

江西茅排金矿床的地球化学特征^①

赖绍聪

徐海江

(西北大学, 西安 710069) (河北地质学院, 石家庄 050031)

提 要 本文讨论了江西茅排金矿床金的地球化学分布, 矿床微量元素及稳定同位素地球化学特征。表明茅排金矿床围岩—震旦系周潭群变质岩在区域上为一富金层位, 而在矿区附近却存在一金元素亏损带, 金矿床成矿物质应主要来自于周围的变质岩围岩。茅排金矿床是在周潭群富金层位基础上, 经过混合岩化及剪切带作用富集成矿, 并经历了燕山期构造—岩浆活动对金矿化的叠加富集。

关键词 金矿床 微量元素 同位素 地球化学

1 区域地质背景

茅排金矿床位于华南褶皱系赣中南褶皱的东北侧, 即赣西南拗陷所属的大湖山—芙蓉山隆断束与武夷山隆起所属的宁都—南城拗断束的交接部位。区内经历了多期构造运动, 特别是加里东运动和燕山运动。形成了本区的主干构造。区内出露最老的地层是震旦系周潭群(Z₁zh); 周潭群变质岩是金溪—临川—乐安—南城一带一个重要的构造—岩石—地层单位, 由一套中—浅区域变质岩组成, 主要岩性有黑云变粒岩、石榴黑云变粒岩、斜长片麻岩、黑云母片岩、二云母片岩、花岗片麻岩及各类混合岩。周潭群变质岩变质相应属低角闪岩相, 其原岩体系为一套复理石或类复理石泥砂岩建造, 变质岩形成年龄为 $672 \pm 72\text{Ma}$ (Rb-Sr 等时线年龄, 赖绍聪等, 1994)。区内古生代地层只有寒武系出露; 中生代三迭系和侏罗系地层零星分布; 白垩系较发育, 为本区的沉积盖层, 主要为一套陆相碎屑岩系。

茅排金矿床位于武夷—云开变质混合岩带南段。武夷—云开变质混合岩带沿安远—鹰潭深大断裂分布。它断续延伸上千公里, 在其南段已发现有河台大型金矿床, 北段以金溪岩体为中心, 并同中段的黎川岩体、广昌岩体一起共同构成混合岩田。金溪岩体的东侧分布有黄通—黄狮渡—茅排金矿化带, 该矿化带长 40km, 宽约 1km, 大致呈北东向, 往南逐渐变为北北东向。从北向南, 黄通、金窠、黄狮渡、茅排等金矿床依次排列在这个矿化带上。

① 收稿日期 1995. 4. 10 修改日期 1995. 7. 30

2 茅排金矿床的主要地质特征

茅排金矿矿带总体走向 $NE20^{\circ}\sim 30^{\circ}$, 倾向 NW, 大致可划分五条矿脉带。五条矿脉带总体宽近 800m, 长为 2km, 产状较稳定, 延伸连续性好, 地表有膨大收缩现象, 向深部有变宽趋势。产状形态主要有两种, 一种是以单脉带出现, 另一种由网脉和细脉构成。赋矿围岩主要是周潭群黑云母片岩、变粒岩及各类混合岩。矿带受韧性剪切带控制, 产状与剪切带展布方向一致。茅排金矿床成矿作用可分为早晚两期, 早期金矿化是在加里东中晚期, 受韧性剪切带和混合岩化热液活动控制, 以少硫化物硅质脉为特点, 含矿脉体大多遭受到不同程度的韧性变形; 晚期金矿化受中生代燕山期构造—岩浆活动以及中基性岩脉所控制。矿化特征是网脉状硅质脉+梳状石英脉+团块状金属硫化物+围岩角砾。金属硫化物, 特别是黄铁矿与金的关系十分密切。黄铁矿的形成可分为四个阶段。第一阶段黄铁矿产于石英脉中或其附近, 自形程度高, 含金低。第二阶段黄铁矿常与磁黄铁矿、黄铜矿伴生, 沿裂隙充填, 含金性随黄铁矿的破碎程度和晚期矿化叠加而增高。第三阶段黄铁矿呈微粒集合体形式充填, 含金较好。第四阶段黄铁矿同方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿及黄铜矿呈铅灰色粉末状团块叠加在前三个阶段矿石中, 含金性最好。

