

湖南沅陵马娘洞金矿金的赋存状态

罗献林 欧锦秀 费天伟
(桂林工学院 541004) (中南地勘局 306 大队地勘公司)

摘 要 该矿床为低硫化物含金石英脉矿床, 自然金为矿床唯一金矿物, 其成色高达983.34‰~984.10‰; 细粒金 ($0.037 \sim \geq 0.01\text{mm}$) 占29%, 微细粒金 ($< 0.01\text{mm}$) 占66%, 巨、粗粒金罕见; 自然金的赋存状态以粒间金居多 (占67.1%), 次为包裹金 (占26.6%), 而裂隙金少见 (占4.3%); 产出形态以浑圆粒状 (占38%)、尖角粒状 (占25.4%)、枝叉状 (占15.2%) 居多、角粒状、麦粒状和针状少见。

关键词 自然金; 赋存状态; 湖南; 沅陵
分类号 P578.11; P585.1; P575.1; P572

湖南省沅陵县黄壤坪乡马娘洞金矿 (现称永发金矿) 因选矿回收率极低, 故查明金的赋存状态, 检验现有选矿流程的合理性, 是本研究的目的。其内容包括: 查明矿床金矿物的种类、成色; 基本查明金矿物在不同矿物中的分配及颗粒度; 基本查明金的赋存状态及嵌布形式。

1 矿区地质情况简介

马娘洞金矿位于湖南沅陵县黄壤乡蒿子溪。大地构造位置位于江南古陆的武陵隆起与雪峰隆起之间的次级隆起区——柳林叉金矿带南部的黄壤坪背斜北翼。其出露地层为元古界板溪群五强溪组浅变质岩。该矿带受北东东向复式褶皱断裂带控制, 长60km, 宽25km, 矿带内金矿点及矿化点成群成带出现 (不下50个), 虽因脉薄及品位变化太大, 至今尚未发现工业矿体, 但长期以来民采极盛, 当地群众受益良多。

该矿现有主矿脉2条 (I、II号), 并均为整合型的层间石英脉, 其上盘产状清晰稳定, 下盘为细脉带 (包括与主脉平行的张裂充填脉, 不同产状脉组成的网脉等)。现有的174m中段和130m中段已大致控制I、II号脉矿化体的走向与延深, 其中I号脉矿化体长60m, 倾斜延深110m, 产状 $350^\circ \angle 30^\circ$ (174中段) 和 $335^\circ \angle 26^\circ$ (130m中段), II号脉矿化体长30m, 倾斜延深70m, 产状 $340^\circ \angle 38^\circ$ (174中段) 和 $338^\circ \angle 25^\circ$ (130中段); I、II号脉矿化体相距60m (174中段) 和85m (130中段), 呈叠瓦状产出。矿化体中有益矿物为自然金, 金属矿物主要有黄铁矿 (从粗粒—细粒均有), 另有极少量方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、毒砂, 硫化物含量约占3%~5%; 脉石矿物主要是石英, 次为方解石、正长石及少量、钾长石、斜长石、绿泥石。硅化、黄铁矿化、方铅矿化与金矿化关系密切。矿石类型以条带

1997年9月5日收稿。

第一作者简介: 罗献林, 男, 1937年出生, 高级工程师, 矿床学专业。

状、块状、细脉状为主，角砾状少见。其中条带状矿石靠近矿脉上盘，块状矿石一般位于中部，而细脉状矿石多在矿脉中下部。

本区肉眼可见金 ($\geq 0.2\text{mm}$ 左右) 罕见，绝大部分可能为肉眼不可见的细粒金或微细粒金。

2 金的成色测定

本区金矿物经反光显微镜测定确认后进行电子探针分析结果，其为高成色（达 983.4‰和 984.1‰）的自然金，含银及其它杂质很少（表 1），较柳林叉金矿带中的金银池和合仁坪金矿的自然金成色还高。

