

江西大背坞金矿床矿石物质组成及金的赋存状态

陈茂松

(江西地勘局 916 大队)

大背坞金矿床属贫硫化物(糜棱岩)石英脉型,该矿床有用组分唯有 Au,自然金是 Au 最主要的赋存形式,几乎集中富集了全部 Au 组分。虽然矿石中有极微量的银金矿,并在方铅矿中发现可能还存在于次显微金,但含金量却微不足道。石英、黄铁矿、毒砂是自然金的主要载体,自然金成色高,多以中粗粒裂隙金形式产出,粒间金次之,包裹金较少。本矿床中黄铜矿、方铅矿、闪锌矿不发育,含量少,但它们与自然金关系密切,镜下常常发现与自然金共生赋存于较粗粒的黄铁矿、毒砂等载金矿物中。这 3 种硫化物是发现富矿化的标志。铅同位素结果表明本金矿成矿物质来源于前震旦纪变质沉积岩,中元古界双桥山群是矿源层。金以络合物的形式迁移,当温度降低(低于 300°C),含矿溶液进入容矿空间压力降低,金发生沉淀。矿化早期石英脉包裹体 pH 值 4.91, Eh 值 164.52,到矿化主期 pH 升高到 6.38~6.72, Eh 降低到 57.44,从而使金在溶液中的溶解度大大降低,促使金发生沉淀。

关键词 金矿床 物质组成 赋存状态 成矿机理 大背坞 江西省

1 矿床地质概况

大背坞金矿位于障公山地体内石鼓复背斜核部、大背坞韧性剪切带中段、鹅湖花岗岩体西侧 2 km 处^[1,2],为一受韧性剪切构造控制的沉积变质岩浆热液中高温充填交代矿床。赋矿围岩为中元古界双桥山群第 2 第 3 岩组板岩、含钙板岩、变质粉(细)砂岩。本矿床属贫硫化物金矿床,矿体产于北东、北东东走向的含石英脉剪切破碎带中(以下简称含脉带),顺含脉带产出。目前共发现含金脉带 14 条,其中 4 条主要含金脉带已进行了勘探。此外矿区外围浅变质岩中还分布有赖家、猫儿颈、虎形、金宝、天井坞等多个矿床、矿(化)点,东侧约 5 km 处为一中型砂金矿床(图 1)。

2 矿石物质组成

2.1 矿石化学成分

根据矿石中矿物共生组合的不同特征,矿石的自然类型可分为自然金-硫化物石英脉型和自然金-硫化物糜棱岩型。这两种类型矿石中硫化物含量均小于 2%,属贫硫化物矿石,两种类型矿石在矿床内或同一矿体中的分布无明显规律,实际也无法进行分采,因

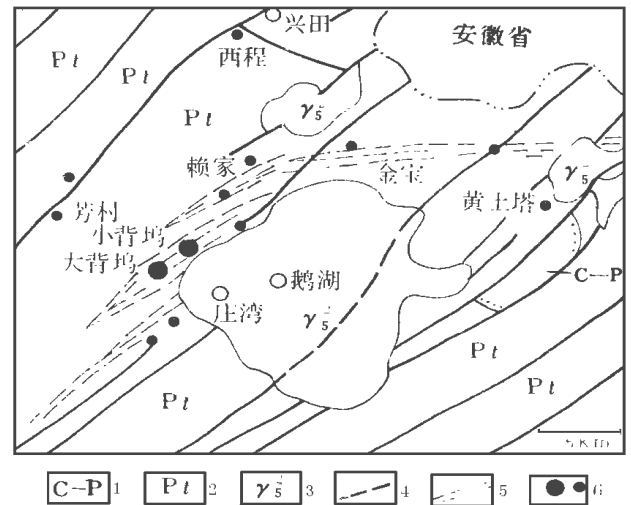


图 1 大背坞矿区外围金矿床(点)分布图

Fig. 1 Distribution of gold deposits in Dabeiwu gold field
1- 石炭系-二叠系 (Permo-Carboniferous); 2- 中元古界双桥山群 (Mesoproterozoic Shuangqiaoshan group); 3- 燕山期花岗岩 (Yanshanian granite); 4- 断层 (fault); 5- 韧性剪切带 (ductile shear zone); 6- 金矿床、矿(化)点 (gold deposit/prospect)

此只按混合类型矿石进行样品组合作化学全分析研究。分析结果见表 1。此外曾对选矿大样重选和浮选的精矿作多元素化学分析,分析结果见表 2。

从表 1 可以看出,矿石的基本化学成分以各种造岩元素占据主导地位,并以多种硅酸盐的形式出现。矿石中的各种金属元素除金达到工业利用的富集程度外,其他金属元素含量较低微。主要有害元素为 As。从

本文为“江西省浮梁县大背坞金矿区狮子坞矿段勘探地质报告”、“江西省浮梁县大背坞金矿控矿构造及金的富集规律”专题报告的部分地质内容,参加矿床勘探及专题研究工作的还有尤金宝、刘南庆、沈庭远等,资料为集体劳动成果。

收稿日期: 1998-09-06. 邵晓东编辑.