茅排地区煌斑岩十分发育, 矿区内及矿区外围均有出露。根据 13 个样品的分析结果, 本区煌斑岩金丰度很高, 为 $0.012\sim 0.48\text{g/t}$, 最高可达 2.67g/t , 平均为 0.1405g/t 。有的煌斑岩本身就是低品位金矿石。本区煌斑岩与金矿化关系密切(赖绍聪等, 1993)。

矿石建造为以自然金为主的石英少硫化物类型。蚀变类型主要有硅化、绢云母化、黑云母化、黄铁矿化及碳酸盐化。矿后蚀变主要是褐铁矿化、高岭土化等。

3 茅排地区金的地球化学分布

3.1 金丰度特征

茅排金矿床赋存于震旦系周潭群变质岩中。周潭群变质岩在区域上为一富金层位, 金丰度值高(赖绍聪等, 1994)。根据金溪—南城一带 77 个周潭群变粒岩、片麻岩、片岩、变质砂岩及混合片麻岩的金含量分析结果(表 1)表明, 其金含量在 $6\times 10^{-9}\sim 23\times 10^{-9}$ 之间, 平均可达 19.9×10^{-9} 。但在茅排金矿床附近, 周潭群变质岩却存在金元素明显的负异常区。分析结果(表 2)表明, 矿区附近围岩中金含量一般在 $0.1\times 10^{-9}\sim 2\times 10^{-9}$ 之间, 平均约 0.83×10^{-9} 。从对比结果可以看到, 与区域富金层位 Au 含量(19.9×10^{-9})比较, 茅排金矿区金亏损带内周潭群变质岩的金含量(0.83×10^{-9})降低了近 19×10^{-9} 。这说明地层中确有大量活化金参与了茅排金矿床的成矿作用。根据目前的野外及室内工作, 茅排金亏损带南至泽泉、港下, 北到徐坊, 长约 15~20km, 东西宽大约在 5~6km 左右。亏损带面积大约在 $70\sim 100\text{km}^2$ 左右。说明茅排地区具有良好的找金远景。成矿元素金含量的区域性亏损带与矿化围岩和矿床构成了一个较大的成矿元素贫化—富集共轭地球化学体系。它揭示了成矿元素来自于周围的成矿元素亏损带, 从而

解决了成矿过程中物质平衡问题。而且通常成矿元素亏损带的范围要比矿体及矿化正异常范围之和的大得多(刘英俊等,1994)。

表 1 金溪—南城地区周潭群变质岩金含量($\times 10^{-6}$)
Table 1 Au contents of the metamorphic rock of zhoutan group in Jinxi-Nancheng area

岩性	样品数	金含量
变粒岩	15	0.0224
片麻岩	21	0.0171
片 岩	22	0.0206
混合片麻岩	3	0.0127
花岗片麻岩	1	0.0060
花岗伟晶岩	1	0.0160
变质砂岩	14	0.0230

表 2 茅排地区变质岩 Au、Ag 含量分析结果($\times 10^{-6}$)
Table 2 Au、Ag contents of the matemorphic rock in Maopai area

