

河南毛塘、蒲塘金矿流体包裹体地球化学特征^①

冯建忠 王书来 艾霞

(有色总公司北京矿产地质研究所, 北京, 100012)

刘克铭

(河南省南阳市黄金管理局, 南阳, 473000)

提 要 毛堂金矿和蒲塘金矿为两个产在花岗斑岩-爆破角砾岩筒中的斑岩-爆破角砾岩型复合矿床, 二者成矿地质条件和成矿特征相似, 矿化与流体沸腾、隐爆、稀释作用有关。通过流体包裹体地球化学研究和野外地质观察, 探讨了这两个矿床的成矿物理化学条件和成岩成矿中的流体演化过程。

关键词 毛堂 蒲塘 流体包裹体 金矿

1 矿床基本地质特征

河南毛塘、蒲塘金矿地处扬子地台北缘南秦岭地槽褶皱带, 商南—西峡大断裂的南侧, 荆紫关—师岗复向斜北翼, 二者相距 12km(图 1)。毛堂金矿和蒲塘金矿矿区地层分别为震旦系毛堂群绢云石英片岩、绢云绿泥千枚岩、云母石英片岩夹角闪岩和片麻岩。两矿床成矿地质特征相似, 属于斑岩-爆破角砾岩型复合矿床。蒲塘矿区所发现的 10 个和毛堂矿区发现的 3 个斑岩-隐爆角砾岩筒中都有不同程度的金矿化。矿体主要分布于爆破角砾岩筒内及其与晶屑花岗斑岩的接触带附近, 其次分布于花岗斑岩中及其与围岩接触带附近。矿体呈脉状, 沿走向和倾向矿体形态产状变化较大。矿石呈脉状、角砾状、网脉状、浸染状。矿石类型依岩性分, 主要为斑岩型矿石、斑岩角砾岩型矿石和混合角砾岩型矿石, 其次为围岩角砾岩型矿石和片岩型矿石。金属矿物以黄铁矿为主, 矿化与硅化、绢云母化、黄铁矿化、青盘岩化关系密切。金主要赋存在角砾岩的胶结物中, 成色 709.17~969.16, 为银金矿和自然金^[1]。

2 流体包裹体特征

毛堂和蒲塘金矿包体类型以气相、气液相、CO₂ 包体、多相包体为主(表 1), 其次为液相包

① 收稿日期 1997-03-30

体。包体大小为 $3 \sim 32.4 \mu\text{m}$ ，一般为 $7.2 \sim 15 \mu\text{m}$ 。这两个矿床在包体大小、包体类型、盐度、均一温度、子矿物消失温度等特征上有一定的区别(表 2)，可能反映了成矿地质环境上有一定的差异，二者虽同为斑岩-爆破角砾岩筒成矿系列，都不同程度地经历了爆破作用，但毛堂金矿靠下，趋近于斑岩型，而蒲塘金矿靠上，趋近于爆破角砾岩型。蒲塘金矿比毛堂金矿形成于更开放的环境，又有更多的大气降水加入成矿作用，这已为稳定同位素特征所证实。毛堂金矿和蒲塘金矿流体水的 $\delta^{18}\text{O}$ 分别为 -2.95‰ 和 $-3.89\text{‰} \sim 8.61\text{‰}$ ， $\delta\text{D}\text{‰}$ 分别为 -97.8‰ 和 $-35.9\text{‰} \sim -63.7\text{‰}$ 。

3 包裹体成分特征

表 3 为毛堂、蒲塘金矿各种类型矿石石英包裹体成分测试结果，矿石中石英包体成分的矿化度高(表 3)，而不含石英英脉包体成分的矿化度低，矿石含金越高，其矿化度也越高。就蒲塘矿区而言，斑岩型和角砾岩型矿石的矿化度明显高于蚀变片岩型矿石。毛堂矿区角砾岩筒外侧片岩型矿石的矿化度明显高于远外围石英英脉中包体成分的总矿化度。即从岩筒向外，矿化度降低。所以，矿化度是金矿化的良好指示剂之一。另外， CO_2 、 CH_4 变化规律性也比较强，矿石的 CO_2 、 CH_4 高于非矿石英脉，富矿石的 CO_2 、 CH_4 高于贫矿石。其它参数，如矿石的 K/Na 、 $\text{Na}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ 、 Cl/F 大于非矿岩石或富矿石的 K/Na 、 $\text{Na}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ 、 Cl/F 大于贫矿石(图 3、4)。包体成分测定结果与包体子矿物观察、盐度测定结果一致。早期富矿石含子矿物较多，盐度较高，晚期矿石包体中子矿物减少，盐度降低，这与岩浆水-大气降水对流循环系统中流体演化有关。

