

金矿床矿物成因矿物学 论文集

冶金部天津地质调查所

1983年5月

024-(19)

广东莲花山斑岩型合金、

钴钨矿矿床矿物研究

曾玖吾 王曼社

莲花山钨矿位于广东省汕头地区澄海县境内。1956年发现，1957——1958年勘探，获得钨储量2亿多吨，同年投入生产。黎彤等人在配合勘探过程中对该矿床进行了详细研究，61年著有《硫化物型黑钨矿——白钨矿矿床》一书。莫柱荪对该矿床考查后，首先提出斑岩型矿床认识。1979—1981年涂老光研究生谭运金著有研究生论文《广东莲花山斑岩钨矿床地质地球化学特征及矿床成因》对斑岩型矿床地球化学特征等进行了详细论述。81年黎彤研究生倪守斌著有《莲花山钨矿床同位素地质学研究》。从K—Ar、Rb—Sr、S同位素地质等方面进行了详细研究。提出了花岗岩、火山岩和矿床属同源产物的认识。广州有色研究院配合选矿试验在物质成分方面做了大量工作。

但是该矿床自投产以来，钨回收率一直较低（50%±），勘探报告指出了Sn、Bi、Cu、Co、Mo、Pb、Zn、Ag等可以综合利用，由于条件限制未能完全实现。在振兴钨业和钨砂滞销情况下，矿山提出了对钴、金的综合利用，我所配合对分散钨和金的赋存状态进行研究，工作集中三号矿体，对各中段主要坑道进行了观察和取样。

现正继续室内工作。

一、矿床地质简况

莲花山钨矿外围岩石，西边为大片中生代花岗岩，东边为大致NE—SW分布的中生代火山岩，南、北为下侏罗统小坪煤系砂页岩。褶曲平缓，断裂发育，主要为NE—SW及NW—SE走向。

莲花山钨矿区位于下侏罗统地层所组成的轴向NE—SW的炮台山背斜西北翼，矿区本身为一个轴向NE—SW的不明显的短轴背斜有多次岩浆活动，形成花岗岩株、石英斑岩、石英闪长玢岩岩墙等。

矿体主要产于石英斑岩体北边内外接触带中（图1），其次产于石英斑岩体的南边接触带，构成南、北两个矿带，共有七个矿体，以3号矿体最大，矿体产状与石英斑岩和砂岩接触面一致。

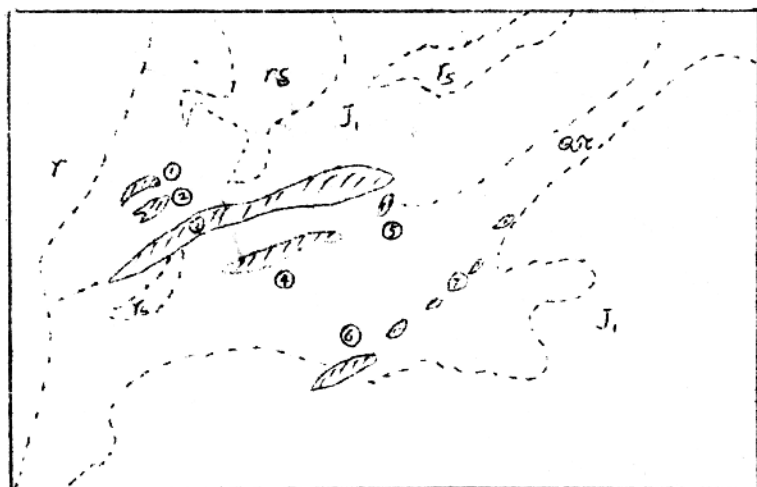
本矿床工业类型属网脉状硫化物黑、白钨矿床。

矿带产状走向 $N40^{\circ}-60^{\circ}E$ ，倾向SE $\angle 56-75^{\circ}$ 。北矿带长800米，地表平均宽130米，最大延深263米，南矿带长550米，地表平均宽10米，最大延深174米，矿体界线靠化验圈定。

矿带由许多网状细脉组成，有用矿物充填于细小网状裂隙中，部分浸染于围岩中。矿石类型主要为石英—硫化物型黑钨矿—白钨矿矿石，硫化物黑钨矿—白钨矿矿石及白云母—石英—红柱石型钨铁矿矿石（此类型只在南矿带中见有）。矿石构造为网脉状、角砾状和浸染状。矿床矿物以硫化物为主，非金属矿物较少。白钨占钨总量的 $\frac{1}{3}$ ，主要