编号	岩性	Au	Ag	编号	岩性	Au	Ag	编号	岩性	Au	Ag
MF—14	斜长片麻岩	0.0005	0.26	MF—34	条带状混合岩	0.0007	0.36	MF—54	变粒岩	0.0003	0.17
MF—15	斜长片麻岩	0.0006	0.42	MF—35	条带状混合岩	0.0004	0.11	MF—55	变粒岩	0.0004	1.05
MF—16	斜长片麻岩	0.0003	0.18	MF—36	条带状混合岩	0.0009	0.33	MF—56	花岗片麻岩	0.0003	0.74
MF—17	变粒岩	0.0075	2.5	MF—37	条带状混合岩	0.0011	0.50	MF—57	混合片麻岩	0.0003	0.16
MF—18	变粒岩	0.0008	0.14	MF—38	条带状混合岩	0.0009	0.11	MF—58	混合片麻岩	0.0005	0.61
MF—19	变粒岩	0.0037	0.34	MF—39	条带状混合岩	0.0009	0.13	MF—59	混合片麻岩	0.0003	0.24
MF—20	变粒岩	0.0003	0.27	MF—40	条带状混合岩	0.0003	3.30	MF—60	混合片麻岩	0.0006	0.18
MF—21	变粒岩	0.0005	0.12	MF—41	条带状混合岩	0.0003	3.2	MF—61	斜长片麻岩	0.0009	0.54
MF—22	变粒岩	0.0015	0.13	MF—42	斜长片麻岩	0.0004	0.21	MF—62	斜长片麻岩	0.0003	0.27
MF—23	黑云片岩	0.0008	0.17	MF—43	斜长片麻岩	0.0005	2.50	MF—63	斜长片麻岩	0.0005	0.24
MF—24	黑云片岩	0.0007	0.18	MF—44	斜长片麻岩	0.0009	0.31	MF—64	斜长片麻岩	0.0004	0.11
MF—25	黑云片岩	0.0009	0.20	MF—45	斜长片麻岩	0.0005	5.00	MF—65	黑云片岩	0.0004	0.14
MF—26	黑云片岩	0.0075	0.22	MF—46	斜长片麻岩	0.0009	9.5	MF—66	黑云片岩	0.0015	0.09
MF—27	黑云片岩	0.0003	0.18	MF—47	斜长片麻岩	0.0008	0.55	MF—67	黑云片岩	0.0006	0.115
MF—28	黑云片岩	0.0003	0.66	MF—48	斜长片麻岩	0.0004	0.09	MF—68	黑云片岩	0.0005	0.12
MF—29	黑云片岩	0.003	0.66	MF—49	变粒岩	0.0003	0.87	MF—69	黑云片岩	0.0003	0.11
MF—30	斜长片麻岩	0.0015	0.12	MF—50	变粒岩	0.0003	4.90	MF—70	变粒岩	0.0003	0.09
MF—31	斜长片麻岩	0.0062	0.39	MF—51	变粒岩	0.0023	0.34	MF—71	变粒岩	0.0006	0.16
MF—32	斜长片麻岩	0.0010	4.3	MF—52	变粒岩	0.0003	0.26	MF—72	变粒岩	0.0020	0.24
MF—33	斜长片麻岩	0.0003	0.22	MF—53	变粒岩	0.0009	1.20				

由江西省地矿局中心实验室分析

在茅排地区 100km² 范围内所获得的 2800 多个土壤样金分析结果表明,本区土壤中金含量变化在 $1\times 10^{-9}\sim 3190\times 10^{-9}$ 之间,大于 100×10^{-9} 的占 0.25%,大于 10×10^{-9} 的占 1.8%,土壤中金的近似丰度为 2.56×10^{-9} 。

3.2 Au/Ag 比值特征

茅排地区变质岩围岩中 Ag 含量(表 1)明显高于其地壳丰度值(0.07×10^{-6})。变化在 $0.09\times 10^{-6}\sim 9.5\times 10^{-6}$ 之间,平均为 0.86×10^{-6} ,富集系数达 12。金银比值变化大,多数很小,平均为 2.48×10^{-3} 。Au、Ag 相关系数为 -0.054,相关性不显著。

3.3 金的分布型式

据茅排地区周潭群变质岩 188 个代表性样品 Au 分析,将其分析结果进行统计,获得金含

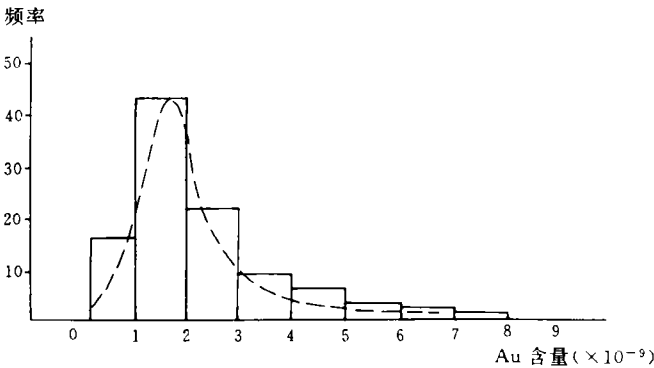


图 1 金溪—南城变质混合岩带金含量分布型式图
Fig. 1 Gold content distribution pattern of the metamorphic rock belt in Jinxi-Nancheng area

量分布型式图(图 1)。可以看出,金元素含量分布明显呈正偏高的非正态分布型式,有三峰式的特点。其中以 I 峰为主,峰值约 0.5×10^{-9} ; II 峰较小,峰值 1.2×10^{-9} 左右; III 峰最弱,为 1.8×10^{-9} 左右。统计结果表明,大于 10×10^{-9} 的样品数占 1.06%,大于 4×10^{-9} 的样品数占 6.91%,而小于 1×10^{-9} 的样品数占 75%,小于 2×10^{-9} 的样品数占 89%。显然,本区绝大多数样品的金含量介于 $0\times 10^{-9}\sim 2\times 10^{-9}$ 之间。