4 成矿物理化学条件

河南地调四队(1987)对矿体及蚀变岩中的矿物包裹体进行了测温研究，蒲塘矿区温度为 $120 \sim 340^\circ\text{C}$ 。矿体内黄铁矿爆裂温度为 $311 \sim 318^\circ\text{C}$ 。岩体外侧青盘岩化岩石中石英包裹体均

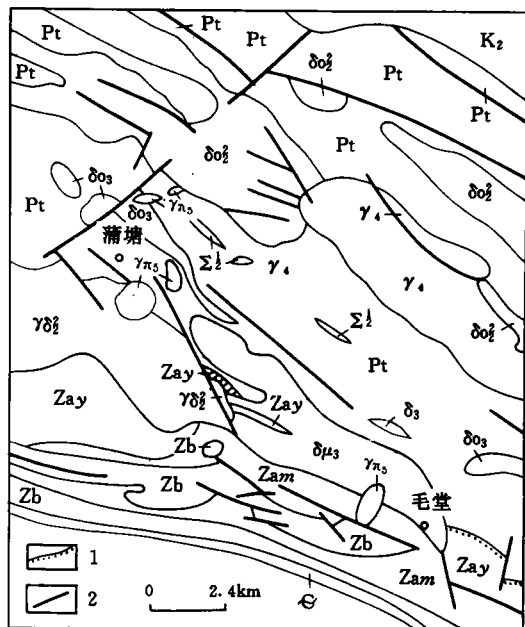


图 1 矿床地质简图

Fig. 1 Sketch map of the Maotang and Putang gold deposits.

一温度为 120~220℃。本次工作中,系统测定了毛堂、蒲塘金矿区各种类型矿石中石英的包裹体均一温度,毛堂为 200~>500℃,蒲塘为 175~>350℃(表 2)。毛堂金矿成矿温度明显高于蒲塘。在均一温度直方图(图 2,图 3)上,毛堂均一温度有多个峰,比较复杂,温度偏高。蒲塘矿区均一温度虽然也有多个峰,但比较简单,温度偏低。

表 1 毛堂、蒲塘金矿包裹体特征

Table 1 Fluid inclusions of the Maotang and Putang gold deposits

样号	包体数	包体大小 (μm)	包体类型	相比(%)	盐度 (Wt%NaCl)	均一温度 (℃)	子矿物 消失温度
M98—1	9	$\frac{7.2\sim14.4}{10.8}$	气液 多相	V:30~40 C:30	$\frac{9\sim37.59}{26}$	$\frac{295\sim420}{383}$	$\frac{167\sim295}{231}$
M115	9	$\frac{21.6\sim32.4}{27}$	气相 多相	V:30~70 C:12~30	$\frac{31.18\sim37.02}{34.27}$	$\frac{325\sim>550}{433}$	$\frac{185\sim287}{243}$
M153	11	$\frac{3\sim15}{7}$	气液、液相 多相	V:20~45 C:20	$\frac{5.1\sim40.98}{11}$	$\frac{171.7\sim451}{335}$	<342.5
M98—2	14	$\frac{5\sim18}{11}$	气液相、多相 CO ₂ 包体	V:20~30 C:5~30	$\frac{20.9\sim41.0}{34.5}$	$\frac{266\sim366.2}{303}$	$\frac{140.4\sim342.9}{282.34}$
M108	11	$\frac{5\sim14}{11}$	气液相	V:10~20	$\frac{7.3\sim11.1}{10.2}$	$\frac{200\sim265.5}{223.6}$	
P65	6	$\frac{3.6\sim7.2}{5.4}$	气液相	V:20~40	3.8	$\frac{101\sim348}{266.5}$	
P61—1	7	$\frac{5.4\sim14.4}{9.5}$	气液相	V:15~30	10.2	$\frac{283\sim355}{313.7}$	
P61—2	4		气液相	V:20~25	6.4	$\frac{300\sim350}{322}$	
P59	4	$\frac{5.4\sim7.2}{6.3}$	气液相	V:25~30	4.0	$\frac{236\sim310}{255.5}$	