表 1 马娘洞金矿金的成色测定统计

Table 1 Determination of the fineness module of gold in Maniangdong gold mine					
序 号	地 点 及 岩 性	测定结果 (%)			测定方法及测试单位
		Au	Ag	Cu	
12-1	PD-1、II 号脉上部条带状黄铁矿化石英脉	98.34	1.65	< 0.01	电子探针分析，有色矿产地质研究院电探室庄世杰测定，1997.8
12-2		98.41	1.58	< 0.01	
1	柳林叉金银池金矿 ^[1]	95.60	4.38	< 0.01	电子探针分析，有色矿产地质研究院，1981
2	柳林叉合仁坪金矿 ^[2]	97.00	0.46	2.54	

3. 自然金的形态与粒度测定

3.1 自然金形态与粒度划分方案

按选矿工艺要求，本文采用如下自然金的形态及粒度划分方案^[2]。

3.1.1 自然金的形态分类 自然金的形态是选择选矿方法的重要因素，如粒状金适合重选，片状金适宜于浮选等。本文自然金形态分类方法按表 2 所述。

3.1.2 自然金的粒度分级 巨粒金

表 2 自然金的形态分类方案^[2]

Table 2 Classification scheme of shapes of native gold			
延展率	边界浑圆	边界平整棱角明显	边界不平整有尖角分叉
1~1.5	浑圆粒状	角粒状	尖角粒状
1.5~3	麦粒状	长角粒状	
3~5	叶片状	板片状	枝叉状
>5		针状	

适合重选；粗中粒金适合混汞法；氰化和硫脲法适合细粒金；而微细粒金主要适合浮选法等。据此，本文按选矿工艺要求，将自然金的粒度分为以下 5 级^[2]：

(1) 巨粒金： $> 0.295\text{ mm}$ ；(2) 粗粒金： $0.295 \sim > 0.074\text{ mm}$ ；(3) 中粒金： $0.074 \sim > 0.037\text{ mm}$ ；(4) 细粒金： $0.037 \sim 0.01\text{ mm}$ ；(5) 微细粒金： $< 0.01\text{ mm}$ 。

3.2 自然金的形态与粒度测定结果

3.2.1 自然金的形态测定 据光片测定和电子显微镜测定结果，其不同形态自然金的产出情况如表 3 所述。本区自然金的形态以浑圆粒状、尖角粒状为主，次为枝叉状、角粒状和麦粒状，叶片状及针状罕见。

3.2.2 自然金的粒度测定

表 3 马娘洞金矿自然金形态统计

据光片及电子探针扫描结果

Table 3 Native gold shapes in Maniangdong gold mine

(表 4) 可知:

①本次反光镜下所确定的

微细金粒度变化为 0.009 ~

自然金形态	浑圆粒状	角粒状	尖角粒状	麦粒状	叶片状	枝叉状	针状
颗粒数	30	8	20	5	2	12	2
所占 %	38	10	25.4	6.4	2.5	15.2	2.5

0.0004 mm，其中以 0.001 ~0.005 mm 者居多，粗粒金在石英中粒度变化为 0.09 ~0.075 mm，在方铅矿中则为 0.09 ~0.18 mm；

②自然金在各种矿物中的粒度以微细粒为主（占 66%），次为细粒金（占 29%），而粗粒金仅占 5%，巨粒金与中粒金未见；

③自然金在不同矿物中的赋存颗粒数依次为：石英（占 53.1%）—黄铁矿（占 33%）—毒砂（占 6%）—方铅矿（占 6.3%）；

④黄铜矿、闪锌矿因在本次光片鉴定中十分罕见，所见者亦未发现≥0.0004 mm 的自然金。

表 4 马娘洞金矿自然金在不同矿物中的粒度分布

载金矿物	粗 粒		细 粒		微细粒		合 计	
	0.295 ~≥0.074 mm		0.037 ~≥0.01 mm		< 0.01 mm			
	粒数	所占比例 (%)	粒数	所占比例 (%)	粒数	所占比例 (%)	粒数	所占比例 (%)
石 英	2	4.7	12	28.6	28	66.7	42	53.1
黄铁矿			7	27	19	73	26	33
毒 砂			1	16.7	5	83.3	6	7.6
方铅矿	2	40	3	60			5	6.3
合 计	4	5	23	29	52	66	79	100