广东莲花山钨矿地质示意图

图 1



- | | | | | | |
|----------------|--------|----|------|----|--------|
| ① | 矿体及编号 | r | 花岗岩 | rs | 石英闪长玢岩 |
| J ₁ | 下侏罗纪地层 | gr | 石英斑岩 | | |

引自莲花山钨矿地质测科

有用元素含量: WO_3 0.627%, Co 0.033%, Cu 0.147%, B 0.065%, Au 1.07 g/T, Ag 4g/T, As 0.77%, S 3.56%.

二、矿床矿物种类、围岩蚀变及矿物生成顺序

前人工作已发现原生矿物 31 种, 其中金属物 20 种有钨铁矿、黑钨矿、白钨矿、毒砂、斜方砷铁矿——斜方砷钴矿、黄铁矿、黄铜

矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、锡石、镜铁矿、辉钼矿、辉铋矿、自然金、锑铋矿、铜铅银铋矿、圆柱锡矿、辉钴矿；非金属矿物有白云母、石英、红柱石、赛黄晶、绢云母、绿泥石、柘榴石、电气石、正长石、方解石、黑云母等；次生矿物 19 种，有胶黄铁矿（白铁矿）褐铁矿、钨华、孔雀石、高岭土、铜兰、水胆矾、水绿矾、臭葱石、赤铁矿、软锰矿、斑铜矿、辉铜矿、泡铋矿、铋华、兰铁矿、白铅矿、石髓、砂孔雀石等。我们在工作中又发现有原生矿物，自然铋、碲铋矿 B、碲铋矿、自然银、钛铁矿、金红石、萤石，肯定了自然金、银金矿；次生矿物，水铁绿矾、粒铁矾、黄钾铁矾等。因而矿区矿物种类达 60 种以上，但最主要常见矿物为黑钨矿、磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂、斜方砷铁矿—斜方砷钴矿、黄铜矿、闪锌矿、石英、绢云母等。辉铋矿、自然铋、自然金、自然银、银金矿等粒度细，但分布还是比较普遍的。

含矿围岩蚀变种类比较复杂，计有云英岩化、钾化、绢云母化、硅化、绿泥石化、高岭石化等。云英岩化、钾化、主要发育在石英斑岩体中，硅化、绿泥石化、绢云母化与钨矿化和硫化物化紧密伴生，在离开矿体的砂岩中，绢云母化和绿泥石化也有发育。其形成顺序自早而晚为，云英岩化—钾化—硅化—绢云母化—绿泥化—高岭石化。

根据矿物相互关系，特别是穿插、交代、溶蚀现象等，大体可划分为三个矿化阶段。第一矿化阶段为云英岩化、钾化，在南矿带形成了特殊的红柱石、钨铁矿、锡石、白云母、石英、赛黄晶、绢云母组合；

在北矿带，这一矿化阶段也存在，但为后期矿化叠加。第二矿化阶段为硅化、绢云母化、绿泥石化，主要形成钨矿和大量硫化物。这一阶段中早期形成矿物受到晚期形成矿物的交代或细脉穿插，如黑钨矿被白钨矿和名种硫化物所交代；斜方砷铁矿—斜方砷钴矿和毒砂受到磁黄铁矿等穿插和交代；第三矿化阶段为绢云母化—绿泥石化，其矿化相对较弱，金、银、铅、铋等矿物呈细脉状穿插交代前阶段矿物。矿物生成顺序如表 1。从表中可以看出黑钨矿、白钨矿、黄铁矿、磁黄铁矿等有几个矿物世代。

广东省莲花山斑岩型含金钴钨矿床

矿化阶段及主要矿物生成顺序

表 1

矿化阶段 矿物生成顺序 矿物名称			一	二	三
			气化热液 阶段	钨—钴—硫化物 阶段	金、银、铅、铋 阶段
石		英	——	——	
白	云	母	——		
红	柱	石	——		
电	气	石	——		
锡		石	——		
钨	铁	矿	——	——	

三、几种矿物主要特征

前节已谈及该矿区主要钨矿物是黑钨矿、钨铁矿、白钨矿，主要硫(砷)化物是黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、