表 1 矿石化学分析结果表

Table 1 Chemical analysis result for ore

矿体号 单位	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	As	S
A8- I	65.39	13.99	0.80	3.19	1.02	1.54	4.35	0.66	0.12	0.25	0.52	
A8- II 10 ⁻²	64.67	14.44	1.18	3.45	1.26	1.66	4.84	0.53	0.71	0.095	0.27	0.44
A9- II	62.33	14.57	1.33	3.50	1.56	1.88	5.19	1.10	0.70	0.113	0.25	0.77

矿体号 单位	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Sb	WO ₃	Sn	Mo	Cd	Nb
A8- I	5.48	4.00	44	118	100	18		13			
A8- II 10 ⁻⁶	3.96*	1.14	42.4	54	112	7.35	8.4	3.1	4.7	0.72	40
A9- III	32.9*	0.28	43.8	74	120	5.65	37.7	3.1	8.0	0.36	40

* TFe; ** 由基本分析样品品位厚度加权求得 测试单位: 江西地矿测试中心

表 2 精矿多元素化学分析结果

Table 2 Chemical analysis of multi-element for ore concentrate

	Au*	Ag*	S	As	TFe	Te*	Se*	Sn	Sb*	Ca	Pb	Zn
重选精矿	228.95	4.88	21.00	13.70	35.47	3.12	10.68	0.085	9.4	0.032	0.14	0.01
浮选粗矿	344.2	15.5	31.57	15.66	35.05	4.42	44.6	0.080	12.5	0.035	0.16	0.01

单位: 10⁻², * 为 10⁻⁶ 测试单位: 江西地矿测试中心

表 2 可以看出, 无论是重选还是浮选流程所获得的精矿都显示金组分高度富集, 表明矿石中的金基本来自自然金及载金硫化物. 但同时矿石中的有害组分 As、S 及 TFe 也呈现高度富集. 这是由于精矿中 90% 主要为黄铁矿、毒砂等硫化物.

2.2 矿石的矿物成分

通过大量的光片、薄片及人工重砂鉴定, 查明了组成矿石的矿物成分有近 40 种, 含金矿物主要为自然金, 偶见银金矿及自然银. 共生的金属硫化物主要有黄铁矿、毒砂, 少量与偶见的有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、白铁矿、斑铜矿、辉钼矿、黝铜矿、铜蓝等. 硫化物矿物含量的质量分数在 1% ~ 2% 左右. 其他金属矿物含量较少, 总量小于 0.5% 质量分数, 主要为赤铁矿、针铁矿, 少见及偶见的有磁铁矿、水针铁矿、硬锰矿、锡石、锐钛矿、白钨矿、磷氯铅矿、白钛石等. 矿石中的脉石矿物主要为石英、绢云母, 所占质量分数分别为 52%、38%, 碳酸盐类矿物(白云石、方解石、菱锰矿等)质量分数约为 5.5%, 其他脉石矿物有绿泥石、高岭石、伊利石、斜长石、电气石等, 总量所占质量分数约为 1%. 主要载金矿物特征简述如下.

(1) 黄铁矿 为本矿床最主要的载金矿物之一. 在矿体内部黄铁矿分布不均匀, 多发育在含脉带内的石英脉体边部与外侧围岩中. 黄铁矿形态以立方体单形最发育, 八面体、五角十二面体及聚形的黄铁矿较少见. 统计表明, 立方体及其歪晶黄铁矿占 77.2%, 立方体与八面体、立方体与五角十二面体聚形晶占

