

# 天马山硫金矿床金的赋存状态及分布规律

吕俊武, 夏元法

(铜陵有色金属(集团)公司, 铜陵 244001)

[摘要] 矿床中金主要以独立矿物相存在, 少数为细粒分散相, 金的载体矿物主要有黄铜矿、毒砂、黄铁矿、综合脉石和磁黄铁矿等, 金矿物主要为自然金、银金矿, 平均成色 745.57。金的嵌布类型有粒间金、包裹金、裂隙金 3 种。金在矿石中及不同矿体中的分布不均匀, 金与硫、金与砷的相关性因矿体类型及矿石类型的不同而有差异。

[关键词] 金的赋存状态 分布规律 硫金矿床 天马山

[中图分类号] P618.51 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)03-0029-03

## 1 矿床地质概况

天马山硫金矿床位于铜官山矿区, 和著名的铜官山矿床相毗邻。矿区内发育志留纪至三叠纪地层, 一系列 NE 向与 NW 向断裂具多期活动特征, 对岩体及矿体均具有明显控制作用。与矿床有成因联系的岩体为燕山期、中浅成相侵入的天鹅抱蛋山石英闪长岩体。矿带长 1400 m, 宽 1200 m, 赋矿层位自上泥盆统五通组顶部至下二叠统栖霞组底部, 矿体主要赋存于其间的 C<sub>2</sub>h<sub>1</sub> 白云岩段、C<sub>2</sub>h<sub>2</sub>~P<sub>1</sub>q 的灰岩段及岩体与围岩的接触带, 分别形成了层控夕卡岩型、热液型和夕卡岩型矿体。不同岩层或岩性间的层间断裂为主要控矿、容矿构造。矿床成份以 Au、S 为主, 并伴有 Cu、Pb、Zn、Ag、As 等元素, 是一大

型的硫金矿床。

## 2 矿石的物质成份

### 2.1 矿石的化学成份

利用从矿体中所取组合大样进行化学分析得: Au: 2.14 × 10<sup>-6</sup>, S: 27.42%, 与勘探报告中矿床平均品位 Au: 2.22 × 10<sup>-6</sup>, S: 29.80% 相差不大。

### 2.2 矿石的矿物成份

矿石的矿物成份较复杂, 金属矿物及脉石矿物共 60 余种(表 1)。经显微镜鉴定、化学分析等综合研究, 得各矿物的重量百分含量为: 磁黄铁矿 58.5%、黄铁矿 17.5%、胶黄铁矿 3.7%、毒砂 1.8%、磁铁矿 1.3%、黄铜矿 0.4%、脉石及其它矿物为 18.1%。

表 1 矿石矿物成分分类表

分类	主要	次要	少量	微量
金属矿物	磁黄铁矿、黄铁矿、自然金	毒砂、胶黄铁矿、银金矿	闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、白铁矿、磁铁矿、菱铁矿	自然铋、辉铋矿、赤铁矿、方黄铜矿、碲铋矿、辉碲铋矿、硫碲铋矿、叶碲铋矿、碲碲铋矿、辉铅铋矿、黝铜矿、含铁黝铜矿、墨铜矿、含锌银黝铜矿、辉碲银矿、辉钴矿、碲钴矿、辉砷钴矿、斑铜矿、辉铜矿、金银矿、自然银、铜兰、褐铁矿
脉石矿物	白云石、方解石、滑石	蛇纹石、石英、硅镁石、粒硅镁石	绿泥石、石榴石、透辉石、透闪石、金云母、斜硅镁石、镁橄榄石	磷灰石、桐石、红柱石、十字石、玉髓、黑云母、绿帘石、高岭石、绢云母、硅灰石、长石、斜黝帘石、符山石

