ni比值为4.75,与火山热液矿床有关的黄铁矿特征相符(Co>100克/吨), S/Se比值为1.174万亦反映黄铁矿为火山热液的产物(多数含Se 20~50克/吨, S/Se为1~2.67万)。黄铁矿含Cu, Zn较高,又含一定量的Pb和Sb,均为热液型金矿床的黄铁矿特征(中温热液金矿床的黄铁矿一般含Cu 99.4克/吨, Zn 134克/吨, Pb 70克/吨, Sb极少到411克/吨)。由黄铁矿的化学成分特征表明,该矿床属于与火山热液有关的金矿床。

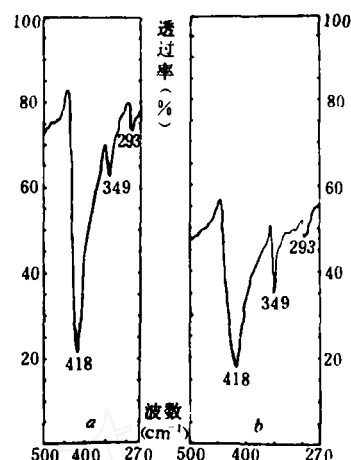
(3) 碎裂状黄铁矿的其他特征 黄铁矿的晶胞参数 a_0 为5.4173~5.4184 Å(吉林省地质科学研究所测试),平均值为5.4179 Å,略高于纯黄铁矿(5.417 Å),与含一定量的Ni, Co类质同象混入物有关,与某次火山热液含Ni, Co的黄铁矿的 a_0 相同。黄铁矿的红外吸收光谱(图a)与某次火山热液不含金的黄铁矿极为相似(图b),表明金未进入黄铁矿晶格,与电镜扫描结果相符。

黄铁矿的热电系数为-166.67微伏/度(邵伟测定),与热液金矿床中含金黄铁矿一致。黄铁矿的爆裂温度为240~300℃(西南冶金地质研究所测定),属中温热液的产物。 δS^{34} 为+8~+8.6‰,平均值为+8.4‰。铅同位素计算出黄铁矿的年龄近似700百万年,系元古代的产物。



照片1 反射光, $d = 0.7 \text{ mm}$
自然金呈不规则粒状产于褐铁矿、石英裂隙中

照片2 反射光, $d = 0.14 \text{ mm}$
自然金与黄铜矿连生, 产于石英晶隙中



红外吸收光谱图

a—本矿床 (科学院地质所测定);
b—不含金某次火山热液矿床 (张保民测定)

3. 黄铜矿

呈他形粒状集合体。由于应力作用, 晶粒内部略呈聚片双晶, 呈花岗变晶结构。在地表常被次生的铜蓝、斑铜矿和孔雀石等交代呈镶边结构。

(1) 黄铜矿的反射率 (表5) 与标准值

黄铜矿的反射率特征 表5				
黄铜矿	480 nm	546 nm	589 nm	644 nm
本矿床	34.8	43.0	44.7	45.3
标准值		42.5~45.4	44.5~47.3	

相似, 反映显微金对载金黄铜矿反射率无明显影响。

(2) 微量元素含量 据电子探针分析 (王风阁测试), 黄铜矿含 $\text{Au} = 0.08\%$, $\text{Ag} = 0.14\%$, $\text{As} = 0.11\%$, $\text{Ni} = 0.05\%$ 。含金较高, 与镜下所见自然金在黄铜矿中常呈包体相符合。

(3) 黄铜矿的其他特征 黄铜矿的晶胞参数 (彭长琪测试) $a_0 = 5.28 \text{ \AA}$, $c_0 = 10.408 \text{ \AA}$ 与标准值 ($a_0 = 5.28 \text{ \AA}$, $c_0 = 10.409 \text{ \AA}$) 极相近。热电系数为 -526.32 微伏/度, 与金矿床中黄铜矿为高负值相符。

4. 石英

与金相关的石英主要有两个世代, 一是细粒

石英, 量少, 乳白色, 粒径为 $0.08 \sim 0.4$ 毫米, 压碎不显著, 属石英—黄铁矿阶段的产物。另一是块状石英, 乳白色, 粒径为 $1.6 \sim 4$ 毫米, 受应力作用显变形纹及波状消光, 呈宽脉产于岩岩中, 构成矿脉的主体, 属块状石英阶段的产物。与晚阶段的显微金为伴生关系。经电镜扫描块状石英中尚含微量次显微金包裹体。块状石英的特征是:

(1) 石英的物理性质 比重为 $2.58 \sim 2.59$ 。经热发光测试 (邵伟), 热发光曲线平缓, 峰值温度范围为 $300 \sim 400^\circ\text{C}$, 热发光性较弱。