茅排地区土壤中金含量分布型式(图 2)呈正偏的非正态分布型式。金含量主要分布于 $0\times 10^{-9}\sim 4\times 10^{-9}$ 之间。

3.4 金与主成分的关系

茅排金矿床矿石样品的硅酸盐分析数据与金含量分析数据(表 3)表明,金与 SiO₂ 关系密切,呈正相关关系,与 Al₂O₃、TiO₂、P₂O₅、MgO、CaO、Fe₂O₃ 等组分均为负相关关系(表 4)。这反映了金成矿作用主要与石英脉密切相关。

表 3 矿石的化学成分(%)及金含量($\times 10^{-6}$)

Table 3 Chemical Composition and gold content of the ore

样 品	岩 性	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Au
WY—1	条带状混合岩	0.42	2.60	69.46	13.30	1.92	1.20	0.51	1.93	3.67	0.51	0.600	0.14	0.26	5.20
WY—2	含中细粒黄铁矿的石英脉	0.74	1.96	71.43	11.97	1.49	4.35	1.32	1.95	1.90	1.85	0.608	0.16	0.22	81.92
WY—4	混合岩	1.32	5.70	55.98	15.57	0.44	5.26	0.62	3.60	2.23	0.96	0.880	0.26	0.28	5.60
WY—7	含粉末状黄铁矿的矿石	0.38	2.16	69.82	11.82	0.32	6.56	0.65	2.18	2.86	1.66	0.600	0.17	0.16	211.32
WY—9	含粉末状黄铁矿的矿石	0.48	2.72	83.43	4.13	1.70	3.93	0.16	0.86	0.83	0.64	0.108	0.23	0.112	441.51
WY—10	含细粒状黄铁矿的石英脉	0.26	0.6	94.41	1.15	0.77	1.870	0.06	0.46	0.17	0.05	0.048	0.18	0.03	25.59
WX—12	含细粒黄铁矿的石英脉	0.16	0.86	92.84	2.32	0.92	1.54	0.26	0.49	0.29	0.41	0.120	0.14	0.13	49.06
MP—39	条带状矿石	0.14	2.88	74.11	13.23	0.90	2.23	0.70	1.14	3.10	1.29	0.30	0.05	0.10	96.42
MP—144	混合岩	0	1.25	88.10	4.41	0.57	1.87	0.49	0.75	1.12	0.76	0.07	0.05	0.16	22.07
MP—149	挤压角砾状矿石	0.59	6.31	74.98	5.88	6.47	2.08	0.46	1.21	0.96	0.58	0.38	0.05	0.02	101.06
MP—151	绿泥石化脉状矿石	0.10	1.75	67.11	9.65	4.71	0.14	9.62	2.21	1.04	9.62	0.68	0.16	0.04	32.64
MP—155	条带状矿石	0.29	1.89	66.54	15.33	0.71	5.67	0.79	3.31	3.30	1.06	0.70	0.06	0.12	44.81
Q88—6	含长英质脉的矿石	0.18	0.94	98.14	2.76	0.93	2.01	0.29	0.43	1.32	0.13	0.10	0.12	0.99	24.1
Q88—7	含细粒黄铁矿的石英脉	0.58	2.34	71.60	11.25	1.97	4.39	1.65	1.18	1.73	2.35	0.32	0.18	0.15	133.30
Q88—9	含粉末状黄铁矿的矿石	0.28	0.94	87.98	4.97	0.80	1.60	0.82	0.98	0.86	1.14	0.04	0.09	0.06	833.3
Q88—10	矿 石	0.34	252	89.47	2.92	2.57	1.20	0.27	0.68	0.83	0.21	0.92	0.08	0.10	270.80
Q88—14	中细粒块状石英脉	0.26	2.05	87.09	1.89	2.58	1.76	0.67	1.95	0.92	0.27	0.11	0.08	0.09	568.8
Q88—18	黑云角闪钠长角岩	0.14	0.96	67.98	8.12	2.44	6.12	8.81	1.52	0.36	0.10	0.11	0.33	0.16	12.1

由华东地质学院工业分析系分析

表 4 矿石中 Au 与主成分的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between Au and major elements of the ore