4 自然金的赋存状态

在本次测定的全部样品中，粒径≥0.2 mm 肉眼可见的自然金没有出现（镜下见最大一粒为 0.18 mm），经现场调查观察，在 I、II 号脉的矿化体中，肉眼可见的自然金也是微乎其微。镜下所见，绝大多数为细粒或微细粒金。其粒径变化在 0.037 ~0.0004 mm 之间。据采自该矿选厂溜槽中的一个样品（原样）进行重砂鉴定，其黄铁矿占 60%，粒度为 0.2 ~0.4 mm，其余 40%为造岩矿物（石英、方解石等），镜下观察亦未见自然金，但经原子吸收分析其金品位达 13.9 g/t。证明自然金粒度主要为细粒、微细粒存在于黄铁矿或石英中。

据电子探针测试结果，硫化矿物的主要元素组成如表 5 所述。由于电子探针对金的测试灵敏度>10⁻⁵，故本次各硫化矿物金的含量实为 ≈10 g/t。与选厂溜槽中黄铁矿的原子吸收分析结果近似。

4.1 其它金属矿物

经镜下鉴定，除自然金外，本区金属矿物以黄铁矿为主，方铅矿、闪锌矿、毒砂少见，而斑铜矿、黝铜矿、白铁矿、褐铁矿罕见。

黄铁矿：FeS₂含 Fe 46.5%，S 52.85%，Co/Ni=0.60，多为立方体，少部分为五角十二面体，多呈自形、半自形或它形粒状产出，粒径大者达 2cm 或更大，一般为 1 ~5mm，普遍

表 5 马娘洞金矿硫化矿物电子探针分析结果

Table 5 Electric probing analysis of sulphide minerals in Maniangdong gold mine

样号	矿物名称	Fe	S	Au	Ag	As	Cu	Co	Ni	Pb	Zn	Mn
Y II—8	黄铁矿	46.50	52.85	≈0.001	0.002	<0.01	0.12	0.06	0.10	0.01	<0.01	0.25
	方铅矿	0.20	13.50	≈0.001	1.05	0.30	0.05	<0.01	<0.01	84.15	0.06	0.03
	黄铜矿	31.00	34.78	≈0.001	0.001	<0.01	34.30	0.03	0.04	<0.01	0.01	0.10
	铁闪锌矿	24.00	33.45	≈0.001	0.001	0.02	0.01	0.02	0.02	0.12	42.85	0.13

测试单位: 有色总公司矿产地质研究院电探分析室 庄世杰, 1997. 8

具压碎结构, 多呈粒状, 或脉状分布于石英脉及其上下盘蚀变围岩中, 而靠近石英脉上盘则多呈条带状产出, 构成条带(纹)状矿石, 是含金的主要矿石类型。

方铅矿: PbS, 含 Pb 84.15%, S 13.5%, 它形粒状, 一般粒径 0.002~0.12 mm, 产于石英或黄铁矿中, 亦有少数沿黄铁矿裂隙充填, 并交代黄铁矿, 含 Ag 1.05%。

铁闪锌矿: 含 Zn 42.85%, S 33.45%, Fe 24.00%, 它形粒状, 一般粒径 0.015~0.22 mm, 分布在石英及黄铁矿中, 有的充填在石英或黄铁矿的裂隙中。

黄铜矿: CuFeS₂ 含 Cu 34.30%, Fe 31.00%, S 34.78%。它形粒状, 一般粒径 0.04 mm 左右, 产于石英中, 亦有充填在黄铁矿或方铅矿裂隙中, 并常与斑铜矿、黝铜矿共生。