### 2.3 矿石类型

工业类型: 根据矿床的矿物组分、化学成份、元素储量和目前矿山已采用的选冶工艺, 主要划分为硫金型、单硫型和单金型矿石。

自然类型: 根据矿石主要含硫矿物组成并结合构造特征, 可分为磁黄铁矿矿石、黄铁矿矿石、磁黄铁矿黄铁矿矿石、胶状黄铁矿矿石、浸染状硫铁矿矿石。

为黄铁矿、综合脉石、闪锌矿、胶黄铁矿、磁黄铁矿。金矿石的磁黄铁矿、黄铁矿、综合脉石含金均高于硫金矿石和硫矿石的相应矿物。

表 2 各矿石类型单矿物分析结果表

单矿物名称	单硫矿石			金矿石			硫金矿石		
	Au	Ag	As	Au	Ag	As	Au	Ag	As
磁黄铁矿	0.07	4.50	0.034	0.47	4.02		0.22	4.39	0.051
黄铁矿	1.20	13.50	0.939	2.80	11.30		1.81	12.66	0.676
毒砂				30.00	18.50		32.01	18.50	46.40
胶黄铁矿							0.27	1.44	0.071
闪锌矿							0.32	11.00	0.019
综合脉石	0.07	2.00	0.002	0.91	2.0	0.007	0.39	2.00	0.004
黄铜矿夹单体金							92.80	226.40	

注: 单矿物粒度 +0.04 mm ~ -0.20 mm。

## 3 金的赋存状态

### 3.1 金的载体矿物

金在各单体矿物中的含量如表 2。从表 2 可知, 含金量最高的为黄铜矿, 其次为毒砂, 其余依次

### 3.2 矿石金的平衡配分

从金在矿石矿物中的平衡配分结果(表 3)可

知,矿石中金主要分配于游离金矿物,其分配率达 46.40%,其次是毒砂,分配率为 20.05%,其余依次为黄铜矿、黄铁矿、综合脉石、磁黄铁矿,分配率分别为 12.99%、8.93%、5.98%、5.37%。

表 3 金平衡配分结果表

矿物相	矿物量 (%)	分配率 (%)	
		各别	累计
磁黄铁矿	52.30	5.37	5.37
黄铁矿	10.53	8.93	14.30
胶黄铁矿	1.54	0.19	14.49
毒砂	1.34	20.05	34.54
闪锌矿	0.55	0.09	34.63
黄铜矿(含游离金)	0.30	12.99	47.62
脉石(含微量金属矿物)	33.44	5.98	53.60
游离金矿物		46.40	100.00

3.3 矿石中独立矿物金和分散金的比例

经对磨矿细度 - 0.071 mm 占 81% 的组合样进行物相分析,证明天马山硫金矿床中金主要以独立矿物相形式存在,其中 1 μm 的独立矿物金占 92.71%, < 1 μm 的细粒分散金占 7.29% (表 4)。

对主要金属硫化物磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂进行相态测定(表 5)表明,磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂中金基本以独立矿物金(残渣金)为主,细粒分散金(溶液金)占少数。

因此,矿床中的金基本以独立矿物相存在,仅少量以细粒分散状态存在。

3.4 独立矿物金

3.4.1 金矿物的形态特征

通过对光片中发现的 216 颗金矿物进行形态统

表 6 原生金矿嵌布特征表

嵌布类型 矿物名称	裂隙金				包裹金					粒间金			
	毒砂	黄铁矿	磁黄铁矿	小计	毒砂	黄铁矿	磁黄铁矿	黄铜矿	脉石	小计	金属矿物	脉石与金属	小计
颗粒数	29	11	8	48	69	7	13	2	46	137	32	28	60
分布率 (%)	对各类别				对总金矿物					对总金矿物			
	71.02	23.67	5.31	100	52.40	26.20	9.11	0.05	12.23	99.99	30.92	69.08	100
	21.45				34.05					44.49			

注:分布率是根据矿物的面积统计结果计算得出。

表 7 原生金粒度分布表

粒度区间 (mm)	- 0.075 ~ + 0.038	- 0.038 ~ + 0.01	- 0.01 ~ + 0.001	- 0.001	合计
颗粒类型	中粒金	细粒金	微粒金	分散金	
分布率 (%)	23.72	59.95	9.04	7.29	100.00

