

丰山金铜矿田找矿矿物学研究

徐跃通 张曾清 肖立道 舒全安

(南京大学) (武汉钢铁学院) (中南冶勘局·武昌)

与金矿化密切相关的黄铁矿，多为碎裂程度高、粒度较细、硫同位素值偏小，富 Fe、Se、As、Cu，贫 S、Co、Ni， $Te/Se > 1$ 、 $Ni/Co > 1$ 、 Au/Ag 值较大。当这种黄铁矿与黄铜矿、斑铜矿和含 Se、Te、Pb、Bi 矿物等共生时，可作为金矿化的有效指示矿物组合。低温石英是金矿化的有效指示矿物。

关键词：丰山金铜矿田；金矿化；黄铁矿；标示矿物



成矿地质背景

丰山金铜矿田位于淮阳山字型构造的弧顶偏西部位，在鄂东南成矿构造地球化学省中的丰山洞压扭应力构造地球化学区内。

本区地质构造复杂，构造、岩浆活动频繁且多次叠加，中酸性侵入岩及其相关的铁、铜、金矿床十分发育，矿床与矿体分布严格受地层、岩浆岩和构造的控制。

金与载金矿物的关系

丰山金铜矿田是一个以铜、金为主的多金属矿田，矿物组成比较复杂，种类在 70 种以上。与金矿化有关的矿物不下 15 种，其中细粒黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、硒铅矿、雌黄、雄黄、石英等与金矿化的关系最为密切，单矿物含金量一般在 5g/t 以上，如方铅矿高达 104.7g/t，雌黄、雄黄为 33.3g/t (表 1)。

从表 1 可以看出，丰山矿田各矿区单矿物含金量差别较大，鸡笼山金铜矿金的单矿

金在载体矿物中的含量 (g/t) 表 1

矿 物	鸡笼山			丰 山		李家湾
	原子吸收	化学分析	中子活化	原子吸收	化学分析	
磁铁矿	1.49	0.595			0.41	
粗粒黄铁矿	1.58	1.2				
细粒黄铁矿	9.65	10.53		0.17	1.12	0.84
黄铜矿	11.90	15.25		5.62	1.75	
斑铜矿	9.44			4.54	43.4	
闪锌矿	0.88	1.76	1.15	0.06		
方铅矿	15.30	104.7	4.83	0.23		
雄 黄	33.30	21.97			2.0	
雌 黄	33.30	21.97			2.0	
菱锰矿	2.50	20.5				3.82
菱铁矿						2.70
方解石	0.008	1.79	5.63			
石 英					0.05	
软锰矿		0.899				
褐铁矿		9.615				
透辉石				0.21		
石榴石					0.01	
硅灰石				0.21	0.20	
磁黄铁矿	4.56				0.41	

南京大学、中科院高能所等分析。

物含量普遍比丰山铜矿和李家湾铜矿高。事实上，鸡笼山地区是金成矿的有远景区。

金在载金矿物中的含量与矿物的成因有关,同一矿物由于其形成条件不同,金的含量有较大变化。如,同是中粒黄铁矿,在构造挤压带中,单矿物金含量为8.0g/t,而在其他环境中仅为0.2~2g/t。

金矿物种类及成分

据反光显微镜、扫描电镜和电子探针研究,金矿物主要以独立矿物形式出现,并发现了较多的含Te、Bi、Pb金矿物(表2)。

按样品中矿物含量递减次序,金矿物分别为自然金、碲银金矿、银金矿、金碲银矿、金银矿、铋碲金矿、碲金矿、银金碲矿、银金铅碲矿、金碲矿、碲金银矿、银铋金碲矿等。其中自然金占总量的66.81%,金成色(48颗自然金用电子探针法测定)为954.6。

大理岩型矿石金粒多以乳滴状、圆球状、椭球状、麦粒状等赋存在黄铁矿、黄铜矿等矿物中。由于构造应力的作用,金矿物也常常赋存在黄铁矿等矿物的裂隙或界面的

含金大理岩矿石金矿物化学成分(%) 表2

矿物名称	颗粒数	Au	Ag	Te	Bi	Pb
自然金	48	95.46	4.54			
银金矿	7	79.17	20.54	0.30		
金银矿	5	34.35	65.65			
金碲银矿	5	20.19	44.82	35.00		
金碲矿	3	30.12	1.50	64.71	2.47	1.21
碲金矿	3	77.55	2.74	17.37	2.34	
碲银矿	3	2.25	68.03	29.73		
银金碲矿	1	30.81	7.02	62.18		
金银碲矿	1	10.83	10.96	78.21		
碲金银矿	1	36.02	40.99	22.99		
碲银金矿	2	73.40	15.93	10.66		
银碲金矿	1	36.14	28.08	35.78		
铋碲矿	2			60.20	39.80	
铋碲金矿	6	58.43	1.07	26.88	13.60	
银铋金碲矿	2	16.73	2.91	70.02	10.14	0.21
铅金碲矿	1	13.41	4.50	71.06	7.40	3.63
银金铅碲矿	1	14.65	12.33	50.49		23.52