V:气相,C:CO₂ 样号:M—毛堂,P—蒲塘,测定矿物:石英

由于毛堂、蒲塘金矿石英中包裹体成分属于 CO₂-H₂O-NaCl 体系,因此,溶液的 pH 值主要受 CO₂ 分压和 NaCl 溶液所控制,据公式(王真光,1988)

$$pH=K+\log \frac{\sum Ma}{PCO_2}-\log K+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\sum Ma}{PCO_2}}$$

计算得出 pH 值为 6.77~8.31,为中性—弱碱性。

Eh 值代表成矿溶液的氧化还原电位,还原参数 R 能定性地表示成矿溶液的氧化还原性质。Eh 值能定量地衡量成矿溶液的氧化还原程度。据包体成分、温度和 CH₄、H₂O、CO、CO₂ 之间的化学反应式(王真光,1988)计算得出 Eh 为 -0.67~-0.89,R 为 0.09~0.34,为还原条

件。

此外,还依据气体反应式(王真光, 1988)计算了 CO 、 CO_2 、 CH_4 逸度(表 4)^[2]。

5 成矿流体特征及流体演化过程

5.1 成矿流体特征

据包体成分测试结果,本区金矿成矿流体属于 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-NaCl}$ 体系。毛堂、蒲塘

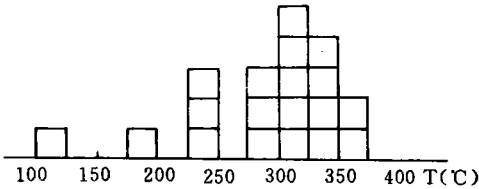


图 2 蒲塘金矿均一温度直方图

Fig. 2 Histogram of homogenization temperature of Putang gold deposit

金矿虽然都属于爆发角砾岩型矿床,但包体特征上有明显的差异。通过盐度-密度-温度图解,求得本区毛堂金矿流体密度为 0.9—1.08,蒲塘金矿流体密度为 0.7—0.9。在盐度-温度图和盐度直方图上(图 4、图 5),本区包体明显地分为两部分。一个峰代表高盐度区,另一个峰代表低盐度区。高盐度包体均一温度为 $300\text{ }^{\circ}\text{C}\sim>$

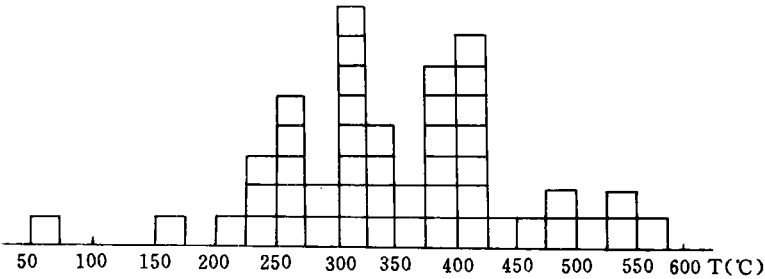


图 3 毛堂金矿均一温度直方图

Fig. 3 Histogram of homogenization temperature of Maotang gold deposit

550 $^{\circ}\text{C}$,低盐度包体均一温度为 $150\sim400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 2 毛堂、蒲塘金矿包裹体特征对比

Table 2 Comparison of fluid inclusions between the Maotang gold deposit and Putang gold deposit

特 征	毛 堂 金 矿	蒲 塘 金 矿
包体大小	包裹体较大,一般 $7\sim>15\mu\text{m}$	包裹体较小,一般 $3\sim10\mu\text{m}$
包体类型	包体复杂,类型多,常见二氧化碳包体,多相包体,气相包体	包体简单,类型少,以气液包体为主
盐 度	盐度高, $20\sim>30\%\text{WtNaCl}$	盐度低,一般 $\leq 15\%\text{wtNaCl}$
均一温度	高 $200\sim>500\text{ }^{\circ}\text{C}$	低 $175\sim>350\text{ }^{\circ}\text{C}$
子矿物	子矿物常见,子矿物较多,子矿物类型多而且复杂	子矿物较少,且以石盐子晶为主
包体形状	圆形、椭圆状、管状	椭圆状