毒砂: 它形粒状, 粒径多<0.05 mm, 半自形晶, 与黄铁矿共生。

4.2 自然金的赋存状态

(1) 本区自然金在相关矿物中的赋存状态以粒间金居多(67.1%), 次为包裹金(26.6%), 而裂隙金少见(表 6)

(2) 显微镜下所见自然金的形态特征主要有以下 6 种:

表 6 自然金的赋存状态

Table 6 The existence states of native gold

赋存状态	粒间金		包裹金		裂隙金	
	颗粒数	所占 %	颗粒数	所占 %	颗粒数	所占 %
统计值	53	67.1	21	26.6	5	6.3

①呈枝叉状产于石英的粒间, 粒径达 0.075 mm, 呈尖角状或它形粒状产于石英粒间, 同时延伸到石英与闪锌矿的粒间(照片 1);

②呈浑圆状, 角粒状等(粒径 0.005~0.01 mm)产于石英粒间;

③呈枝叉状、尖角状(粒径 0.18~0.09 mm)在方铅矿与石英粒间产出;

④呈浑圆状(粒径 0.022~0.012 mm)或尖角状在黄铁矿中呈包裹金产出, 并与方铅矿连生(照片 2);

⑤呈尖角粒状或叶片状产于黄铁矿裂隙中;

⑥呈叶片针状产于方铅矿与石英有粒间;

⑦呈枝叉状、尖角状或针状产于毒砂与石英的粒间。

(3) 电子探针扫描结果

自然金的 X 射线面分布图像、二次电子图像和 Au、Ag 的 X 射线扫描图像如照片 3、4、5、6。本区自然金以细粒、微细粒金占绝对优势。如 Y II-8 号样光片经显微镜下观察(放大到 50~500 倍)所见的黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿中均未发现自然金, 而对上述矿物进行电子探针分析结果, 亦未发现金的高富集点(Au 含量小于或近于 10 g/t), 电探扫描

亦未发现超显微金，说明其存在超显微的机械混入的包体金可能性很小。即使有，其所占比例亦应在 5% 以下或更小。

5 初步结论

(1) 矿床为整合型层间含金石英脉矿床，金属硫化矿物约占 3%~5%，主要是黄铁矿，其余方铅矿、毒砂、黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿，白铁矿少见或罕见，脉石矿物为石英、方解石和正长石。

(2) 本区金矿物为单一的自然金，其成色特高 (983.34‰~984.10‰)，与雪峰古陆众多金矿床(点)的高成色自然金 (950‰~998.5‰) 特征相一致，其为本区唯一有用的矿物。

(3) 自然金以细粒 (0.037~≥0.01 mm) 和微细粒金 (<0.01 mm，本区为 0.01~0.0004 mm) 为主 (合占 95%)，巨、粗粒金少见，中粒金未见。因而解决了细粒和微细粒金的选矿回收问题，巨、粗、中粒金的选矿回收自然迎刃而解。

(4) 自然金在不同矿物中的赋存颗粒数自高而低依次为：石英 (占 53.1%)—黄铁矿 (占 33%)—毒砂 (占 7.6%)—方铅矿 (占 6.3%)，而对闪锌矿和黄铜矿等硫化矿物，亦应注意综合回收金。

(5) 自然金的赋存状态以粒间金居多 (占 67.1%)，次为包裹金 (占 26.6%)，裂隙金 (占 6.3%) 少见。其产出形态则以浑圆粒状 (占 38%)、尖角粒状 (占 25.4%)、枝叉状 (占 15.2%) 居多，而角粒状 (占 10%)、麦粒状 (占 6.4%) 和针状 (占 2.5%) 少见。

(6) 经电探扫描，<0.0004 mm 的超显微金即使存在，其量亦微。

本次研究已基本查明金的赋存状态及矿物组成。本区矿石应属简单易选，无有害组分的矿石，但品位可能较低，规模小。而原有选矿回收率极低的原因可概括为：①现有的 I、II 号矿化体金的品位低，变化大；②出窿矿石、废石未分开，进入选厂又未经手选，入选品位显然远低于矿体原始品位；③原有选矿流程套用巨粒、粗粒金设计生产，对细粒金、微细粒金无法回收；④本区巨、粗粒金极为罕见，回收率低应属正常。