斜方砷铁矿—斜方砷钴矿、其次是闪锌矿、黄铜矿、方铅矿。它们的产出特征及微量元素含量，前人已有专著，在此暂不多叙述，只将所测化学成份、反射率及硬度列表于后(见表2、3、4)。由于我们目前工作重点是金、银类矿物，所以将金银类矿物及其共生矿物做一简要介绍。

表2 莲花山钨矿等砂岩中微量元素含量(%)

矿物种类	Cu	Fe	S	Au	Ag	Co	Ni	Pb	As	Bi	Sb	Te
毒砂(4)	0.007	27.77	15.656	0.203	0.011	2.603	0.198	0.036	50.145	4.026	0.028	0.038
斜方砷铁矿(4)	—	23.907	19.13	—	—	3.768	0.319	—	71.09	—	—	—
黄铁矿(2)	0.111	45.371	54.058	0	0.033	0.054	0.001	—	—	0.546	0.022	0.016
胶黄铁矿(1)	0	38.595	49.397	0.020	0	25.45	0.321	0	17.61	7.337	0	0.012
磁黄铁矿(1)	0	57.996	41.907	0.073	0	0.034	0	0	0	0	0	0

(一)金銀類礦物

1. 銀金礦和自然金

本礦區據可見金的觀察以銀金礦為主，只有很少的自然金。其反射色，銀金礦呈淡黃色，自然金呈金黃色。據粒度測定（表5）其粒徑多為0.0011~0.005 mm，最小為0.0005mm；最大為0.075mm。其反射率及化學成份見表6。銀金礦含Au 58.85—76.2%，平均70.56%；含Ag 23.5~36.23%，平均27.97%；含微量Cu、Fe、S、Te等。自然金含Au 81.66~98.39%平均90.19%；含Ag 0.53~15.58%，平均7.87%；含微量Cu、S、Pb、Te、Se等。

表5 蓮花山銀金礦可見金不同粒級分布情況

粒 徑 (mm)	毒 砂				絹云母(綠泥石)		閃 鋅 礦		石 英		黃 銅 礦	
	顆粒數	百分數	顆粒數	百分數	顆粒數	百分數	顆粒數	百分數	顆粒數	百分數	顆粒數	百分數
0.0005—0.001	23	14.6										
0.0011—0.005	86	54.8	1	16.6							3	75
0.0051—0.01	27	17.2	4	66.7	1	100			1	50		
0.011—0.1	21	13.4	1	16.6					1	50	1	25

蓮花山鎢矿3号矿体金的分布情况

表7

工程号 中段(米)	VI	VI ₅	IV	IV ₅	II	II ₅	I	I ₅	III	III ₅	V	V ₅
360				IV ₅ -11								
330			金	IV ₅ -15 IV ₅ -16								
300			IV-6		II-34 II-42		I-24		III ₂ -2			
270												
240		VI ₅ -13 VI ₅ -14		IV ₅ -16, 8 10, 16 20								
204												V ₅ -15
175			IV-5									V ₅ -15

银金矿与自然金在3号矿体的分布(表7),自近地表的360米中段到最深的175米中段均有,但分布是不均匀的,在水平方向上,主要集中在矿体近端部II-V₅线范围内。

2 自然银

反射色为白色,反射率很高,粒径为0.0025mm±,其化学成分见表6,含Ag 99.83%,含微□ Bi、Te、Se等。

自然银主要呈它形粒状,呈星散状或粒状集合体分布在绢云母

(绿泥石)脉中或呈不连续脉状分布在毒砂、斜方砷铁矿—斜方砷钴矿、磁黄铁矿中。在矿体中的分布是比较普遍的。

(二) 自然铋

反射色为微带黄的、淡玫瑰色，微带黄的乳白色，双反射弱，反射多色性不明显，非均质性清楚，反射率、硬度、化学成分见表4、8。含Bi 94.6—100%，平均98.76%，含微量Cu、Fe、S、Au、Ag、Sb、Te等。

自然铋呈它形粒状、不规则状、浑圆状、树枝状、阶梯状、片状，主要分布在毒砂中，其次分布在脉石、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿中或沿其粒间充填呈不规则片状。它与辉铋矿、硫砷铋矿B、赫砷铋矿、自然金、银金矿等紧密共生，见有黄铁矿—黄铜矿—闪锌矿—磁黄铁矿—辉铋矿—自然铋脉及自然铋—硫砷铋矿B细脉分布于毒砂与脉石中。