成分	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Au
系数	-0.033	-0.052	.393	-0.421	-0.48	-0.150	-0.222	-0.22	-0.343	-0.16	-0.351	-0.186	-.341	1

注:统计样品数为 18

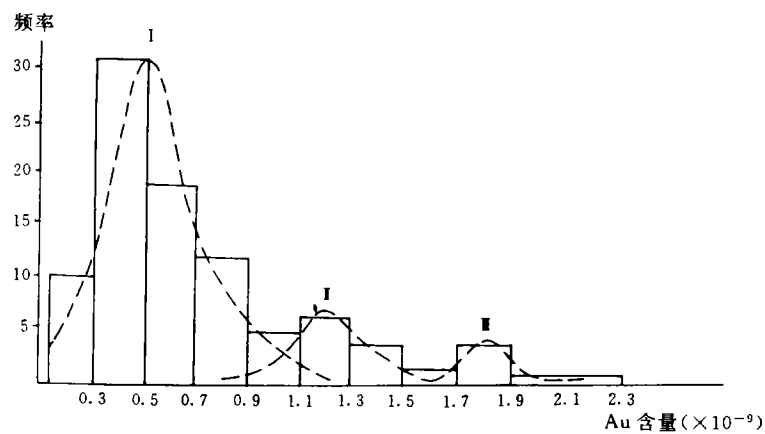


图 2 茅排地区土壤中金含量分布型式图

Fig. 2 Gold content distribution pattern of the soil in Maopai are

表 5 矿石微量元素及 Au 含量分析结果($\times 10^{-6}$)

Table 5 Au and trace element content of the ore

样号	岩 性	取样位置	Cu	Ag	Hg	Sb	Pb	Zn	Co	Ni	Ag	TFe	Au
Wy-1	条带状混合岩	K—72	300.5	1.28	0.51	0.79	19.2	83.6	12.0	25.1	0.16	4.62	5.20
Wy-2	含中细粒黄 铁矿石英脉	山 T-129 上	251.25	1.55	1.41	0.32	29.0	197.3	11.2	27.4	0.56	4.44	81.98
Wy-4	混合岩	山 T-137	503.00	1.77	0.65	0.84	52.0	425.5	17.7	67.3	0.33	8.61	5.60
Wy-5	煌斑岩	ZK—9	32.98	1.35	0.44	0.28	18.8	131.1	13.0	14.3	0.02	5.50	0.32
Wy-6	长英质脉体	山 T-101	795.5	1.57	0.52	0.32	9.5	34.4	71.1	108.3	0.16	7.84	2.00
Wy-7	含粉末状黄 铁矿石	山 T-122	482.25	2.62	0.46	0.86	23.1	178.1	27.5	32.0	1.53	5.38	11.32
Wy-8	混合片麻岩	山 T-136	115.63	3.40	0.25	0.85	0.8	40.9	7.5	13.7	0.08	2.21	5.00
Wy-9	含粉末状黄 铁矿石	山 T-122	2477.2	4.93	0.32	0.91	105	98.4	31.8	43.5	0.00	4.26	411.51
Wy-10	含细粒黄铁 矿的石英脉	山 T-102 上	242.23	3.66	0.15	0.85	60.0	262.5	11.7	11.4	0.00	2.00	25.59
W-11	石英脉	山 T-102 上	107.88	2.52	0.25	0.27	4.7	36.0	7.4	13.7	0.11	2.69	2.80
Wy-12	含细粒黄铁 矿的石英脉	徐坊	140.28	2.48	0.24	0.27	19.1	34.6	7.5	23.2	1.75	1.85	49.06

注:表中 TFe 单位为 %;其余均为 $\times 10^{-6}$ (以上样品由华东地院工业分析系分析)

4 茅排金矿床微量元素地球化学特征

茅排金矿床 11 个矿石样品的微量元素分析结果列于表 5 中。相关分析表明 Au 与 Cu 的

相关系数为 0.85;Au 与 Pb 的相关系数为 0.72;Au 与 As 的相关系数为 0.67;Au 与 Sb 的相关系数为 0.40;Au 与 Co 的相关系数为 0.20(表 6)。显然,Au 与 Cu、Pb 和 As 的相关性较好。说明 Au 成矿与硫化物关系密切。