从表 7 可知,原生金粒度主要为细粒,其次为中粒,微粒、分散金均占较少。

3.4.4 自然金的成色和所含杂质

矿床中 Au ~ Ag 系列矿物最主要为自然金,其次为银金矿,少量金银矿。自然金成色 (%) 最高 889,最低 751,平均 819 (7 个样 14 个点);银金矿成色 (%) 最高 749,最低 656,平均 703 (9 个样 12 个点);金银矿成色变化不大,平均 487 (2 个样 2 个点),28 颗金矿物平均成色 745.57。自然金、银金矿

计,原生金矿物形态主要呈边界圆滑状,占 46.65%,其次为边界平整、棱角明显状,占 45.54%,少量为边界不平整有尖角枝叉,占 7.81%。

表 4 金物相分析结果表

矿物相	分配项	- 0.071 mm 占 81%		
		金属量 ( $\times 10^{-6}$ )	分配率 (%)	
			各别	累计
游离、半游离相	单体及连生体	1.07	55.67	
	磁黄铁矿	0.11	5.72	61.39
包裹相	黄铁矿及毒砂	0.62	32.26	93.65
	碳酸盐	0.10	5.20	98.85
	硅酸盐	0.022	1.15	100.00
	小计	0.852	44.33	
合计		1.922	100.00	
总金	< 1 μm 细粒分散相	0.14	7.29	
	1 μm 独立矿物相	1.782	92.71	
	合计	1.922	100.00	

金物相分析单位:长沙矿冶研究院。

表 5 单矿物金相态测定结果表

金相态	磁黄铁矿		黄铁矿		毒砂	
	金属量	分布率 %	金属量	分布率 %	金属量	分布率 %
溶液金	0.36	32.73	0.36	13.90	4.77	13.18
残渣金	0.74	67.27	2.23	86.10	31.41	86.32
合计	1.10	100.00	2.59	100.00	36.18	100.00

测定单位:铜陵有色(集团)公司设计研究院。

3.4.2 金矿物的嵌布特征

通过对光片中 245 颗金矿物嵌布关系的统计(表 6)表明,矿石中以粒间金为主,其次为包裹金和裂隙金,分别占总金矿物量的 44.49%、34.05% 和 21.45%。

3.4.3 金矿物的粒度分布

根据对光片中 245 颗原生金粒度分布并结合物相分析结果,并参照有关原生金粒度分级规范,得金的粒度分布(表 7)。

及金银矿中普遍含 Fe 和 Cu,其中 Fe 平均在 0.78% ~ 1.28% 间,Cu 平均在 0.07% ~ 0.09% 间。

4 金的分布规律

4.1 矿石中金分布的不均匀性

矿石中金的分布很不均匀,最高达  $145.50 \times 10^{-6}$ ,最低  $< 0.02 \times 10^{-6}$ ,矿床平均  $2.22 \times 10^{-6}$ ,金的品位变化系数为 198%。

4.2 垂向上矿体中金的变化

矿床北部:受不同层位间(如  $C_2 h_1 \sim C_2 h_2$ 、 $C_2 h_2 \sim C_3 c$ )断裂构造控制的矿体金品位高于受层位(如  $C_2 h_1$ 、 $C_2 h_2$ 、 $C_3 c$ )控制的矿体金品位,且自下向上矿体的金品位变低。

矿床南部:受  $C_2 h_1 \sim C_2 h_2$  间断裂构造控制的矿体金品位均高于其下、上部的矿体金品位。

4.3 水平方向上矿体中金的变化

整个矿床北部矿体金品位高于南部,且受同一岩性或层间断裂构造控制的矿体亦是北部矿体金品位高于南部。

4.4 金与硫、砷组分的相关性

选择了 7 个有代表性的矿体,分单硫、硫金型矿石,根据样品 Au、S、As 品位,计算 Au—S、Au—As 相关系数,得相关分析结果(表 8)。表中 Au—S、Au—As 各有 11 个相关系数,有 4 个 Au—S、7 个 Au—As 的相关系数大于相应的临界值(信度 0.01),为特别

