

安徽铜陵黄狮涝山金矿床地质特征及成因

何金祥

(南京大学地球科学系, 南京)

余国珍 朱雅林

(华东地质勘查局地质研究所, 合肥)

王秉衡

(华东地质勘查局, 合肥)

提 要: 黄狮涝山金矿床为一铁帽型金矿床, 其形成具复杂演变史。笔者通过野外观察和室内综合研究, 认为矿床形成经历了三期成矿作用, 其中第一期喷气沉积成矿作用和第三期风化淋滤成矿作用最为重要, 是矿床两个主要成矿期, 第二期热液叠加成矿作用对矿床形成有一定贡献, 但不具主导地位。最后, 笔者讨论了风化淋滤过程中金的富集规律并指出了形成此类矿床的地质-地理条件。

主题词: 黄狮涝山金矿床 地质特征 矿床成因 安徽铜陵

安徽铜陵黄狮涝山金矿床是迄今为止长江中下游地区发现的具有较大规模的铁帽型金矿床, 其形成具多期性、长期性和复杂性, 为了弄清矿床形成的来龙去脉, 笔者在矿区工作的基础上, 对其进行了详细的分析和研究, 试图对其有个全面认识。

1 区域地质

黄狮涝山金矿床位于长江中下游断裂拗陷带中^[1], 矿床产于铜陵成矿区的铜官山背斜内, 它和铜官山铜矿、金口岭金矿、马山金、硫矿一起, 构成了著名的铜官山金、铜、硫矿田(见图1)。

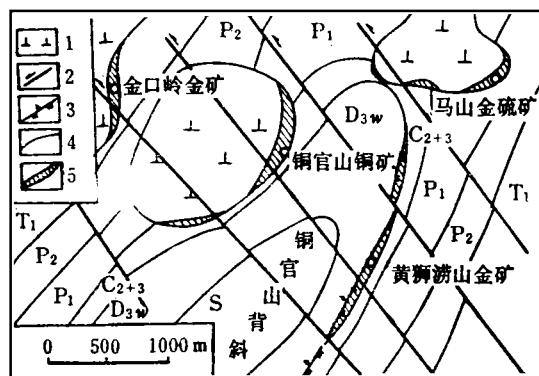


图1 铜官山金、铜、硫矿田地质略图

(据薛虎1983年资料修编)

T₁—下三叠统; P₂—上二叠统; P₁—下二叠统; C₂₊₃—中、上石炭统; D_{3w}—上泥盆统五通组; S—志留系;
1—石英闪长岩体; 2—平移断层; 3—逆断层; 4—地质界线; 5—矿体

Fig. 1. Geological sketch map of the Tongguan-shan gold, copper and sulfur orefield.

T₁—Lower Triassic; P₂—Upper Permian; P₁—Lower Permian; C₂₊₃—Middle-Upper Carboniferous; D_{3w}—Upper Devonian Wutong Formation; S—Silurian; 1—Quartz diorite body; 2—Strike-slip faults; 3—Reversed faults; 4—Geological boundary; 5—Orebody.

何金祥, 男, 33岁, 工程师, 现为南京大学矿床专业博士研究生。邮政编码: 210008
1993-3-23收稿, 1993-11-8二次修改回

区域出露地层自老到新为志留系深海相砂岩,泥盆系河流相、滨海相砂岩,石炭系浅海相碳酸盐岩,二叠系浅海相、海陆交互相碳酸盐岩、硅质岩、碎屑岩夹煤系,三叠系浅、滨海相碳酸盐岩、碎屑岩。在所述地层中,以碳酸盐为主(约占75%),石炭系黄龙组、二叠系栖霞组、大隆组是区内Cu、Au、S矿床重要控矿层位。

区内基底构造主要为东西向断裂,盖层构造以北东向印支期褶皱、燕山期断裂为主。其中燕山期断裂构造控制了区域内与成矿有关的中酸性中浅成岩体的侵入(闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩等)。同位素年龄 $110 \times 10^6 \sim 160 \times 10^6$ a。

2 矿床地质特征

矿床产于铜官山背斜南东翼泥盆系五通组上段粉砂岩和石炭系黄龙组下段白云岩之间,部分矿体产于黄龙组下段白云岩和上段大理岩之间,矿体顶板为白云岩、大理岩,蚀变较弱,底板为粉砂岩、泥质粉砂岩、红柱石角岩化板岩。矿体顶板白云岩、大理岩因构造、地下水作用等已发生破碎溶蚀,局部成角砾状。矿体底板较完整,有弱蚀变现象,主要为绢云母化、硅化、黄铁矿化、蛇纹石化等。