武汉钢铁学院微观中心测定。

转折处。

与金矿化有关的矿物特征

1. 黄铁矿

有3个形成世代:第1世代为胶状黄铁矿,粒度较细,多为胶状,爆裂测温为405℃,硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 为-1.85‰,含金量为16.4g/t,包裹体浸出溶液的pH值为4.476,是在酸性环境下形成的。从包裹体液相化学成分来看, F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量较高,而 Na^+ 、 K^+ 较低(表3、4);第2世代黄铁矿形成温度为300~370℃,介质环境为酸-弱酸性。晶形较好,粒度较粗(多为中粗粒),含金量仅为几个ppb, $\delta^{34}\text{S}$ 为1.69~3.48‰;第3世代黄铁矿粒度较细,碎裂程度极高,常呈细粒他形一半自形与黄铜矿、斑铜矿密切共生。形成温度为200~

幸山矿田硫同位素测定结果 表3

矿区名称	产状	矿物名称	样品号	测定结果		
				$\delta^{34}\text{S}$ ‰	平均值	
鸡笼山矿区	夕卡岩	黄铁矿	G3	-0.56	+0.74	
	夕卡岩	黄铁矿	G14	+3.48		
	夕卡岩	黄铁矿	G25	+0.64		
	石英硫化物脉	黄铁矿	G26	-1.85		
	断裂挤压带	黄铁矿	G30	-1.99		
	斑岩	黄铜矿	G3	+0.35		+0.52
	夕卡岩	黄铜矿	JL17	+0.7		
	夕卡岩	方铅矿	W ₁	+3.35	+3.35	
丰山矿区	夕卡岩	黄铁矿	F ₂	+1.81	+1.47	
	夕卡岩	黄铁矿	F ₇	+1.29		
	夕卡岩	黄铁矿	F ₁₉	+0.9		
	夕卡岩	黄铜矿	F ₃₀	-0.05	+0.56	
	夕卡岩	黄铜矿	F ₂₃	+1.17		
	夕卡岩	闪锌矿	F ₂₋₁	+0.50	+0.50	
	夕卡岩	闪锌矿	F ₂₋₂	+0.71		
	夕卡岩	方铅矿	F ₁	-1.12	-1.12	
李家湾	石英硫化物脉	黄铁矿	L ₀	+0.39	+0.39	

南京大学质谱实验室分析。

丰山矿田矿物包裹体液相成分

表 4

样品号	矿物名称	测温 (°C)	pH值	包裹体液相化学成分 (μg/10g)									
				Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂	CO ₂	H ₂ O
G26-1	黄铁矿	405	4.476	2.20	11.20	84.00	238.40	27.00	32.40	大量	0.14	269.00	675.00
G14	黄铁矿	369	4.434	18.60	13.60	4.00	186.40	13.50	16.20	大量	—	157.00	268.19
G25	黄铁矿	247	6.326	12.86	38.70	78.56	240.80	38.00	43.20	大量	0.68	250.80	630.76
G26-2	黄铜矿	350	4.376	6.00	16.00	116.00	266.00	8.10	40.50	15200	0.14	582.00	435.00
W1-1	方铅矿	290	6.138	68.30	5.20	266.10	14.70	117.70	25.10	3034.50	1.08	2506.00	1580.00
f3	闪锌矿	300	5.962	1.69	8.33	7.50	8.72	4.69	5.85	25.76			
G10	石英	208	7.432	25.98	52.86	23.78	51.22	57.11	31.79				

地科院矿床所、中南冶金地质研究所分析。

丰山矿田单矿物化学成分 (%)

表 5

样品号	矿物名称	S	Fe	Cu	Au (g/t)	Ag (g/t)	Co	Ni	As	Se	Te
G26-1	黄铁矿	52.44	45.96	0.16	16.40	33.50	0.003	0.012	0.30	0.011	0.032
G14	黄铁矿	52.98	45.92	0.08	0.80	11.20	0.030	0.010	0.02	0.003	0.002
G25	黄铁矿	52.46	45.94	0.18	18.60	87.40	0.004	0.014	0.36	0.010	0.034
G26-2	黄铜矿	34.52	30.44	34.48	20.90	92.60	0.004	0.012	0.32	0.010	0.032
F2	黄铜矿	34.42	31.74	33.72	1.00	28.00	0.028	0.008	0.01	0.002	0.001

武汉钢铁学院分析中心测定。

300°C, 含金量多为几g/t到几十g/t, 硫同位素值为-1.99~+0.9。成矿环境为弱酸性—弱碱性, 包裹体液相成分富含F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、CO₃²⁻、Na⁺、K⁺等的含量也较高。