改变现有选矿方法，而选用新的选矿方法应考虑以下因素：①适合本区的细粒金、微细粒金为主的矿石类型；②品位低 (3~5 g/t)，规模小的矿床特点；③采用的设备及方法要简单，投入低，见效快；④无污染，可就地产金者。

为此，特推荐 SGO 渗滤氰化技术作为本区选治方法，供矿方参考。

中南地勘局 306 队地勘公司谭黎明等参加了野外工作，顺此致谢。

照 片 说 明 (照片见下页)

1	2
3	4
5	6

- 照片 1 尖角状或它形粒状自然金 (白色者) 产于石英中，并延伸到石英与闪锌矿 (Sp) 粒间 (标本号 YII—4 单偏光×150)
- 照片 2 自然金 (Au) 呈浑圆状赋存在黄铁矿 (Py) 中，并与方铅矿 (Gn) 连生 (标本号 YI—5 单偏光×150)
- 照片 3 自然金 X 射线面分布图像 (标本号 YII—4 电子探针扫描 ×1200)
- 照片 4 自然金的二次电子像和 Au、Ag 的 X 射线线扫描图像 (标本号 YII—4 电子探针扫描 ×1200)

照片 5 自然金的二次电子图像 (标本号 YII-4 电子探针扫描 $\times 500$)

照片 6 自然金的 X 射线面分布图像和 Au Ag 的 X 射线线截面图像 (标本号 YII-4 电子探针扫描 $\times 500$)

参 考 文 献

- 1 罗献林, 钟东球, 李高生. 湖南省沃溪式层控金矿地质. 北京: 地质出版社, 1996. 53~54
- 2 黄振卿. 简明黄金实用手册. 长春: 东北师范大学出版社, 1991. 18~20

THE EXISTENCE STATE OF GOLD IN MANIANGDONG GOLD MINE, YUANLING, HUNAN

Luo Xianlin Ou Jinxiu

(Guilin Institute of Technology)

Fei Tianwei

(NO.306 Brigade Company of Geological Exploration, Central South Bureau of Geological Exploration)

Abstract This ore deposit is a lowsulfide gold-bearing Quartz-vein deposit. The native gold is an only gold mineral of this ore deposit, the fineness modalue of which is high as 983.34‰~984.10‰, Fine-grained gold (0.037~ ≥ 0.01 mm) consists of 29%, micro-fine-grained gold (< 0.01 mm) consists of 66%, and macrograined and coarse-grained gold is rare. Intergranular gold occurs predominately (67.1%) in the existence state of native gold, the next is in the form of inclusion (26.6%), and fissure gold is rare (6.3%). The occurring shape is mostly perfectly round-granular (38%), sharply angular-granular (25.4%) and branch (15.2%), but breccia and wheat-granular and acicular shape is rare.

Key words native gold; existence state; Hunan; Yuanling

中国大陆向东移动

以中科院院士叶叔华为首席科学家的我国科研人员, 经研究证实, 中国大陆在印度等板块的作用下正向东移动。

科学家利用卫星激光测距、全球定位系统等现代空间技术, 首次测定以上海为代表的中国东部地壳, 相对于欧亚板块稳定部分存在水平移动, 速率为每年 7~8mm, 方向朝东略微偏南。

根据实际测量资料, 科学家们验证了这样的推断: 处于欧亚板块形变地区的上海地区, 是在印度板块对青藏高原的挤压作用下, 发生向东偏南水平运动的。

综合全球资料, 这些科学家进一步发现, 从总体上来说, 美洲和亚洲正在缩短距离。

我国科技人员的监测结果还表明, 上海地区存在每年约下沉 1mm 的运动趋势。