矿区内无较大火成岩体出露,仅局部见一些中酸性岩脉沿北西向张性断裂和北东向层间断裂侵入。据钻探资料,矿区南端有一隐伏的石英闪长岩体。

矿床主矿体平面上呈狭长带状,长约1200m,走向北东,倾角近直立,矿体产状稳定,剖面上呈层状、透镜状(见图2),水平厚度最大为23.2m,平均为5.1m,矿体厚度沿走向及倾向均较稳定,而品位变化则无论在走向上或倾向上皆相对较大。矿体上部为含金褐铁矿体,下部为含金黄铁矿体,根据含金褐铁矿体中残留有黄铁矿的事实,说明含金褐铁矿由含金黄铁矿转变而来。

根据矿石中硫化物与褐铁矿的相对比率 and 含量,可将矿床主矿体自上而下分成三带。上部为氧化带,主要由褐铁矿+石英+粘土组成;中部为半氧化带,主要由褐铁矿+黄铁矿+粘土+水绿矾组成;下部为原生带,由硫化物(主要为黄铁矿)组成。与国内某些硫化物矿床(如新桥^[2]等)氧化带剖面不同,本矿床显著缺乏硫化物次生富集带。

矿床上部氧化带均为褐铁矿型金矿石,按含铁量的高低,又可细分为三种类型:①含金褐铁矿型,含Fe $\geq 25\%$,比例占64%;②含金铁质粘土夹褐铁矿型,含Fe 15%~25%,比例占27%;③含金铁质粘土夹砾石型,含Fe 6%~15%,比例占9%,由所占比例数可见,含金褐铁矿型占绝对优势。

根据风化淋滤强弱,矿床氧化带又可进一步分为:①强氧化亚带;②淋滤亚带;③次生氧化富集亚带。各亚带主要特征如下:

强氧化亚带:位于氧化带最上部,与淋滤亚带成过渡关系,厚度不大,但随地形而变化。该亚带由粘土、石英和铁锰矿物组成。铁锰矿物主要为赤铁矿、针铁矿、纤铁矿、软锰矿、硬锰矿、水锰矿、钽锰矿等。矿石构造主要为蜂窝状、条带状、同心圆状、钟乳状,该亚带含金量一般小于1g/t,软锰矿、硬锰矿、赤铁矿矿物组合和蜂窝状、钟乳状构造是这一亚带的主要标志。

淋滤亚带:在矿区中部较发育,厚度相对较大,由南向北,该亚带厚度变小。组成矿物

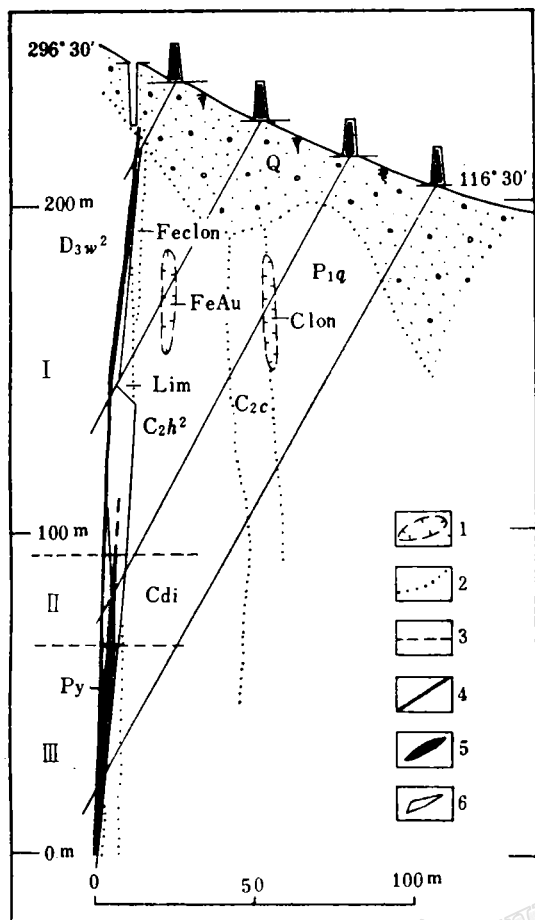


图2 黄狮涝山金矿床74线地质剖面略图

(据铜陵812队资料略修改)

Q—第四系; P_{1q} —二叠系下统栖霞组; C_{2c} —石炭系上统船山组; C_{2h^2} —石炭系上统黄龙组上段; D_{3w^2} —泥盆系上统五通组上段; Clon—粘土夹砾石; Feclon—铁质粘土夹砾石; Lim—褐铁矿; Cdi—破碎溶蚀带; FeAu—褐铁矿型金矿石; I—氧化带; II—半氧化带; III—原生带; 1—溶洞; 2—地质界线; 3—各带的大致界线; 4—断层; 5—原生矿体; 6—氧化矿体

Fig. 2. Sketch geological section along No. 74 line of the Huangshilaoshan gold deposit.

Q—Quaternary; P_{1q} —Lower Permian Qixia Formation; C_{2c} —Upper Carboniferous Chuanshan Formation; C_{2h^2} —Upper Member of Upper Carboniferous Huanglong Formation; D_{3w^2} —Upper Member of Upper Devonian Wutong Formation; Clon—Clay intercalated with gravels; Feclon—Ferriferous clay intercalated with gravels; Lim—Limonite; Cdi—Shattered dissolution zone; FeAu—Limonite type gold ore; I—Oxidized zone; II—Semi-oxidized zone; III—Primary zone; 1—Karst cave; 2—Geological boundary; 3—Approximate boundary of every zone; 4—Fault; 5—Primary orebody; 6—Oxidized orebody.