与金矿化密切相关的黄铁矿碎裂程度较高, 有的受应力作用明显, 粒度较细(或为胶状), 硫同位素值偏低, 矿物包裹体液相成分富含F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、CO₃²⁻等, K⁺/Na⁺>1。当这种黄铁矿与黄铜矿、斑铜矿, 含Bi、Te、Pb矿物共生组合时, 往往可作为金矿化的有效指示矿物组合。

黄铁矿的化学成分如表5。有矿黄铁矿与无矿黄铁矿在成分上存在明显的差别。与金矿化关系密切的黄铁矿, Te、Se、As、Cu较高, S、Co、Ni值较低, 且Te/Se、Ni/Co值均大于1; Au/Ag值较大。无矿黄铁矿, S、Co、Ni较高, Te、Se、As、Cu相对较低, 且Te/Se、Ni/Co值均小于1, Au/Ag值较大。

2. 黄铜矿

是矿床最主要的含铜矿物和重要的含金矿物。黄铜矿的野外产状主要有两种: 一为呈浸染状、细脉状充填交代磁铁矿、黄铁矿, 构成叠加型铜铁、铜金复合矿石; 另一种是黄铜矿呈浸染状、细脉状交代夕卡岩、大理岩、角砾岩等, 构成单独的铜或铜金矿石。

黄铜矿主要有两个形成世代: 第1世代黄铜矿呈浸染状他形晶沿磁铁矿、黄铁矿边缘及裂隙交代或交代夕卡岩矿物。用爆裂法测定, 形成温度为350°C, 晶胞参数用X射线衍射法测得为: a₀=5.256~5.271Å, c₀=10.351~10.402Å。此种黄铜矿含金量较高, 与金矿化的关系密切; 第2世代黄铜矿形成温度在300°C以下, 其边缘常被斑铜矿、辉铜矿、硒铅矿交代, 在它们的接合部位常有自然金、银金矿等产出。

据单矿物化学分析, 与金矿化关系密切的黄铜矿含S、Cu、As、Se、Te较高,

Fe、Co、Ni较低, Ni/Co、Te/Se、Au/Ag值较大。

3. 斑铜矿

是矿床主要的含铜、金矿物之一, 常与黄铜矿、辉铜矿、硒铅矿、黄铁矿等共生。有斑铜矿产出的地段, 金品位往往较高。斑铜矿是金矿化的有效指示矿物之一。

4. 方铅矿与闪锌矿

与金矿化关系紧密的方铅矿、闪锌矿一般碎裂程度较高, 粒度较细, 且往往和黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿等共生。无矿化的方铅矿、闪锌矿粒度较粗, 晶形较好。

5. 石英

石英产状多种多样, 主要有花岗闪长斑岩中的高温石英, 夕卡岩中的热液石英和大理岩中的晚期热液中低温石英。与金矿化有关的是中低温石英, 如G₁₀矿样大理岩中的石英, 爆裂测温为208℃, 中科院高能物理所中子活化法测得单矿物含金量为5.63g/t。低温石英是金矿化的有效指示矿物。

结 论

1. 与金矿化关系密切的矿物不下15

种, 其中细粒黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、雌黄、雄黄、石英等与金的矿化关系最密切。

2. 矿化黄铁矿的特征是碎裂程度高, 粒度细, 硫同位素值偏小, 包裹体液相成分富含F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、CO₂, K⁺/Na⁺>1, 富Te、Se、As、Cu, 贫S、Co、Ni, Te/Se、Ni/Co、Au/Ag值较大。

3. 细粒黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、斑铜矿是金矿化的有效指示矿物。斑铜矿出现的地段, 往往是金品位高的地段。

4. 金矿化最有利的矿物共生组合是细粒黄铁矿—黄铜矿—斑铜矿—硒铅矿—辉铜矿—含Bi、Te、Pb矿物。

5. 低温石英是金矿化的有效指示矿物。

参 考 文 献

[1] 陈光远等, 《成因矿物学与找矿矿物学》, 重庆出版社, 1987年。

[2] 博伊尔, R. W., 《金的地球化学及金矿床》(中译本), 地质出版社, 1985年。

[3] 徐跃通等, 武汉钢铁学院学报, 1990年, 第1期。

[4] C. Huribut etc, *Manual of Mineralogy* 19th. Ed. London. 1977.

Mineralogical Study for Ore-hunting in the Fengshan Au-Cu Ore-field

Xu Yaotong Zhang Zengyu Xiao Lidao Shu Quan-an

The pyrite closely related to the gold mineralization is chiefly in fine-grained fragments. It has a small sulfur isotope composition, and its mineral compositions are rich in Te, Se, As, and Cu, and poor in S, Co, Ni, and with Te/Se>1, Ni/Co>1, and a much larger value of Au/Ag. Such pyrite if associated with chalcopyrite, bornite and other minerals bearing Se, Te, Pb and Bi, may be considered as the effective guide mineral assemblage for the gold mineralization. The quartz formed in low temperature is also an effective guide mineral.