高盐度区为 20~45wt%NaCl 当量,代表沸腾期流体盐度。低盐度区为 5~15wt%NaCl 当量,代表大气降水混入,流体稀释后的盐度。毛堂矿区为高盐度高密度、曾强烈沸腾的气水溶液,蒲塘金矿为中低盐度和密度的水溶液,其差异可能与爆发作用的方式有关。

表 3 毛堂、蒲塘金矿流体包裹体成分特征

Table 3 Chemical composition of fluid inclusions of the Maotang and Putang gold deposits

样号	矿物	气相成分($\times 10^{-6}$)					液相成分(g/l)							矿石(岩石)特征
		H ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	F	Cl	SO ₄	K	Na	Ca	Mg	
P153	石英	0.08	1.30	1.60	28.00	487.50	2.93	31.80	47.20	12.30	23.00	36.30	4.74	蒲塘斜长角闪片麻岩中石英脉型矿石
P59	石英	0.19	1.30	1.00	32.00	465.00	3.27	34.00	17.70	12.90	25.80	22.40	4.79	蒲塘花岗斑岩中角砾状矿石, 含 Aul. 92g/t
P89	石英	0.07	1.60	0.50	8.80	806.00	1.88	52.90	17.40	14.90	31.7	18.10	2.86	下蒲塘硅化含金硫化物型矿石
M9	石英	0.10	1.60	1.00	56.00	706.20	2.21	120.60	26.80	21.20	51.50	29.50	3.27	毛堂Ⅰ号岩体外围片岩中石英脉型矿石
M108	石英	0.05	1.80	0.00	8.00	532.50	9.39	27.30	7.70	6.76	22.50	31.20	4.34	大竹园毛堂群片岩石英脉(不含矿)

表 4 据包体成分计算的成矿物理化学参数

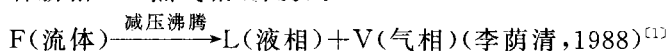
Table 4 Metallogenic physico-chemical coefficients calculated by chemical composition of fluid inclusions

样号	盐度	矿化度	pH	EH (V)	R	logfH ₂	logfCH ₄	logfCO	logfCO ₂	logfO ₂	Na/K	$\frac{Na}{Ca+Mg}$	F/Cl	CO ₂ /H ₂ O
P153	9.71	158.27	7.81	-0.89	0.22	-0.22	0.20	-3.23	0.94	-27.90	3.17	0.90	0.17	0.02
P59	10.75	121.04	6.77	-0.67	0.22	0.22	0.01	-3.23	0.99	-34.82	3.39	1.46	0.18	0.03
P89	9.09	139.74	8.31	-0.88	0.34	-0.45	-0.52	-3.44	0.22	-31.75	3.61	2.41	0.07	0.00
M9	15.65	255.08	7.14	-0.75	0.09	-0.26	-0.17	-3.40	1.07	-31.51	4.12	2.56	0.03	0.03
M108	7.82	109.29	7.46	-0.69	0.13	-0.43	-3.04	-3.28	0.34	-34.34	5.84	1.02	0.64	0.01

5.2 流体的沸腾与隐爆

5.2.1 流体的不混溶性及沸腾作用

在流体包体特征上,气相包体、液相包体、CO₂包体和多相包体共存,说明不但存在不混溶现象,而且存在着流体的沸腾现象。当饱和蒸气压与外压达到平衡时,从原来的均匀流体相中分离出另一种新相——蒸气相(沸腾):



从而使均匀的流体产生两相分离。同时存在的蒸气相和液相有可能同时分别被捕入矿物

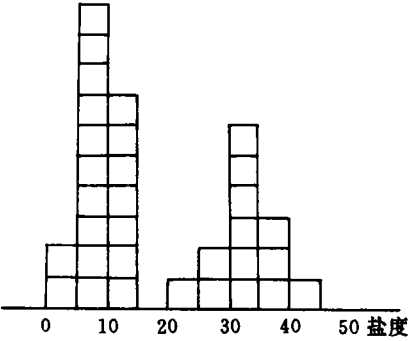


图 4 包裹体盐度直方图

Fig. 4 Histogram of salinity

(1)流体内部压力增大。岩浆期后分离出来的流体相最初处于超临界或临界状态,它们向岩体顶部运移集中,当其大量聚集时就会产生巨大的机械能,造成流体内部压力急剧增大。一旦内压超过围岩静压数倍时,便有可能导致岩体顶部爆破,此时不可避免地会伴随着流体沸腾现象(毛堂)。