主要为针铁矿、水针铁矿、水赤铁矿、赤铁矿、粘土、石英等, 矿石构造主要为多孔状、块状、松散状、土状。该亚带金有向下递增趋势, 通常含金为 $1 \sim 4 \text{ g/t}$, 各种土状、多孔状、松散状针铁矿、水针铁矿矿石的大量出现, 是这一亚带的主要特征。

次生氧化富集亚带: 位于淋滤亚带之下, 半氧化带之上, 厚度数米至数十米。组成矿物主要为针铁矿、水针铁矿、水赤铁矿、磁赤铁矿、石英、粘土、自然金、金银矿、银金矿等。矿石构造主要为松散状、块状、条带状、胶状, 金的显著富集是这一亚带的主要特征, 含金一般大于 5 g/t , 最高可达 130 g/t 。各亚带主要特征归纳如表1。

矿床氧化带金多呈细粒状、片状、角砾状富集在水针铁矿、针铁矿中, 粒度多在 $10 \sim 70 \mu\text{m}$ 之间, 最大达 $180 \mu\text{m} \times 210 \mu\text{m}$ (据华东地勘局812队)。

矿床半氧化带矿体含金为 $5 \sim 7 \text{ g/t}$, 金主要呈细粒状、片状分布在针铁矿、水针铁矿的晶洞中, 金粒度一般在 $3 \sim 10 \mu\text{m}$ 左右。

矿床原生硫化物矿体平均含金约为 2 g/t 左右, 局部可圈出独立工业矿体。组成原生矿体的硫化物矿物主要有黄铁矿、胶状黄铁矿、磁黄铁矿, 次为白铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铋矿、硫铋铅矿等, 金主要以包裹金、裂隙金、次显微金形式出现在黄铁矿、胶黄铁矿、毒砂等矿物中, 金粒细小, 大多为 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 左右。除了可见金外, 在黄铁矿、毒

表 1 黄狮涝山金矿床氧化带各亚带主要特征

Table 1. Major characteristics of various subzones in the oxidized zone of the Huangshilaoshan gold deposit

氧化带分带	矿物特征	构造特征	矿石特征	元素组合特征	金含量特征
强氧化亚带	石英、粘土、赤铁矿、针铁矿、纤铁矿、软锰矿、硬锰矿、水锰矿等	蜂窝状、条带状、钟乳状、同心圆状	褐铁矿石	Fe-Mn-Si-Al	一般小于 1 g/t
淋滤亚带	针铁矿、水针铁矿、赤铁矿、水赤铁矿、粘土、石英	多孔状、松散状、土状、块状	低品位金矿石	Fe-Si-Au	金含量 1~4 g/t, 通常上部较低, 往下品位增高
次生氧化富集亚带	针铁矿、水针铁矿、水赤铁矿、磁赤铁矿、石英、粘土、自然金、银金矿等	松散状、块状、条带状、胶状	金矿石(含银)	Fe-Au-Ag	金品位一般大于 5g/t, 多数 5~10g/t, 最高 130 g/t

砂等矿物中尚有相当一部分细分散金, 据王恩德研究^①, 原生矿体中, 黄铁矿中细分散金占单矿物含金的 $\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4}$, 毒砂中细分散金占其含金量 $\frac{2}{3}$ 以上。

平面上原生矿体金属矿物和元素具分带现象, 总体上从北向南, 方铅矿、闪锌矿含量增多, 毒砂、磁黄铁矿含量减少, Pb、Zn、Ag、Sb 元素含量增多, As、Cu 比例降低, 原生矿石这种分带特点指示矿液是自北向南流动扩散的, 反映硫化物矿石沉淀时, 矿区北端温度较高, 南端温度相对较低。

表 2 自然金的成色

Table 2. Fineness of native gold

编 号	载金矿物	成 色	编 号	载金矿物	成 色
5502-20	胶黄铁矿	915	7802-18-1	方铅矿	920
5505-12-1	黄 铁 矿	944	7802-18-2	黝铜矿	918
5505-12-2	黄 铁 矿	910	108 坑 20	褐铁矿	796
6601-89-1	黄 铁 矿	885	7201-73	褐铁矿	882
6601-89-2	黄 铁 矿	979	138 坑 72.5	褐铁矿	890
6003-128	黄 铁 矿	844	重砂氧化矿中	自然金 0.28~0.1 mm	812
6402-29	黄 铁 矿	946	重砂半氧化矿中	自然金 0.28~0.1 mm	896

