

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

一砂卡岩型铜矿床中金、银分布 规律及赋存状态的初步认识

莫友忱 执笔

本文根据近两年来取得的一些资料和历年来化学分析、组合分析、单矿物分析、重砂和光薄片成果,加以整理和总结而成,以供参考,不当之处,敬请指正。

一、矿区地质概述

矿区位于一槽背斜的中部。岩层由深变质粉砂岩夹灰岩组成,呈单斜构造分布。本区地层大都被海西期黑云母斜长花岗岩侵入和包围。

区内侵入岩主要为黑云母斜长花岗岩,近东西向,呈岩株出现,出露面积约30平方公里,根据绝对年龄分析为海西期(2.49亿年)产物。矿区位于该岩体的西南端,岩体产状变化很大,界面倾向 $230-305^{\circ}$,倾角 $30-70^{\circ}$ 。其次为白岗质花岗岩,沿斜长花岗岩体的边缘或层间断裂带呈小岩株或岩脉产出。再次为细晶闪长岩,侵入时间较黑云母斜长花岗岩早,呈岩脉或岩株侵入。

区内岩石普遍遭受接触变质和接触交代作用,主要岩石有黑云母角岩、黑云母闪石角岩、角岩化粉砂岩、大理岩、粒状石榴石砂卡岩、透辉石化石英角岩、透辉石硅灰石砂卡岩、硅灰石砂卡岩、符山石石榴石砂卡岩等。

矿床由三个砂卡岩带组成,矿化与砂卡岩带产状一致。

原生矿石主要有:黄铜矿磁铁矿矿石、黄铜矿石榴石矿石、黄铜矿斑铜矿矿石、辉铜矿斑铜矿矿石、斑铜矿石榴石矿石和磁铁矿矿石。主要金属矿物为黄铜矿、斑铜矿和磁铁矿,其次是闪锌矿、辉铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、赤铁矿和镜铁矿及黝铜矿、方黄铜矿、硫砷铜矿、银金矿和自然银等。次生氧化矿物种类繁多,主要有孔雀石、蓝铜矿、铜兰、辉铜矿、赤铜矿、白铁矿、赤铁矿、褐铁矿(水针铁矿)等。非金属矿物主要有钙铁石榴石、钙铝石榴石、透辉石、硅灰石、符山石、石英、方解石等。

矿石构造有块状、条带状、胶结状、填隙状、浸染状、胶状等六种,以填隙状分布最广泛,其次为浸染状和块状。矿石结构:绝大多数为他形晶粒状结构,其次为固溶体分离的结构(如,乳滴状、页片状似文象、格状交代溶蚀、网状等)。

矿体的赋存规律有以下三点:

1. 工业矿体均赋存在砂卡岩带内,而砂卡岩带皆在大理岩与粉砂岩的层间,或大理岩体的边缘。

2. 在大理岩和黑云母角岩的层间断裂带和大理岩透镜体的下盘或尖端,交代作用最

强、矿化最好；在贫铁的围岩中，铜矿化常常较强，但形成的矿体规模小，形状复杂，品位变化大。

3. 成矿前的层间构造断裂带，或构造裂隙群内常常富集较大的矿体。在孔隙度较大的粒状石榴石砂卡岩，粒状符山石石榴石砂卡岩，硅灰石砂卡岩内，一般矿化都较好。而致密状石榴石砂卡岩，黑云母斜长花岗岩与黑云母角岩中，一般不易富集成工业矿体。

矿床成因：根据矿体的空间分布和矿石的构造结构研究，认为属于砂卡岩晚期热液交代和热液充填型铜矿床。

矿床中有益伴生元素有金、银、碲等。

金在矿床中普遍有富集现象，在矿石中的含量由 0.2 克/吨—1 克/吨，高于地壳克拉克值十几倍。

银通常和金伴生。在矿石中，含几克/吨—几百克/吨，较地壳克拉克值有明显增高。在矿石中银含量普遍比金高，一般为金的 15—30 倍。

二、金银在矿床中的分布和富集规律

(一) 金银在矿石中的分布和富集规律

金银主要赋存在硫化矿石中，但在不同类型的硫化矿石中，它们的分布和富集程度又不相同（图 1）。现将各种矿石类型中主要元素的平均品位列于表 1，各种矿石类型的人工重砂中金银含量列于表 2。