显著,有 7 个 Au—S、4 个 Au—As 的相关系数小于相应的临界值(信度 0.05),为不相关。

根据相关分析可得出:层控夕卡岩型、热液型、夕卡岩型矿体,其硫金型矿石的金与硫均无相关性,金与砷有的有相关性,有的无相关性,这与金主要以独立矿物相存在相符,反映了金的成矿作用多期性。层控夕卡岩型矿体单硫型矿石金与硫无相关性,这与早期的硫沉积有关。热液型、夕卡岩型矿体单硫型矿石金品位低,金与硫、金与砷的相关性特别显著,与光片中未发现有金矿物,金在硫化物中粒度细相一致,说明金与硫、砷可能为相同成矿作用形成,金很少有后期或多期的叠加作用。

表 8 金与硫、金与砷的相关性分析

矿体类型	矿体编号	矿石类型	样品个数	相关系数		临界值			相关性	
				Au—S	Au—As	n - 2	0.05	0.01	Au—S	Au—As
层控夕卡岩型		S	202	0.098	0.356	200	0.138	0.181	不相关	特显著
		SAu	52	- 0.030	0.065	50	0.273	0.354	不相关	不相关
		S	103	0.004	0.004	101	0.194	0.253	不相关	不相关
热液型		S	202	0.350	0.382	200	0.138	0.181	特显著	特显著
		SAu	42	- 0.278	- 0.108	40	0.304	0.393	不相关	不相关
		S	376	0.287	0.501	375			特显著	特显著
		SAu	28	- 0.293	- 0.111	26	0.374	0.478	不相关	不相关
		S	84	0.356	0.356	82	0.215	0.264	特显著	特显著
夕卡岩型		ASu	41	0.258	0.525	39	0.308	0.398	不相关	特显著
		S	68	0.435	0.492	66	0.259	0.312	特显著	特显著
		SAu	39	0.258	0.525	37	0.317	0.408	不相关	特显著

5 结 论

- 1) 矿床中主要元素为 Au、S、As,伴生有 Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Bi、Se、Te。
- 2) 金主要以独立矿物相存在,占 92.71%,少量以细粒分散相存在,占 7.29%。
- 3) 金的载体矿物主要有黄铜矿、毒砂、黄铁矿、综合脉石、磁黄铁矿等。
- 4) 金矿物主要为自然金、银金矿,少量金银矿,平均成色 745.57。粒间金、包裹金、裂隙金含量分别占 44.45%、34%、21.5%,金的粒度属细粒不均匀型。

5) 金矿化不均匀,金在各矿体、矿石类型中品位变化大。

6) 热液型、夕卡岩型矿体,其单硫型矿石 Au—S、Au—As 相关性特别显著,硫金型矿石 Au—S 不相关,Au—As 则有的不相关、有的特别相关;层控夕卡岩型矿体 Au—S、Au—As 多不相关。

[参考文献]

- [1] 周真,汪正琼.铜陵马山金矿床地质特征及成因探讨[J].华东冶金地质,1982(1):1~10.
- [2] 方开泰,全辉,陈庆云.实用回归分析[M].北京:科学出版社,1988.
- [3] 夏元法.试论天马山硫金矿床的成矿物质来源[J].矿床地质,1999,13(1):34~38.

OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF GOLD IN THE TIAMASHAN SULFUR- GOLD DEPOSIT

LU Jun - wu ,XIA Yuan - fa

**Abstract:** Gld occurs mainly in mineral state. Only a small amount is in fine - grained dispersed phase. Gld - Carrying minerals are mainly chalcopyrite , arsenopyrite , pyrite , gangue , pyrrotite and so on. Gold minerals are mainly Gold , silver - gold , the fineness averaging 745.57. Gld is embedded as inter - crystal , inclusion and fissure - filling form. Gld is uneven distributed in ores and orebodies. Correlation of Gld to sulfur , gold to arsenic depend on types of orebodies and ores.

**Key words:** Occurrence state of Gld , distribution regulation , sulfur - gold deposit , Tianmashan



[第一作者简介]

吕俊武(1963年-),男,1983年毕业于合肥工业大学地质系地质普查与勘探专业,现任铜陵有色金属(集团)公司生产安环处高级工程师,从事有色金属矿产勘查及矿山地质管理工作。

通讯地址:安徽省铜陵市长江西路 铜陵有色金属(集团)公司生产安环处 邮政编码:244001