马鞍山矿山研究院电子探针分析室测定

① 王恩德, 1991, 金的表生成矿地球化学研究——兼论安徽铜陵地区铁帽型金矿床的成矿模式。东北工学院博士学位论文

原生矿中矿石结构构造主要为: 粒状结构, 块状构造, 纹层状构造, 脉状—网脉状构造, 浸染状构造等。

镜下研究及电子探针分析表明, 原生矿中自然金经风化淋滤后金粒增大, 但金成色略有降低(见表2), 这和国内外某些铁帽型金矿床如新桥^[3]、前苏联东北亚雅库特地区^[4]等有所不同, 这些矿床原生矿中自然金经风化淋滤后不仅金粒增大, 同时金成色也发生提高。由此说明本矿床形成有其自己特点。

3 多期成矿作用

野外和室内研究表明, 本矿床在形成演化过程中经历了三期成矿作用。

(1) 第一期成矿: 发生在石炭系时期, 为海底喷气沉积成矿作用^[5]。本期成矿主要为含金黄铁矿沉积, 其具有沉积作用所特有的块状、纹层状构造和草莓状结构, 并具有金属元素的地层学分带和下盘岩石蚀变。黄铁矿Co/Ni比值可大于1, 也可小于1, 具有从北向南逐渐变小趋势, 指示北面温度高、南面温度低, 和矿物及元素分带规律所指示的温度变化趋势相同, 说明海底喷气中心应位于矿区北面的马山矿区。本期黄铁矿含金在 $0.09 \times 10^{-6} \sim 56.40 \times 10^{-6}$ 之间, 大多在 $0.3 \times 10^{-6} \sim 10.2 \times 10^{-6}$ 之间, 含银 $0.35 \times 10^{-6} \sim 43.50 \times 10^{-6}$, 含As、Sb较高, 含Co、Ni较低(见表3)。黄铁矿热电系数为正值, 其 α 值在 $+178 \sim +719 \mu V/^\circ C$ 之间, 多数在 $342.9 \sim 683.3 \mu V/^\circ C$ 之间, 和地层中的黄铁矿热电系数相似。本期成矿形成的层状含金矿体, 铅同位素组成均匀, 其 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 在 $18.221 \sim 18.399$ 之间, 变化小于0.91%; $^{207}Pb/^{204}Pb$ 在 $15.537 \sim 15.625$ 之间, 变化小于0.57%; $^{208}Pb/^{204}Pb$ 在 $38.236 \sim 38.576$ 之间, 变化小于0.89%(见表4), 说明金属物质来源稳定, 反映了在海水深部对流条件下下伏地层是成矿物质的单一提供者。硫化物矿物的硫同位素组成 $\delta^{34}S$ 在0.14‰~7.30‰之间, 绝大部分集中在2.76‰~7.30‰之间, 分布集中, 变化范围窄, 说明硫来源稳定, 为海水硫酸盐还原来源。其 $\delta^{34}S_{\text{黄铁矿}} > \delta^{34}S_{\text{闪锌矿}} > \delta^{34}S_{\text{方铅矿}}$, 说明硫化物结晶时矿液处于平衡结晶状态。硫化物矿石中石英的 $\delta^{18}O$ 值在20.867‰~21.559‰之间, 和现代海底热泉系统有关的各类含铁建造中石英(燧石)的 $\delta^{18}O$ 值($+17\% \sim +22\%$)^[6]基本一致, 从而进一步支持层状含金硫化物矿体是海底喷气沉积。本期成矿形成的含金硫化物矿体厚度较大, 分布较广, 为黄狮涝山铁帽型金矿床的形成奠定了丰富的物质基础, 是矿床的主要成矿期。它的物化参数是: 温度 $160 \sim 330^\circ C$ (石英、方解石均一法; 黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂爆裂法); 浅海环境; 硫逸度(f_{S_2})为 $10^{-11} \sim 10^{-16}$; 氧逸度(f_{O_2})为 $10^{-36} \sim 10^{-41.5}$; pH为5.9~6.3。

(2) 第二期成矿: 发生在燕山期, 为含金热液叠加成矿作用, 其在邻区马山、铜官山矿区表现较为强烈, 在本矿区则相对较弱, 但仍有明显显示。表现在局部层状原生矿体中有网脉状、细脉状穿插的黄铁矿脉及部分原生矿石中具热液叠加改造迹象。在矿区南端86线附近氧化矿体中, 残留有晶簇状黄铁矿、方铅矿粗晶及钻孔中可见黄铁矿、方铅矿、闪锌矿粗晶集合体成脉状、块状、浸染状出现在矿体及顶板碳酸盐中, 指示在层状含金矿体沉积之后又发生过热液叠加改造作用。在矿区北端一含石英黄铁矿脉中, 测得黄铁矿热电系数 $\alpha = -281 \mu V/^\circ C$, $\delta^{34}S = 3.8\%$, $Co = 429 \times 10^{-6}$, $Ni = 238.4 \times 10^{-6}$, $Co/Ni = 1.8$, 和本矿区地

表 3 黄铁矿微量元素含量一览表 (10^{-6})
Table 3. Minor element contents of pyrite samples (10^{-6})