22.8%. 黄铁矿粒度大小悬殊, 大者大于 5 mm, 小者不到 0.002 mm. - 3 mm 原矿粒度分析统计大于 0.5 mm 者占 56.45%, 0.1 ~ 0.5 mm 者占 31.14%, 小于 0.1 mm 者占 12.40%. 前两者以自形、半自形为主, 后者多为他形、半自形. 黄铁矿的生成顺序大致可分为 4 个世代. 第一世代为糜棱岩发育过程中形成的变斑晶黄铁矿, 第二世代黄铁矿多发育在矿体内的石英脉体边部及外侧围岩中, 这两个世代的黄铁矿都以中—粗粒 (大于 1 mm) 为主, 含量分别为 $n \times 10^{-6}$, ($n \times 10$) $\times 10^{-6}$ ($n=1 \sim 9$, 下同). 第三世代黄铁矿一般发育在石英脉体边部及围岩裂隙和硅化发育部位, 往往包围前两个世代的黄铁矿, 以中—细粒为主, 此种黄铁矿含金性最好, 含量一般为 $(n \times 100) \times 10^{-6}$. 第四世代黄铁矿不发育, 常常与晚期形成的石英细脉共生, 以细粒 (小于 1 mm) 为主, 含量一般为 $n \times 10^{-6}$. 第二、三世代黄铁矿与金矿化关系最密切.

(2) 毒砂 为本矿床又一主要载金矿物. 与黄铁矿相比, 毒砂分布更不均匀, 可见几率更低, 主要分布于石英脉体与糜棱岩接触部位及靠糜棱岩一侧. 毒砂多呈团块状、星点浸染状及粗短脉状形式产出, 个别坑道中见脉幅为 3~5 cm 的毒砂脉. 单体毒砂以自形、半自形柱状或三连晶为主, 他形次之. 粒度粗细不均, 肉眼所见最大者达 11.5 mm \times 5.5 mm, 最小粒径为 1 μ m 左右. - 3 mm 原矿粒度分析统计大于 0.5 mm 者占 64.72%, 0.1 ~ 0.5 mm 者占 24.44%, 小于 0.1 mm 者仅占 10.84%. 毒砂单矿物化学分析 (3 件) 其含金平均为 32.99×10^{-6} .

(3) 黄铜矿、方铅矿、闪锌矿 这 3 种硫化物在矿石中分布少量。黄铜矿以他形晶为主, 粒度多小于 0.02 mm。方铅矿的可见几率比黄铜矿更小, 肉眼偶见的方铅矿呈立方体自形晶或他形, 粒径约 1~2 mm, 呈浸染状或局部集合体以团块状分布于矿石中。闪锌矿在宏观上难得见及, 镜下发现的闪锌矿与黄铜矿类似呈他形粒状。这 3 种矿物与自然金连生的现象较普遍, 因此这 3 种矿物的出现是富矿化的标志。此外, 据电子探针成分分析, 个别方铅矿中发现有极微量的 Au 元素 (0.009%) 存在, 显示矿石中可能有次显微金赋存。

(4) 石英 石英在矿石中分布十分普遍, 矿石中脉石英含量的质量分数达 20%~80%。脉石英是自然金的最主要载体。石英在矿石中多呈他形粒状, 少见自形—半自形结构。矿化石英脉中的石英粒度较粗, 但粒径相差悬殊, 粗者大于 0.5 mm, 小者小于 0.03 mm。粗粒石英内形变效应显著, 波状消光、变形纹、亚颗粒等微观构造发育。细粒石英可分为 3 类, 即粒化石英、静态重结晶石英和动态重结晶石英。粒化石英一般围绕粗粒石英周边发育, 形态不规则, 静态重结晶石英晶形边界比较平直, 近似于等边多边形, 动态重结晶石英均为他形粒状, 长轴有一定优选方位, 波状消光明显, 细粒石英经常与细粒金属硫化物伴生或共生。矿化蚀变碎裂糜棱岩内的石英以细粒他形为主, 多保留原岩结构构造, 其中的细石英脉的石英多呈半自形—他形结构, 具波状消光现象。石英单矿物化学分析 (2 件) 结果显示, 石英的含金量为 0.65×10^{-6} 。

3 金的赋存状态

矿石中金元素几乎全部以自然金形式存在。银金矿及方铅矿中可能存在的次显微金不是金的主要赋存形式, 含金量甚微。从光片及手工淘洗出的 264 粒自然金分析统计, 裂隙金占 68.06%, 自然金嵌布于石英、黄铁矿、毒砂、铁镁碳酸盐矿物、方铅矿等矿物的微裂隙中 (照片 1 2 3 4) 或自然金与方铅矿、黄铜矿、闪锌矿或其中的一种一起赋存于载金矿物中 (照片 6)。粒间金约占 21.90%, 自然金或自然金与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿 (或其中之一) 连生嵌布在石英、石英—硫化物、石英—绢云母—绿泥石、石英—铁镁碳酸盐矿物及硫化物粒间 (照片 5 6)。包体金约占 10.04%, 自然金呈包裹体状、乳滴状发育在黄铁矿、毒砂等载金矿物内, 有时自然金与黄铜矿或方铅矿、闪锌矿等共同构成包裹体 (照片 7 8)。