由表 1、2 和其他统计资料来看，金银在矿石中富集规律可以归纳如下：

1. 在铁铜矿石和铜矿石中普遍富集金银，在磁铁矿矿石、闪锌矿矿石和黄铁矿石英脉中均不含金银。
2. 在铜矿石中，以辉铜矿斑铜矿矿石和块状斑铜矿矿石含金银最高，黄铜矿斑铜矿矿石次之，黄铜矿石榴石矿石和黄铜矿磁铁矿矿石中也普遍含金银，但品位较低。
3. 致密块状铜矿石中金银品位较浸染状矿石高，金银含量随着矿石中铜含量的增高

表 1 各种矿石类型

矿石类型	代表性样品数	元素含量					Ag, Au
		Au (克/吨)	Ag (克/吨)	Cu (%)	Fe (%)	Zn (%)	
磁铁矿矿石	5	0	0	0.08	56		0
磁铁矿黄铜矿矿石	46	0.4	8	1.75	40		20:1
黄铜矿石榴石矿石	7	0.4	12	1.1			30:1
黄铜矿斑铜矿矿石	6	4	94	3			23.5:1
斑铜矿石榴石矿石	5	11.7	356.8	10.1			30.5:1
辉铜矿斑铜矿矿石	1	2.31	211.91				91.7:1
闪锌矿黄铜矿矿石	2	0.86	6.75	0.3		1.5	
闪锌矿斑铜矿矿石	2	0.5	67	1.97		0.55	
黄铁矿黄铜矿矿石	2	1.25	61.81	3.42	25		
黄铁矿闪锌矿磁黄铁矿黄铜矿磁铁矿矿石	1	0	0	0.3	44		

1. 金银主要富集在辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿和黄铁矿中,分布不均匀。而磁铁矿、镜铁矿、闪锌矿中含量少,或不含。在石榴石其中所选两个脉石矿物中,一个含金 4.41 克/吨,另一个洗掉沾在石榴石表面,或溶解其裂隙中的金和银,化验结果含金 0.06 克/吨,含银 3.14 克/吨,这说明金银多数附在石榴石表面或充填在裂隙里。在方解石中没发现金银。

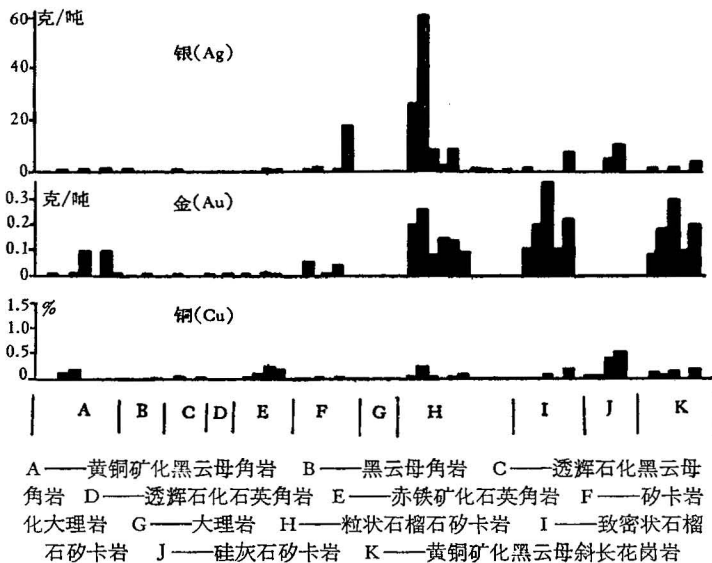
2. 金银在单矿物中分布很不稳定。如 1 号矿体的黄铜矿含金 0.7 克/吨,银 55 克/吨; 2 号矿体黄铜矿含金 11.62 克/吨,银 205.27 克/吨,后一样品的金为前一样品的 16.6 倍,而银为 3.72 倍。

3. 从单矿物分析资料看来,银含量比金高很多倍,一般为 17—79 倍。其中以辉铜矿、斑铜矿含银最高,黄铜矿次之。在黄铁矿、磁铁矿、镜铁矿中也含有微量的银。

(三) 金银在围岩中的分布

金银主要赋存于硫化矿石中,但在矿体的围岩中仍显示出主要元素和分散元素的异常。如 11 号矿体的黑云母角岩和 16 号矿体的黑云母角岩及黑云母斜长花岗岩中都具有程度不同的黄铜矿矿化。在这些矿化的围岩中普遍伴生有金银。现将矿区几种主要围岩列于表 4:

表 4



从上表可以看出,在大理岩、闪石角岩、白岗质花岗岩和透辉石化石英角岩中一般不含金银。但在上述围岩如果铜矿化之后,随着铜矿化的增高,伴生的金银也相应地增高。目前还没发现与铜矿化无关的独立金银矿体。

(四) 金银在空间的富集

在三个矿带中均有金银的富集现象,尤其以 1 号矿带的 II 号矿体金银含量最高,现按各矿带、矿体分别叙述如下:

1 号矿带 为窄长沿岩层走向分布的砂卡岩带,矿体平行矿带方向分布在砂卡岩

中。矿石主要呈填隙状和浸染状构造。少量块状铜矿石呈细脉沿砂卡岩节理或裂隙分布。前者矿体厚度较大,品位较稳定;后者脉幅较窄(几厘米到几十厘米),品位较高,铜含量1—30%,金银含量也相应增高。

I号矿体 矿体较零散,矿石类型也较复杂。金银含量以K57和K10两矿体最高,尤其K57中,辉铜矿斑铜矿矿石金银含量最高。在1号矿体的人工重砂中见有大量的银金矿和自然银。

II号矿体 矿体较大,矿石类型较简单,主要为黄铜矿斑铜矿矿石、斑铜矿矿石、黄铜矿矿石以及辉铜矿斑铜矿矿石。

由11勘探线向南北,金银含量随着铜含量减少而减少,矿石的矿物成分也由辉铜矿、斑铜矿和黄铜矿逐渐地过渡为辉铜矿、黄铜矿、闪锌矿,最后渐渐过渡为黄铜矿、闪锌矿、磁铁矿(到III号矿体)。由11勘探线沿走向向北西规律性较差。

11勘探线地表下11米组合样品含金1.1克/吨,银49.7克/吨,而在钻孔中,12.2米样品平均金品位3.07克/吨,银193.3克/吨,在13勘探线也有类似向地下深处矿体变宽,金、银、铜品位变富的趋势。

III号矿体 地表矿体较连续,但主要为黄铜矿石榴石矿石和黄铜矿磁铁矿矿石,金银含量普遍低(0.1—0.7克/吨),金银含量变化也较大。从19勘探线向21勘探线,铜含量逐渐减低,铁含量逐渐增高,金银含量也相应的逐渐降低。

2号矿带 矿体沿大理岩透镜体两侧分布,铜矿化以透镜体北端最好,金含量一般为0.3—0.7克/吨,个别达1.2—1.5克/吨,银10—60克/吨。

在矿体的局部位置如KM4—1和K121有金、银富集现象。

3号矿带 只有一个大矿体,主要为黄铜矿磁铁矿矿石和块状磁铁矿矿石。从地表和钻孔分析资料看来,铜矿化较普遍,金银矿化也较均匀,但品位较低,金0.2—0.6克/吨,银2—20克/吨。

(五) 金银在成矿作用过程中的富集

根据野外观察和光片鉴定认为,砂卡岩型铜矿床的形成可分为两个阶段(按晶出顺序从早到晚):

1. 氧化物阶段 主要为砂卡岩晚期,磁铁矿交代石榴石砂卡岩形成块状或填隙状构造矿石。

2. 硫化物阶段 在砂卡岩结晶结束之后,硫化物呈他形晶填充在石榴石砂卡岩或重迭在磁铁矿之上。

从矿石试金分析和单矿物分析,在本阶段早期结晶的黄铁矿、磁铁矿、闪锌矿中不含或少含金银。

表5 金属矿物晶出顺序表

	硫化物阶段	氧化物阶段	表生阶段
磁铁矿	—	—	—
赤铁矿	—	—	—
镜铁矿	—	—	—
黄铁矿	—	—	—
磁黄铁矿	—	—	—
闪锌矿	—	—	—
辉钼矿	—	—	—
斑铜矿	—	—	—
方黄铜矿	—	—	—
黄铜矿	—	—	—
黝铜矿	—	—	—
硫砷铜矿	—	—	—
辉铜矿	—	—	—
银金矿	—	—	—
自然银	—	—	—
铜蓝	—	—	—
白铁矿	—	—	—
赤铜矿	—	—	—
孔雀石	—	—	—
蓝铜矿	—	—	—
褐铁矿	—	—	—
水针铁矿	—	—	—