样号	Au	Ag	Mn	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Co	Ni	Co/Ni
5502-130	2.08	0.38	8.4	100.8	0.2	69.3	3260	2.6	113.0	176.6	24.8	7.12
5502-123	1.86	2.37	12.7	180.1	11.5	71.0	2700	4.1	148.0	42.6	15.9	2.68
5505-178	1.00	6.68	156.9	11.6	16.8	49.2	3560	3.9	83.0	11.4	12.5	0.91
5505-149-1	0.30	0.35	15.2	41.9	379.2	136.5	1740	28.6	63.0	4.0	9.2	0.43
5505-149-2	0.14	5.88	12.0	35.0	165.8	234.8	1940	18.3	59.0	4.3	7.9	0.54
5601-117	8.00	4.60	10.6	61.5	84.2	293.0	985	1.8	88.8	116.0	17.4	6.67
6003-256	5.08	13.30	50.1	457.5	674.4	170.8	2700	12.9	72.0	29.8	10.8	2.76
6003-259	3.29	5.24	2.8	108.1	173.4	67.2	3520	9.7	21.8	110.6	17.0	6.51
6402-133	56.40	3.93	7.0	82.3	26.8	65.6	820	8.0	516.0	52.3	39.2	1.33
60-70	5.60	14.30	60.9	182.0	44.6	225.0	3845	20.8	131.0	23.3	8.4	2.77
6601-122	3.24	7.73	140.9	45.5	353.9	53.3	2820	75.3	28.6	7.8	10.3	0.76
6601-125	1.50	10.07	59.6	44.1	1171.2	50.2	1540	90.4	22.7	7.8	7.6	1.03
6601-95	0.86	5.25	29.1	55.8	612.4	88.8	25	6.0	7.2	9.0	43.4	0.21
6601-117-1	0.32	12.00	32.5	41.2	1481.8	92.4	1090	105.0	17.0	6.5	10.3	0.63
6601-117-2	4.20	26.10	2.6	25.4	213.6	40.4	2560	18.3	152.0	35.6	11.6	3.07
7402-156	2.00	5.11	9.8	216.5	103.2	74.1	690	6.9	15.9	8.1	12.4	0.65
7403-317	0.48	4.04	23.2	30.6	64.7	61.3	14	1.7	7.2	12.5	90.1	0.14
7502-155	7.50	21.90	37.1	140.0	3594.0	758.0	31300	89.0	87.6	27.6	22.5	1.23
7502-158	0.90	20.00	36.9	127.0	4090.0	453.0	3700	21.0	88.3	10.6	14.3	0.74
7602-225	4.20	18.70	278.1	177.5	356.9	118.9	3920	49.9	94.7	4.0	10.7	0.37
7602-198	0.09	9.20	3.9	46.6	2137.8	188.9	46	58.1	2.5	5.2	17.0	0.31
7702-165	2.20	3.50	18.1	135.0	242.0	226.0	2950	13.5	79.7	30.8	33.4	0.92
7802-271-1	2.94	6.35	3.4	1531.4	184.4	271.4	1940	56.0	31.1	3.8	5.5	0.69
7802-271-2	7.10	12.40	4.7	1715.7	1198.1	454.5	4280	75.0	25.6	3.4	4.8	0.71
7802-260	10.20	15.00	6.2	13187.0	274.5	7418.5	2800	8.6	27.7	3.8	8.0	0.48
7802-264	22.60	22.00	4.2	29095.0	283.5	3499.9	115	11.6	18.0	5.0	12.0	0.42
8002-200	2.80	21.90	283.0	161.0	1379.0	708.0	20350	51.2	93.9	1.6	7.7	0.21
8602-248-1	7.90	43.50	1253.0	195.0	511.0	740.0	14430	107.0	66.2	1.8	6.8	0.26
8602-248-2	4.70	24.80	1274.0	78.8	439.0	7165.0	43625	55.0	65.5	2.7	10.2	0.26

注：样号排列顺序自北向南；华东地质勘探局地质研究所分析

表 4 黄狮荡山金矿床铅同位素特征
Table 4. Lead isotopic characteristics of pyrite, galena and melnikovite
from the Huangshilao Shan gold deposit

序号	取样位置	测定矿物	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	H-H 年龄 (10^6 a)
1	ZK 7602-198 m	方铅矿	18.241	15.537	38.290	208.14
2	ZK 8602-246 m	方铅矿	18.325	15.547	38.322	158.46
3	ZK 3803-246 m	黄铁矿	18.221	15.576	38.334	270.83
4	ZK 7702-165 m	黄铁矿	18.247	15.555	38.236	225.98
5	ZK 7502-158 m	胶黄铁矿	18.325	15.580	38.422	200.45
6	60-74 线	黄铁矿	18.354	15.553	38.289	144.63
7	138 CM 73	黄铁矿	18.399	15.625	38.576	202.42