上述自然金的嵌布形式, 说明主成矿期自然金的大量生成明显晚于碎裂黄铁矿、毒砂、石英等, 而与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿属同时生成, 虽然黄铜矿、方铅矿、闪锌矿矿化弱, 但它们与自然金的密切共生关

系可作为发现富矿化的标志。

金的粒度 矿石中金的粒度大小极悬殊, 肉眼所见最大者粒径达 3.5 mm, 重 0.3 g (网状), 镜下所见最小粒径小于 $1 \mu\text{m}$, 质量约 1 mg。统计表明, 大于 0.076 mm 的中粗粒金、粗粒金及巨粒金占自然金总矿物量的 75.25%。但显微金和细粒金 (0.0002~0.04 mm) 在自然金矿物颗粒数量上占绝对优势, 占 81.2%。在中粗粒以上的自然金中, 以粒径大于 0.2 mm 明金形式产出的自然金所占比重很大, 据统计粒径大于 0.3 mm 的自然金矿物量占自然金总矿物量的 48.24%。

金的形态 自然金形态比较复杂, 较常见的有他形浑圆状、乳滴状、树枝状、片状、似菱形状、哑铃状、曲蛇状等, 较少见的有尖角粒状、棒状、细丝状, 偶见有自形、半自形的微细八面体、立方体及平行 [111] 不等向生长的较粗大板状晶体, 反映了自然金较复杂的形成环境。

自然金成分、成色 自然金单矿物电子探针分析结果 (7 件) 表明, 自然金中含 Au 98.00%~99.50%, 只含微量 Ag 0.5%~1.81%、As 0.00%~0.004%、Fe 0.01%~0.05%、Cu 0.012%~0.14%、Pb 0.00%~0.003%、Zn 0.002%~0.001%。自然金成色为 981~995, 且不同部位成色变化不大。

4 成矿机理

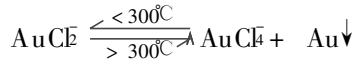
4.1 物质来源

本地区赋矿围岩中元古界双桥山群第 2 岩组含金 6.90×10^{-9} , 第 3 岩组含金 3.70×10^{-9} , 均高于上地壳克拉克值 (1.8×10^{-9}), 中元古界双桥山群可能是大背坞金矿原始的矿源层。本矿床黄铁矿、毒砂 $\delta^{34}\text{S}$ 为 -4.9%~-11.8%, 极差 6.90, 为轻硫型, 表明硫来自中元古界双桥山群浅变质海相沉积岩系。铅同位素值为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 27.575~17.799, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.573~15.614, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 37.886~37.961。在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 座标图上, 2 点落于上地壳与造山带之间, 1 点落于造山带附近, 说明铅以壳源为主, 来自前震旦系变质沉积岩。

4.2 矿液中金的迁移

对流体包裹体成分的研究可为确定金的迁移提供可靠信息。本矿床成矿阶段石英的流体包裹体液相成分为 Na^+ 5.72~13.06 $\mu\text{g/g}$, K^+ 0.00~2.60 $\mu\text{g/g}$, Cl^- 7.84~22.23 $\mu\text{g/g}$, F^- 0.01~0.09 $\mu\text{g/g}$, 气相成分为 CO_2 48.93~108.34 $\mu\text{g/g}$, CH_4 0.00~0.71 $\mu\text{g/g}$, H_2O 645.80~1016.75 $\mu\text{g/g}$ 。反映了本矿床成矿流体为以 H_2O - NaCl - CO_2 为主的流体体系, 并富含 CO_2 。测得包裹体均一温度为 180~386 $^\circ\text{C}$, 平均

280°C. 经压力校正后得到捕获温度为 233~ 423°C, 平均 323°C. 一般地, Au 在高温、酸性、富氯和较高氧化态的热液中呈氯络合物形式发生迁移^[3]. 本矿床石英包裹体的特征基本反映了这一特点, 说明本矿床矿液中 Au 主要以氯络合物形式发生迁移. 在大于 300°C 的高温时, Au³⁺ 的络合物不稳定, 金主要以 Au⁺ 的络合物稳定形式发生迁移; 当温度低于 300°C 时, Au⁺ 的络合物不稳定, 会发生歧化反应, 析出部分自然金.