本阶段晚期,伴随着铜矿物而沉淀了大量的金和银。

表生阶段: 银、金常富集在残积、坡积、冲积层中。

矿区金属矿物的晶出顺序见表 5。

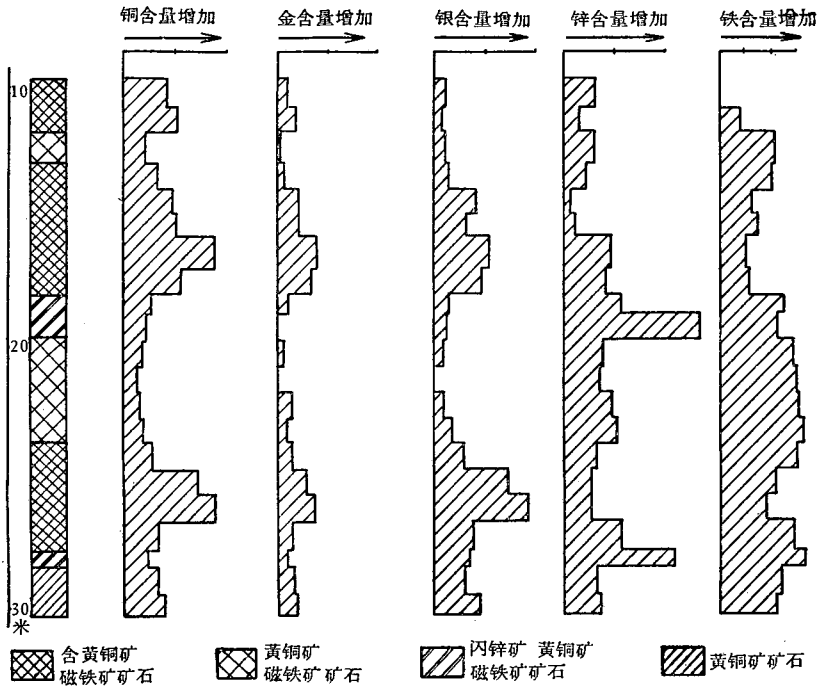
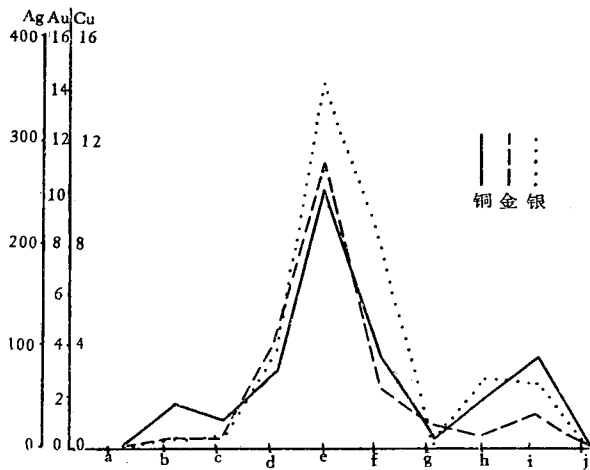


图 1 几种矿石中金、银与铜、铁、锌间相互关系



a——块状磁铁矿矿石 b——磁铁矿黄铜矿矿石 c——黄铜矿石榴石矿石 d——黄铜矿斑铜矿矿石 e——斑铜矿石榴石矿石 f——辉铜矿斑铜矿矿石 g——闪锌矿黄铜矿矿石 h——闪锌矿斑铜矿矿石 i——黄铁矿、黄铜矿矿石 j——黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿矿石