1~2：天津冶金地质研究院分析；3~7：宜昌地质矿产研究所分析；计算所用参数 $a_0 = 9.307 \text{ \AA}$, $b_0 = 10.294 \text{ \AA}$, 地球年龄 $t = 4.55 \times 10^9 \text{ a}$

层中沉积成因黄铁矿及海底喷气沉积黄铁矿特征有一定不同, 反映该脉为后期热液成因。脉中黄铁矿单矿物含金 3.8×10^{-6} , 含Ag 19.7×10^{-6} , Cu+Pb+Zn为 234.5×10^{-6} , 可大致代表本期黄铁矿成矿元素含量水平。总体来看, 受隐伏岩体影响, 矿区南端叠加改造较北端强, 有较多Pb、Zn物质加入, 局部形成含金Pb、Zn矿体。据铜陵812队资料, Pb、Zn矿体中局部含金平均达3.17g/t。

据黄斌对矿区南端梅家山附近铁帽矿体的铅同位素分析结果, 其富含钍铅, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均达39.340, 说明原始层状矿体形成后又有铅物质加入, 亦即有后期含矿热液叠加活动。根据野外分析, 该期与岩浆有关的热液活动主要受发育于黄龙组底部的顺层断裂控制。

由于矿区风化淋滤强烈, 原生矿大部分已氧化成褐铁矿等, 故本期热液叠加成矿规模难以确定, 但从深部原生矿的矿石组构及整个矿床地质特征来看, 笔者认为它不占主导地位。

(3) 第三期成矿: 主要发生在新生代, 为风化淋滤成矿作用。在气候、地下水、构造、地貌等综合作用下, 含金硫化物不断遭受氧化分解作用, 硫发生流失, 金发生相对富集。矿石对比性研究表明, 含金黄铁矿体转变为含金褐铁矿体后, 金在原有基础上富集了1~5倍。与金同时发生富集的元素还有Ag、Cu、Pb、Zn、Sb、Ni、Mn、Se、Fe、稀土等。据铜陵812队资料, 矿床主矿体某些块段含Cu、Pb、Zn、Fe平均分别达0.17%、0.46%、0.47%、41.4%, 可综合回收利用。又据王恩德^①研究, 原生矿体含稀土总量一般不超过 10×10^{-6} , 而风化后氧化矿石含稀土总量一般为 $50 \times 10^{-6} \sim 400 \times 10^{-6}$, 稀土元素发生显著富集, 可被综合利用。

此期成矿作用在黄狮涝山金矿床有十分重要的意义, 没有此期成矿作用, 就不能构成独立金矿床。表3表明, 矿体黄铁矿单矿物含金一般仅几个ppm, 完全构不成独立金矿床。再者,

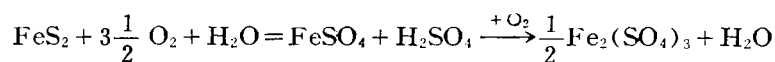
据余国珍镜下统计, 原生矿经风化淋滤后有 $\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4}$ 的包裹金发生次生加大, 90%以上的次显微金转变为显微金—明金, 从而大大地提高了本矿床的工业利用价值。

根据分析, 矿区内控制风化淋滤强度的主要因素是构造和地下水作用。

4 铁帽中金的迁移富集规律

自中生代以后, 本矿床含金硫化物便不断地遭受风化淋滤作用。

当含金黄铁矿遭受氧化、分解时:



金从黄铁矿中被释放出, 释放出的金除极少数残留在原地外, 大部分在酸性条件下呈溶解状态进行迁移^[7], 根据金的Eh-pH优势场图, 在酸性介质、Eh较高, 介质富含硫时, Au的主要存在形式为 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ (见图3), 故金在水体中的迁移形式应主要为 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ ^[7], 同时也有部分金呈胶体状态进行迁移, 随着含金水体运移距离的增加, Eh值降低, pH增大, 以及同围岩作用的结果, 如 $2\text{H}^+ + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 可使金硫络合物发生分解, 金

① 王恩德, 1991, 金的表生成矿地球化学研究——兼论安徽铜陵地区铁帽型金矿床成矿模式。东北工学院博士论文

发生沉淀,沉淀出的金为 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 水解生成的胶状 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 吸附,因而金在 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 中发生富集。本矿床金与 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 密切共生,金品位随铁含量增加而升高(见表5),是金的表生富集标志,也是金的化学迁移证据。

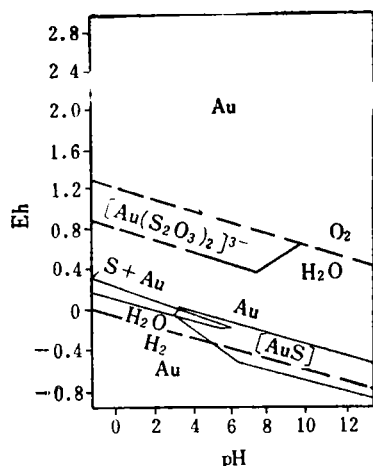


图3 金的Eh-pH优势场图
Fig. 3. Plot of Superiority Field of Gold in the Eh-pH.