(2)构造作用引起围岩破裂,造成外压降低,形成的各种裂隙成为一个半开放体系。当高温高压的均匀流体相运移至这种低压环境时,压力突然释放,导致流体沸腾(蒲塘)。

本区这两种因素都有,首先是流体内部压力的增大,引起隐爆,浅部隐爆后形成大面积角砾岩和各种裂隙,又为第二次隐爆提供了条件,即提供了一个半开放体系。这种多次隐爆具有序次迭加的特点。

隐爆作用所伴随的流体沸腾对成矿做出了积极的贡献,因为沸腾导致了溶解于流体中的矿物质发生沉淀,有利于金属矿物的富集成矿。

包裹体内,形成气相百分数相差十分悬殊的两类包裹体共存。但由于它们同时被捕获,其捕获温度相同。由于减压沸腾,蒸气相不断分出,必然造成溶液中盐度增大,当盐度达到过饱和时,流体包裹体内便结晶出相应的子晶(NaCl、KCl等),从而形成多相包裹体,因此,富液相的气液包裹体、富气相的气体包裹体和多相包裹体三者共存。

5.2.2 隐爆作用

毛堂金矿温度很高($>550^{\circ}\text{C}$),这是引起沸腾的先决条件。此外,压力释放也是引起沸腾的先决条件,也是隐爆作用的主要方式,隐爆作用与流体沸腾是在时间上和成因上紧密相关的。本区存在多期隐爆作用,压力释放存在多种途径,最主要的有两种:

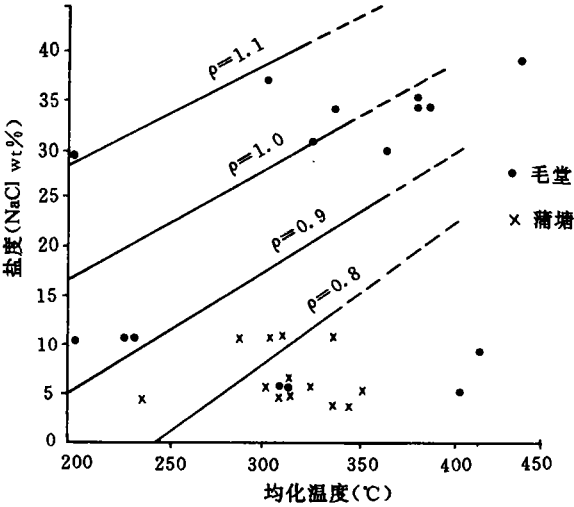


图 5 包裹体盐度-温度关系图

Fig. 5 Diagram of salinity vs. temperature

6 成岩成矿及热流体演化过程

根据以上的讨论,将成岩成矿过程中的流体演化分为四个阶段。

(1)成岩阶段

本区与成矿作用有关的岩浆岩是花岗斑岩,是多次侵位的复式杂岩体。燕山期同熔花岗质岩浆富含 H_2O 和少量 CO_2 等挥发组分,在近 $1000^\circ C$ 高温高压下,沿断裂侵位于毛堂群和陡岭群变质岩系中。在岩浆作用的晚期,其内流体不断向上运移集中。至 $700\sim 800^\circ C$,从熔融体中分离出来形成独立的流体相,此时,熔融体与流体相共存。流体相初始阶段呈临界、超临界状态,具有较高的温度,较低的盐度和密度。随着温度下降至 $700^\circ C$ 左右,熔融体固结,流体相聚集,转变为岩浆期后流体。 $600\sim 700^\circ C$ 时,在岩体边部、顶部产生钾长石化和钠长石化,形成钾化、钠化蚀变岩。由于早期含钾、钠等硅酸盐矿物的分解,使一部分 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子转入溶液相,并使流体的盐度逐渐增大。