表 6 微量元素相关系数矩阵
Table 6 Correlation matrix of the trace element

元素	Cu	As	Hg	Sb	Pb	Zn	Co	Ni	Ag	TFe	Au
Cu	1	0.61	−0.08	0.39	0.79	−0.03	0.47	0.38	−0.20	0.20	0.85
As		1	−0.51	0.53	0.62	−0.08	−0.06	−0.23	−0.11	−0.49	0.67
Hg			1	−0.25	−0.05	0.25	0.04	0.20	0.05	0.40	−0.02
Sb				1	0.51	0.43	−0.06	−0.06	−0.16	0.02	0.40
Pb					1	0.43	0.08	0.08	−0.20	0.07	0.72
Zn						1	−0.14	0.11	−0.06	0.44	−0.04
Co							1	0.88	−0.10	0.61	0.20
Ni								1	−0.06	0.78	0.04
Ag									1	−0.13	0.14
TFe										1	−0.04
Au											1

5 茅排金矿床稳定同位素地球化学特征

5.1 氢氧同位素组成

本区含矿石英脉中石英的 H、O 同位素测定结果为: $\delta D_{H_2O} = -60.49\text{‰} \sim -71.68\text{‰}$,
 $\delta^{18}O_{H_2O} = 97.33\text{‰} \sim 18.963\text{‰}$ (表 7)。茅排金矿床含金石英的 δD_{H_2O} 和 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 投影到 $\delta D_{H_2O} - \delta^{18}O_{H_2O}$ 关系图上,投影点落在典型的岩浆水和典型的变质水之间。

与辽北清源南龙王庙韧性剪切带型金矿床、吉林夹皮沟金矿、辽东桃源金矿、山东玲珑金矿、江西金山金矿和广东河台金矿等比较,其 δD_{H_2O} 和 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值大多较茅排小,投影区范围明显不同(图 3)。

表 7 氢氧同位素特征

Table 7 Characteristics of the hydrogen and oxygen isotopes

样 号	测定矿物	取样地点	$\delta D_{\text{矿物}}$	$\delta D_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (计算值)	同位素平衡 温度(℃)
87—Q ₈	石英	K—44			20.294	13.40	300
87—Q ₉	石英	K—10			16.627	9.733	300
87—Q ₁₀	石英	K—34			24.291	18.963	350
87—Q ₄	石英	岳口视下		—60.49			
87—Q ₁₀	石英	K—34		—71.68			
87—Q ₁₂	石英	K—1—2		—65.03			
JQK—4	白云母	K-4	—66.84				
JQK—34	白云母	K-34	—72.59				
JQK—41	白云母	K-44	—76.13				
JQK—10	白云母	K-10	—71.31				

由地科院矿床所分析(1987)

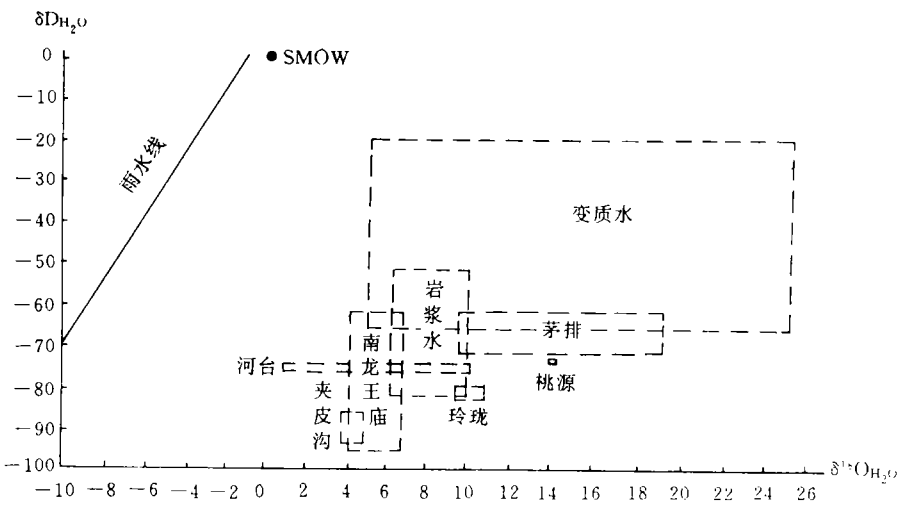


图 3 茅排金矿成矿流体氢、氧同位素组成特征

Fig. 3 Hydrogen and oxygen isotopes of the ore-forming fluids projected on the $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}-\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ diagram