表5 金品位与铁组分含量的相关关系

Table 5. Correlation of gold tenor with iron

铁组分含量 (%)	频数	频率	Au(g/t)	Fe(%)	S(%)
<5	15	3	0.86	2.33	0.04
5~15	51	9	1.99	10.55	0.11
15~25	140	25	3.27	20.53	0.07
25~35	137	24	5.72	30.01	0.05
>35	218	39	8.90	43.10	0.13

据铜陵812队资料

研究过程中发现,金在褐铁矿体中不是均匀富集的,平面上金的富集受风化淋滤强弱和原生矿体品位、厚度控制,剖面上金则

富集在氧化带褐铁矿体中下部的淋滤亚带和金次生氧化富集亚带以及半氧化带中。我们认为其是表生风化淋滤及地下水波动双重作用的结果。

在表生条件下,富集在褐铁矿体中的金可再次溶解^[7],在合适介质条件(Eh、pH)下,金可重新活化、迁移,并受Eh、pH值控制。前人的结论是,氧化、酸性环境下溶解,还原、弱碱性环境下沉淀^①。因此,尽管褐铁矿对金有较强吸附作用,但其必然要受表生作用条件下地球化学性质的支配。赋存在强氧化亚带的金,由于强氧化条件,金不稳定,在富氧、富硫的天水作用下易发生溶解而被带出,因而在强氧化亚带表现为金的低含量。在淋滤亚带,水体向下径流较强,起初,由于靠近地表,水体含氧量高,在硫的参与下,可继续对金产生溶解、淋滤作用,但在淋滤亚带下部,由于介质环境逐渐由氧化转向还原,下渗的天水溶液,溶解金能力递减,沉淀金能力渐增,溶解与沉淀这一对矛盾中沉淀作用渐占优势,因而从淋滤亚带上部到淋滤亚带下部金的含量呈现规律性升高趋势。越过淋滤亚带,含金天水溶液已从地表的强氧化性、强酸性演变成弱氧化、中性溶液,金硫络合物不稳定,大量发生分解、沉淀,为粘土、水针铁矿、针铁矿等吸附,从而使金发生富集。采样分析表明,在强氧化亚带金品位很少超过1 g/t,而在金次生氧化富集亚带金品位一般可达5~10 g/t,比强氧化亚带增加了十几倍。

本矿床氧化矿体中金主要与针铁矿、水针铁矿共生,指示金是在偏碱性条件下沉淀的。

由于溶液中金沉积在自然金颗粒上最为稳定,因而造成氧化带中下部自然金颗粒不断长大,使氧化带自然金颗粒一般均比原生矿硫化物中自然金颗粒粗。据A. M. Plyusnin研究^[7],

① 陈光远, 1984, 成因矿物学在金矿中的应用。陕西省地质矿产局编, 全国金矿床矿物成因矿物学会议论文集。342~344

从溶液中沉积到矿物上的金可以分为两种形式:一种为均匀分散金;另一种为显微颗粒金。均匀的细分散金不甚稳定,易重新活化,尤其是在有硫代硫酸盐存在的条件下。重新活化的金在迁移过程中,当遇到石英、针铁矿、黄铁矿、自然金等矿物时,将首先选择自然金沉淀,因为此时需要能量最小。沉积后也最稳定。因而发生自然金颗粒的加积、增生。前述本矿床经风化淋滤后,原生矿中有90%的次显微金转变为显微金—明金,可能就是在此机制下形成的。笔者以为此种机制也是铜陵地区各硫化物矿床氧化带自然金颗粒次生增大的主要机制。

富集在半氧化带中的金则主要是由于不完全氧化,黄铁矿晶格破坏,硫发生流失,金在原基础上发生相对富集的结果。

地下水作用也控制着剖面中金富集部位,一方面地下潜水面直接决定着氧化-还原界面,影响着金的聚集部位,另一方面,地下水面变化使金可再迁移、再分配,本区地下水升降范围在0~+100m之间,和金富集标高大致相同,说明地下潜水面深度对金在剖面中的富集部位有着毋庸置疑的影响。

由于地下水面反复升降,且总体呈下降趋势,导致金富集亚带和银次生富集带重叠、交织在一起,使得本矿床氧化带剖面中上金下银现象不明显。同时由于溶液中游离的金和银在相同的介质条件下同时沉淀形成同一种矿物,从而引起金成色降低。据镜下观察统计,原生矿金银颗粒中有90%为自然金,而氧化矿中自然金颗粒只占56%。另据王恩德对某些氧化矿石中金粒所作的扫描点分析^①表明,金粒具有高银低金的中心和高金低银的边缘,指示金是围绕原始某些含银较高的金粒沉淀的,这就解释了为什么本矿床氧化带中下部自然金比原生矿自然金金粒增大但成色变低的原因。