4.3 金的沉淀

矿液在运移过程中所产生金的聚集与沉淀即意味着矿床(体)的形成. 这是由于物理化学条件的急剧改变而导致流体卸载络合物迅速分解与沉淀的结果. 促使金在氯络合物溶液中沉淀的因素有: 温度、压力降低, pH 值升高, Eh 值降低及氯化物活度下降. 本矿床矿体均产于脆-韧性剪切作用形成的含脉剪切破碎带中. 这些构造破碎带不仅为矿质的沉淀提供了良好空间, 更重要的是在地壳中产生一个压力梯度场, 促使成矿溶液向该部位迁移, 导致降压沸腾, 有利于金的沉淀. 本矿床矿化早期石英脉包裹体的 pH 值为 4.91, Eh 值为 164.52; 矿化主期石英脉包裹体的 pH

值为 6.38~ 6.72, Eh 值为 57.44~ 77.56. 表明成矿热液呈弱酸性, pH 值升高, Eh 值降低, 从而使得金在溶液中的溶解度大大降低, 促使了金的沉淀.

5 参考文献

- 1 马长信, 等. 赣东北前震旦纪地质. 北京: 地质出版社, 1992, 194~ 208.
- 2 陈茂松. 江西大背坞金矿床地质特征及成因初探. 江西地质, 1996, 10(3): 167~ 175.
- 3 郑明华, 等. 层控金矿床概论. 成都: 成都科技大学出版社, 1989, 14~ 42.

照片说明

- 1 自然金呈细脉状嵌布于毒砂裂隙中, 粒状金产于石英粒间 反光 10× 40
 - 2 自然金嵌布于黄铁矿裂隙中 反光 10× 8
 - 3 自然金呈细脉状充填在毒砂裂隙中, 或穿孔交代毒砂 反光 10× 16
 - 4 自然金胶结黄铁矿碎斑 反光 10× 40
 - 5 自然金嵌布于脉石矿物粒间或裂隙中 反光 10× 8
 - 6 自然金与方铅矿连生嵌布于脉石矿物粒间以及裂隙内 反光 10× 40
 - 7 自然金与闪锌矿连生, 似包裹体状嵌布于黄铁矿中 反光 10× 40
 - 8 自然金呈包裹体嵌布于毒砂中 反光 10× 40
- Py- 黄铁矿; An- 毒砂; Qz- 石英; G- 自然金; Gal- 方铅矿; Sph- 闪锌矿; Chal- 黄铜矿; Dol- 白云石

ORE MATERIAL COMPONENT AND GOLD OCCURRENCE OF DABEIWU GOLD DEPOSIT, JIANGXI PROVINCE

Chen Maosong

(No. 916 *Geologic Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources*)

Abstract

Dabeiwu gold deposit, where Au is the only useful element, belongs to sulfide-poor mylonite quartz vein type. Natural gold is the dominant occurrence form, in which almost all Au component concentrate. There is utmost small amount of electrum in the ore, and secondary micro-gold may be found in galena, but the content of gold is very little. Quartz, pyrite and arsenopyrite are the main carriers of natural gold. The fineness of the natural gold is quite high. Most of the gold occur as medium-macrograined crevice-gold, with minor intergranular gold and less inclusion gold. Chalcopyrite, galena and sphalerite are closely related to natural gold, although their contents are low. They are usually found intergrowing with natural gold in macrograined pyrite and arsenopyrite. The mineralization of the three sulfides is the indicator to rich ores. The Pb isotope result shows that the ore-forming material is derived from pre-Cambrian metasedimentary rocks. Mesoproterozoic Shuangqiaoshan group is the source bed of ore. Au migrates as complex and precipitates as the decreasing of temperature ($< 300^{\circ}\text{C}$) and pressure. At the early stage of mineralization, the pH value of inclusion in quartz vein is 4.91, Eh 164.52. During the main stage of mineralization, the pH value gets up to 6.38~6.72, while the Eh value lowers down to 57.44. The lowered dissolubility of Au in solution makes the precipitation of Au.

Key words gold deposit material component occurrence ore-forming mechanism Dabeiwu Jiangxi Province

作者简介 陈茂松 男 1963年生,毕业于中国地质大学(武汉),现任地矿工程师,主要从事金矿地质勘查与金矿床的生产与科研工作. 通讯地址:江西省九江县沙河街庐山南路123号,江西地勘局916大队;邮编332100.