5.2 硫同位素组成

茅排金矿床中黄铁矿硫同位素测定结果见表 8。六个含矿石英脉中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S} = -1.24\text{‰} \sim +4.3\text{‰}$, 平均为 $+2.99\text{‰}$, 变化范围较小。周潭群变粒岩和片麻岩的 $\delta^{34}\text{S} = -7.04\text{‰} \sim -4.33\text{‰}$, 为较小的负值。基性脉岩类 $\delta^{34}\text{S}$ 均为较小的正值。

我国产于地台基底绿岩层中的变质热液金矿床, 以硫同位素组成接近陨石硫为特点, $\delta^{34}\text{S}$ 的平均值为 $-3.1\text{‰} \sim +7.1\text{‰}$, 变化范围小于 10‰ , 与赋矿地层的硫同位素背景值比较, 矿石硫稍偏重 ^{34}S 。

表 8 茅排金矿床硫同位素特征
Table 8 Characteristics of the sulphur isotopes

样 号	岩 性	取样地点	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$
S—1	石英脉	山 T125	黄铁矿	3.2
S—2	斜闪煌斑岩	K—62	黄铁矿	6.92
S—5	斜云煌岩	茅排电站	黄铁矿	0.5
S—6	变粒岩	K—62	黄铁矿	-4.33
S—7	片麻岩	山 T125	黄铁矿	-7.09
S—8	石英脉	山 T122	黄铁矿	-1.24
S—9	闪长玢岩	茅排小溪边	黄铁矿	5.56
JQK—44	石英脉	K—44	黄铁矿	4.0
JC—44	石英脉	K—44	黄铁矿	3.8
JQK—34	石英脉	K—34	黄铁矿	4.3
JQK—1	石英脉	K—1—2	黄铁矿	3.9

由地科院矿床所分析。

另据 106 个样品的观察和分析, 茅排金矿床早期和晚期成矿作用形成的含金石英脉流体包裹体十分发育。早期成矿含金石英脉中见有纯 CO_2 包裹体, 并见部分烃类成分包裹体; 而晚期成矿梳状、破碎角砾状含金石英脉中以含 CO_2 气液包体为主; 早期成矿气液包裹体成分以 $\text{K}^+ > \text{Na}^+$ 、 SO_4^{2-} 偏高为特点, 晚期成矿气液包裹体则以 $\text{K}^+ \leq \text{Na}^+$ 、 Cl^- 偏高的特点, 表明流体成分演化具有钠转折特点, 即早期成矿流体富钾 ($\text{K}^+ > \text{Na}^+$), 晚期富钠 ($\text{Na}^+ > \text{K}^+$)。包裹体研究获得的不同成矿期物理化学参数(表 9)也反映了早期成矿流体与晚期成矿流体的差异性。

稳定同位素结果已表明, 茅排金矿床成矿流体氢氧同位素组成兼具岩浆水和变质水同位素组成特征, 说明茅排金矿的成矿流体具有多来源性, 并非单一变质水, 也非单一岩浆水。区域上茅排金矿床位于金溪—南城变质混合岩带内, 即金溪混合岩体的西侧; 矿床受控于与金溪—南城变质混合岩带总体走向一致的茅排韧性剪切带。从成矿时代看, 成矿早期的形成时代 ($370 \sim 390\text{Ma}$) 与金溪混合岩体的形成时间相近。说明茅排金矿成矿早期伴随着强烈的混合岩化作用和韧性剪切活动。混合岩化作用的实质是有流体相参与的各种形式的碱质和硅质交代作用。交代作用的结果使周潭群富金层位中的金产生活化, 并进入流体相, 形成含金混合岩化热液。

茅排金矿区周潭群变质岩中金元素亏损带的存在也说明存在着金的迁移富集。从氢氧同位素组成特征来看,成矿早期样品(Q₁₀)的 δD_{H_2O} 和 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值更接近变质水的范围。所以,成矿早期成矿流体可能主要来自混合岩化作用产生的变质热液。

表 9 茅排金矿不同成矿期物化参数一览表

Table 9 Physicochemical parameters for different mineralization epoch of Maopai gold deposit