(2)隐爆-流体沸腾阶段

聚集于岩体顶部的岩浆期后

热流体,势必造成内压升高,当内压超过围岩静压数倍时产生巨大的机械能(毛堂)或突然进入浅部半开放体系(蒲塘),致使岩体顶部强烈隐爆,构成一低压场所,从而产生流体沸腾。正是这一沸腾状态的热流体在 $300\sim 550^\circ C$ 的高温下使钾长石重新分解,成为白云母、绢云母等,产生的绢云母化迭加于钾化、钠化蚀变岩之上。此时,因金属离子转入溶液相和沸腾等因素,使流体的盐度加大,可达 $25\sim 45wt\% NaCl$ 。又因顶部岩石隐爆,岩浆热流体与大气降水局部产生对流循环,又使流体的盐度、温度降低,密度增大。当温度降至 $250\sim 400^\circ C$,压力 $4\times 10^7 Pa$ 时,盐度为 $5\sim 15wt\% NaCl$, $NaCl-H_2O$ 溶液密度 < 9 ,溶液为弱酸性($pH=6.77$),产生绢云母化、硅化

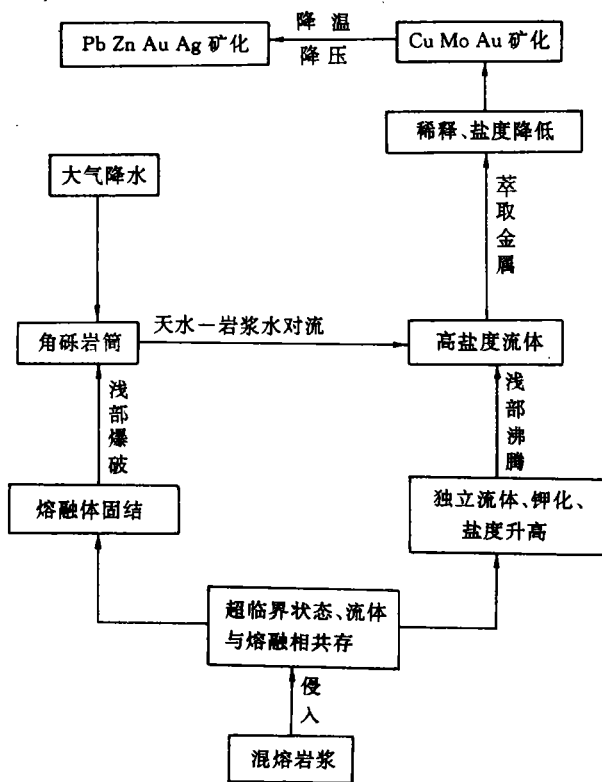


图6 毛堂 蒲塘金矿流体演化模式

Fig. 6 Modeling of fluid evolution of Maotang and Putang gold deposits

等蚀变。

(3) 高温含矿热液期

流体沸腾后期,含矿热流体沿岩体中裂隙及其接触带角砾岩中充填和交代成矿。此时,因与大气降水对流循环,热流体中除少量岩浆水外,天水已大量渗入。地下水的加入,流体稀释是本期成矿的先决条件,形成 Cu、Mo、Au、(Bi、Sn)等矿化,本期氧逸度较高。

(4) 中低温富矿热液期

强烈的流体沸腾—盐度升高—大气降水渗入、流体稀释和盐度降低后,成矿流体从高温气水溶液转为中温热水溶液。此时不再是交代充填混合成矿,而是进入平静的降温降压阶段,以裂隙充填成矿为主。主要是由于温度、压力的缓慢降低,Cl⁻、HS⁻浓度降低,使络合物分解成矿。流体演化模式如图 6 所示。

参考文献

- 1 马建忠,河南毛堂、蒲塘金矿成矿地质特征及成矿模式,地学探索,1996,(12)
- 2 李荫清,流体包裹体在矿床学和岩石学中的应用,北京科学技术出版社,1988

GEOCHEMISTRY CHARACTERISTICS OF FLUID INCLUSION OF THE MAOTANG AND PUTANG GOLD DEPOSITS, HENAN

Feng Jian Zhong Wang Shulai Ai Xia

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, CNNC, Beijing, 100012)

Liu Keming

(Nanyang Administrative Bureau of Gold Mine, Nanyang, 473000)

Abstract

The Maotang and Putang gold deposits hosted by granitic porphyries and explosive breccia pipes are genetically related to boiling, explosion and dilution of fluid. According to the geochemistry of fluid inclusions and field observations the mineralizing physico-chemical condition and fluid evolution process are studied.

Key Words: Maotang Putang fluid inclusion gold deposit