5 矿床形成的地质-地理条件

通过对本矿床的研究,我们认为下列因素对形成铁帽型金矿床有重要影响:①原生矿有较高的含金丰度和一定的规模。这是物质基础。铜陵地区各硫化物矿床氧化带中普遍含金,主要是原生矿有较高金含量所致,而我国华南某些块状硫化物矿床(如广东红岩硫铁矿、云浮大降坪硫铁矿等)的氧化铁帽含金较低,达不到金矿品位,主要和原生矿金含量较低有关。原生矿只有较高的含金品位还不够,还应有一定的储量规模。铜陵代家冲铁帽金矿之所以规模不大,储量小于1t,主要与原生矿规模较小有关。②良好的金聚集条件。黄狮涝山金矿床矿体顶板为溶蚀大理岩、白云岩,空洞发育,而矿体底板则为粉砂岩、泥质粉砂岩。粉砂岩、泥质粉砂岩在矿区为不透水岩石,它们作为矿体底板可有效地防止金分散、流失,有利于金的聚集。而地层倒转时,溶蚀大理岩、白云岩作为矿体底板,一般不利于金的聚集。③温湿多雨。铜陵地区处于温湿多雨地区,气候的炎热多雨有利于硫化物氧化分解。④适当的构造变动。构造变动一方面可导致矿体、围岩破碎,有利于地下水向下渗透、硫化物氧化分解;另一方面,构造变动可使地壳抬升,使地下水发生升降,地下水反复升降且总体呈下降趋势,有利于氧化作用向深处发展,利于较大规模的铁帽型金矿形成。黄狮涝山金矿床正是在地下水反复升降且总体呈下降的背景下形成的。⑤适当起伏的地形。铜陵地区位于丘陵山区,地

① 王恩德, 1991, 金的表生成矿地球化学研究——兼论安徽铜陵地区铁帽型金矿床的成矿模式。东北工学院博士学位论文

形有一定起伏,起伏的地形有利于地表、地下水作侧向运动,便于硫化物氧化分解,形成铁帽型金矿床。

6 小 结

通过上述讨论,可以看出黄狮涝山金矿床的形成经历了三期成矿作用,金富集是在原生含金硫化物矿体基础上经后期风化改造而成。石炭纪时期的海底喷气沉积成矿作用为矿床形成奠定了丰富的物质基础。中生代燕山期,经构造-岩浆作用,含矿热液叠加,提高了层状含金块状硫化物矿体的含金品位。新生代,在构造、气候、地下水、地形等综合作用下,原生含金硫化物遭受氧化、分解,金发生解离、迁移,在氧化带中下部及半氧化带中聚集,形成了现今具有工业意义的独立金矿床。

本文是集体成果。工作过程中得到了812队同志的热情支持和大力帮助,苏立洛、林刚、陈玉龙、薛建环等参加了本项工作。本文完稿,南京大学徐克勤教授审阅了全文,并提出宝贵意见,谨此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 徐克勤,朱金初.我国东南部几个断裂拗陷带中沉积(火山沉积)热液叠加类铁铜矿床成因的探讨.福建地质,1978,(4):35~46
- 2 曹晓生,孔德凤.安徽铜陵新桥铁帽型金矿床分带特征与成矿作用.地质找矿论丛,1991,6(4):71~78
- 3 刘成刚.铜陵地区含金硫化物矿床氧化带特征及金银的赋存状态.地质找矿论丛.1992,7(2):55~65
- 4 H B 涅斯捷罗夫.东北亚地区金矿床的表生富集,李瑛等译.1989,49~61、141~142
- 5 顾连兴,徐克勤.论长江中下游石炭世海底块状硫化物矿床.地质学报,1986,(2):177~186
- 6 韩发 R W 哈钦森.大厂锡矿床成因综合分析及成矿模式.中国地质科学院院报.北京:地质出版社,1991.第22号,68~70
- 7 Plyusnin A M. et al. The behavior of gold in the oxidation of gold-bearing sulfides. *Geochemistry International*, 1981, 18(3): 116~122

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE HUANGSHILAOSHAN GOLD DEPOSIT IN TONGLING, ANHUI PROVINCE

He Jinxiang

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210008)

Yu Guozhen and Zhu Yalin

(Institute of Geology, East China Bureau of Geological Exploration, Hefei)

Wang Bingheng

(East China Bureau of Geological Exploration, Hefei)

Key words: the Huangshilaoshan gold deposit, geological characteristics, genesis of the ore deposit, Tongling of Anhui Province

Abstract

The Huangshilaoshan deposit is a gossan type gold deposit that has experienced a complex history of evolution. Field observation and laboratory work reveal that the formation of the ore deposit underwent three phases of mineralization, namely exhalative sedimentation, hydrothermal superimposition and weathering-leaching, of which the first and the third phases were two major ore-forming periods and the second phase made less important contribution. Finally, the authors discuss the enrichment regularity of gold in the weathering-leaching process and the geological-geographical conditions for the formation of this kind of gold deposits.