(2) 石英的化学成分特征 石英的化学成分与金矿床中的脉石英特点相符。化学分析的平均结果 (西南冶金地质研究所) 是: SiO_2 为 98.6503 , Al_2O_3 为 1.0288 , Na_2O 为 0.0714 , K_2O 为 0.0254 , Au 为 0.014 克/吨 (吉林冶勘公司实验室)。其中 Al 呈类质同象混入物代替 Si , 并加入相应的 Na , K 组分达到平衡。

(3) 石英的其他特征 石英的晶胞参数 (据吉林地质研究所) $a_0 = 4.91254 \sim 4.91288 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.40452 \sim 5.40471$, 与石英标准值 ($a_0 = 4.913$, $c_0 = 5.405$) 相近, 红外吸收光谱与石英标准谱带基本相同, 表明金未加入石英晶格。均

一法包裹体测温为260~300℃(王莘测定)。包裹体的个体一般为6~10微米,形状不规则,部分呈定向分布。为气液两相包裹体,气液比为10~20%,与火山热液成因的包裹体特点相同。

成矿作用分析

1. 金的物质来源

(1) 围岩的含金性 本区含矿围岩中金的背景值(表6)均高于金在地壳中克拉克值

各类岩石的金含量(ppb) 表6

岩石名称	样品数	平均含量
变安山岩	9	13
变角砾凝灰岩	1	16
碎裂变安山岩	1	29

据绍兴地质队

(3.5 ppb)的数倍,表明成矿物质与围岩(变安山岩)有关,为金矿化的物质来源。因此在含金丰度值较高的元古代变质火山岩系中,于长期活动的深大断裂的次一级断裂或几组不同方向裂隙的交汇部位,可注意寻找成色高、品位较富、埋藏浅的古火山热液金矿床。

(2) 同位素组成特征 硫同位素平均值为+8.4‰,在0~+10‰范围,属内生硫源的特点,为上地幔或地壳深部的硫源。较一般火山热液矿床(+1.1~+4.6‰)偏高,系由于热液运移过程受流经地层混染而富集重硫,以及成矿时处于还原环境,很少产生硫酸盐矿物,使硫化物中 δS^{34} 相对富集造成的。由铅同位素计算模式年龄,成矿应属元古代,与围岩的年龄相近,亦表明矿质来源与变安山岩密切相关。因此从自然金及载金矿物的化学成分、包裹体特点及铅、硫同位素组成等,可证明本区属受后期变质作用影响的中温古火山热液金矿床。

2. 成矿的物理化学条件

金的主要富集阶段广泛发育碳酸盐化、绿泥

石化及部分绢云母化,又有大量金属硫化物相继沉淀,它们均易于在碱性溶液中形成。载金的块状石英含钠、钾高及自然金的成色高(钠含量与自然金成色成正比),均可证明矿液属碱性条件。

矿石的矿物组合以低价铁的硫化物黄铁矿、黄铜矿等产出,主要成矿阶段未见高价铁的氧化物及硫酸盐矿物出现,表明成矿介质处于还原环境,与黄铁矿的 δS^{34} 偏高相对富集重硫也是符合的。 δS^{34} ‰变化范围小,表明矿液中硫较均一,成矿环境相对稳定。

火山喷发作用可带来较多的氯,金的成色与氯的含量呈正消长关系,同时Na—Cl溶液有利于金的萃取和运移,分析本矿床金主要以 $Na(AuCl_4)$ 或 $Na(AuCl_2)$ 络合物形式运移。随成矿作用的进展,介质的物理化学条件逐渐变化,块状石英的形成和绢云母作用,以及大量硫化物相继析出,矿液中碱质不断消耗,碱度降低,金的络合物开始分解,金则在还原环境的弱碱性矿液中析出,形成本区的金矿化。由于金的电离势较高,原子半径较大,当络合物分解时,难以呈类质同象混入物形式进入硫化物晶格;当金含量丰富,条件适宜,有利金的生长,则主要成为显微金。

参加工作的有王莘同志。工作中承蒙绍兴地质大队金杰工程师和我院浙江金矿科研组同志的大力支持和帮助,在此谨向他们及承担测试任务的单位和同志深表谢意。

主要参考文献

- [1] 徐国风等:地球化学,1981,第2期
- [2] 徐国风等:地质论评,1980,第26卷,第6期
- [3] 刘本立:地质与勘探,1982,第7期
- [4] 彭文世等:矿物的红外光谱图集,科学出版社,1982年
- [5] 邵洁涟等:岩矿测试,1982,第1卷,第2期
- [6] 徐国风等:长春地质学院院报,1981,第3期