图 2 各种矿石中金、银、铜的含量关系

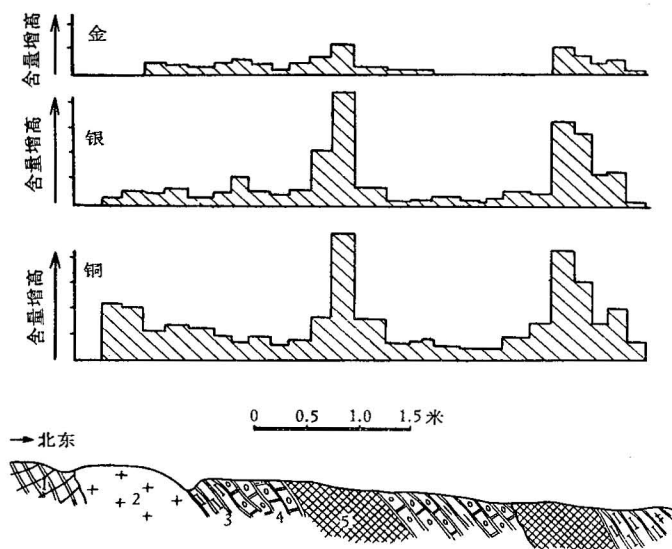


图3 地表黄铜矿磁铁矿矿石及其他岩石中金银与铜的关系
 1 黑云母石英角岩；2 孔雀石染黑云母斜长花岗岩；3 透辉石化石英角岩；
 4 石榴石砂卡岩；5 黄铜矿磁铁矿体。

(六) 金银和主要元素间的相互关系

为了查明金银和主要元素间的关系,将各种矿石类型的元素变化都做成曲线,而所得到的结果是一致的。如图1、2、3。

1. 金银和铜密切伴生,金银随铜含量增加而增加。
2. 金银与铁、锌无关。从几张图上都说明铁含量变化曲线是无规律的、与金银找不出因果关系来。
3. 金银与碲的关系不明显。
4. 金与银密切伴生,金含量随着银含量的增加而增加,银含量为金含量的15—30倍。

三、金银的赋存状态

研究金银的赋存状态,还没有找到成熟的方法,仅根据矿石试金分析、人工重砂分析、单矿物以及显微镜下光片研究等方法,对矿石中金银的赋存状态进行了初步工作。

(一) 金、银的质量

1. 金的成色: 坡积自然重砂的金粒,表面为金黄色,呈不规则扁豆粒状或片状,最大者1.4毫米,一般0.6毫米左右。人工重砂中金粒则是浅黄色,多为不规则片状或粒状。

将富矿石用人工重砂法获得的金做金的成色分析,含金77.88%,含银21.36%,与李深等同志的分析结果很相近(表6),银含量都超过了15%,因此,应属于银金矿。

而自然银,仅在人工重砂中发现8粒,不足以化学分析,双筒镜下特征为银白色,略有黄色色调、强金属光泽、长条扁平粒状或不规则片状、微化鉴定结果呈明显银的反映。

用矿石光片法研究金银在矿石中的存在形态和共生矿物间的关系是十分重要的,在

表 6

样号	化学分析%		光谱分析%										
	Au	Ag	Ag	Cu	Fe	Pb	Zn	As	Bi	Hg	Sb	Mg	Si
1	72.44	23.81	1—2	0.02								0.004	0.006
2	77.88	21.36		0.03	0.01	0.001	0.01	0.01	0.001	0.1	0.01		

注：1号样品为李文深等同志资料。

不同矿石类型的 45 块光片中,用磨光法找金粒和银均未发现。

根据人工重砂中获得的金粒制成的压型光片鉴定,金呈比较光亮的浅黄色,同一颗粒颜色有显著不同:黄色、浅黄色、白色。这是由于其中银含量变化所引起的。反射率很高,非均质性,硬度低,表面具擦痕。

(二) 金银的赋存状态

1. 金银主要存在于硫化矿石中,而且主要与铜矿物密切伴生,从矿石人工重砂和自然重砂分析指出,有独立的金矿物和银矿物。即银金矿和自然银。

2. 从对各种矿石单矿物分析可以发现,很大一部分金银分布在铜矿物中(黄铜矿、斑铜矿和辉铜矿)。

3. 说明在矿石中银含量高于金十几倍到几十倍,而发现的独立银矿物却很少,在银金矿中银只占矿物的 21—23%,由此,可以推断有很大一部分银存在于铜矿物中,尤其是斑铜矿、辉铜矿中。

4. 矿石可选性试验的结果指出,金银在选矿流程中,绝大部分富集在精矿中。从铁铜矿石的选铜过程分析,在铜精矿中金比原矿石高 3.8 倍,银和铜均高 6 倍(表 7)。

上述结果说明,铜矿物中的金、银随铜矿物的富集而富集,而呈独立银金矿的部分即落入尾矿中了。

从上面资料可肯定,本矿区的金和银

起码有三种赋存形式:即肉眼可见的;显微状的——这种颗粒仅在显微镜下才能见到,此外还有一部分存在其他矿物中,呈次显微状的。

表 7

含量	Au	Ag
原样品位	0.4	12.7
铜精矿中品位	1.52	77.13
铜尾矿中品位	0.11	3.6