物 化 参 数 \ 成 矿 期	成 矿 早 期	成 矿 晚 期
T (℃)	290~370	260~320
Tf(℃)*	443~550	330~385
P(MPa)	155~190	45~77
盐度(wt%NaCl)	主要为 6.5~10.5	主要为 9.3~24.3
密度(g/cm ³)	0.83	0.78
δD_{H_2O} (‰)	-71.68	-60.49~-65.03
$\delta^{18}O_{H_2O}$ (‰)	18.963	9.733~13.40
pH	5.4	5.97
Eh(V)	-0.43	-0.42
logfO ₂ (MPa)	-3.01	-3.46
$\delta^{34}S$ (‰)	-1.24~4.3	3.8~4.0

* 压力校正后成矿温度;由刘晓东测定。

成矿晚期金矿化受燕山期构造-岩浆活动及中基性脉岩控制。在早期金矿化基础上具有叠加富集成矿的特点。早期金矿化被晚期中基性脉岩切割的复合部位,往往矿化富集,形成高品位富矿石。近期研究表明(赖绍聪等,1993),富金、富挥发份的煌斑岩深源岩浆从深部向上运移过程中,与地壳内熔融的隐伏岩体相互作用,而形成富挥发份的含金岩浆热液。从表 9 可以看出,成矿晚期氢氧同位素组成更接近岩浆水的 δD_{H_2O} 和 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 范围;硫同位素 $\delta^{34}S$ 基本为正值,且变化范围很小,说明成矿晚期硫化物形成时硫的均一化程度比较高,具岩浆硫的特点。所以,成矿晚期成矿流体可能主要来自与燕山期构造-岩浆活动有关的岩浆热液。

6 结论

(1)茅排金矿床围岩——周潭群变质岩在矿区附近存在一区域性的金元素亏损带,说明成矿物质来自于周围的变质岩围岩。

(2)亏损带内周潭群变质岩中金元素具有明显的三峰式正偏高非正态分布型式。绝大多数变质岩样品 Au 含量介于 $0 \times 10^{-9} \sim 2 \times 10^{-9}$ 之间。

(3)茅排地区土壤中金含量具有单峰正偏高非正态分布型式,绝大多数土样金含量介于 $0 \times 10^{-9} \sim 4 \times 10^{-9}$ 之间。

(4)茅排金矿床金成矿主要与石英脉有关,Au 与 Cu、Pb、As 关系密切,表明金与硫化物有密切的共生关系。

(5)茅排金矿床成矿热液具有两种不同的来源,早期成矿作用中,成矿热液主要来自于地层(周潭群变质岩),为混合岩化(变质)热液成矿;晚期成矿则与燕山期岩浆活动有关,为岩浆热液成矿。

硕士研究生杨亚新、王祝文、杨沛宇、黄国夫等为本项研究做了很多工作,在此致谢!

参考文献

- 1 赖绍聪,徐海江. 江西茅排金矿区含金煌斑岩特征及其与金矿化的关系. 黄金,1993,14(8):7~11
- 2 赖绍聪,徐海江. 江西南城震旦系周潭群变质岩地球化学特征. 现代地质,1994,8(3):281~290
- 3 刘英俊.等. 湖南益阳—沅陵一带金矿床的成矿作用地球化学. 地球化学,1994,23(1):1~12

GEOCHEMISTRY CHARACTERISTICS OF THE MAOPAI GOLD DEPOSIT IN JIANGXI PROVINCE, CHINA

Lai Shaocong

(*Northwest University, Xi'an 710069*)

Xu Haijiang

(*Hebei Geological College, Shijiazhuang 050031*)

Abstract

This paper deals with the gold abundance and the distribution patterns in metamorphic rocks and soil of Maopai area. Trace elements, isotope characteristics of hydrogen, oxygen and sulphur in the Maopai gold deposit are also studied. The results show that there is a Au depleted belt in the Zhoutan group metamorphic rocks in Maopai area. That is to say, ore-forming element of the Maopai gold deposit comes from host rock-Zhoutan group metamorphic rocks. And the gold mineralization is related to quartz veins and metal sulfides. The results of hydrogen and oxygen isotopes calculation ratio show: $\delta D_{H_2O} = -60.49 \sim -71.68\text{‰}$, $\delta^{18}O_{H_2O} = 9.733 \sim 18.963\text{‰}$. In the diagram of $\delta D_{H_2O} - \delta^{18}O_{H_2O}$, the values are between magma water and metamorphic water. The Character of hydrogen and oxygen isotopes in Maopai gold deposit is different from those of Het-ai, Linlong and Jiapigou. The source of ore-forming fluid in Maopai area is rather complex. One is related to metamorphic hydrothermal. Others perhaps seriously concern with magmatic hydrothermalism.