(三) 硫砷铋矿B和赫砷铋矿

硫砷铋矿B 反射色为微带灰的乳黄色，不具双反射，非均质性清楚，偏光色为深灰—黄色，反射率见表4，化学成分(表8)含有Bi 72.66—73.62%，平均73.14%，Te 19.31—23.09% 平均21.20%，S 3.03—4.04%，平均3.53%；含有微量Cu、Ag、Sb、Se等。呈它形与自然铋、辉铋矿紧密共生呈脉状在毒砂或脉石中。偶见。

赫砷铋矿 反射色为微带玫瑰色的亮白色，具非均质性，偏光色为玫瑰色—灰色。粒径0.01mm，反射率较高(表4)，化学成分

四 几点认识

(一) 莲花山钨矿产于斑岩体及其接触的围岩中，成矿与石英斑岩有直接关系，具有一般斑岩型矿床地质特征。

(二) 围岩蚀变种类复杂，有一定分带性，但以多种蚀变重叠为常见。

(三) 矿床形成过程可分为三个主要矿化阶段，第一阶段为气化热液阶段，有钨锡矿化，第二阶段为钨、钼硫化物的主要成矿阶段，第三阶段为金、银、钼、铅矿化阶段。

(四) 金、银矿物粒度较细，一般在 0.01mm 以下，以 0.0011 — 0.005mm 粒级为最多，最大粒径达 0.075mm ，金矿物主要分布于毒砂中，黄铜矿中次之，石英、绢云母（绿泥石），黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿中偶见。锑银矿赋存于方铅矿中，自然银产于绿泥石、绢云母脉中及毒砂，磁黄铁矿中，在矿体中从 175 米中段—— 360 米中段都有分布，但分布不均匀，在水平方向上，集中在3号矿体近端部，即Ⅱ—Ⅵ。线范围内。

(五) 该矿床中物质成分比较复杂，以含有多种有用元素为特征，如金矿物含一定量铜、铅、硒等，钼矿物含一定量金、银、铜、锑、碲等；硫化物含一定量金、银、铜、锑、钼等。

文中反射率、显微硬度测定及电子探针分析由冶金工业部天津地质调查所岩矿室、冶金工业部矿冶研究院、天津冶金材料研究所协助在此一并表示感谢。

工作正在进行，上述认识必有遗误，望读者批评指正

参加工作的还有：陈森煌，曲维政、黄永和

1983.7

砂矿穿过火山岩。但砂矿则为侏罗纪后产物。

罗镇宽 胡桂明 关 康

矿区除金银矿化外，还存在单一的黄铁矿化和多金属硫化物矿化，是一个三矿合一的复合矿床。

组成金银矿石矿物成分十分复杂。脉石矿物主为石英、蔷薇辉石、菱锰矿。金属矿物除常见的黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿外，还有金银系列的矿物、碲化物、银的硫化物和硫盐类矿物，金属矿物总量约占矿石总量的10%。从矿物组合特征看，可与苏联远东楚克特火山岩带的某些浅成热液金银矿类比。

一、矿化阶段和矿物形成顺序

根据野外观察和大量光薄片鉴定结果，确定矿区至少存在两个矿化期和四个不同矿化阶段（表1）。矿区花岗岩切割了金银矿脉，本身又被黄铁矿脉和多金属硫化矿脉穿插，是早晚两期矿化的分界。

1, 自然金—碲化物阶段: 主要金属矿物为黄铁矿, 少量闪锌矿、

方铅矿和黄铜矿；金银系列的矿物为自然金；碲化物包括碲银矿、碲金银矿、碲铋银矿、碲钼矿和碲铅矿。脉石矿物为灰色石英及少量碳酸盐、绿泥石、绢云母等。其生成顺序大致为石英→碳酸盐→金属硫化物→碲化物→自然金（详见表1）。就目前所知，本阶段分布不广，矿化强度不大，仅在500米中段中东部发现。标型元素为Au、Ag、Bi、Te。

2，自然银——银金矿阶段：金属物主要为黄铁矿，其次有闪锌矿、方铅矿和黄铜矿，少量磁铁矿、赤铁矿和磁黄铁矿；金银系列的矿物包括银金矿、金银矿和自然银；银的硫化物有辉银矿、螺状辉银矿、辉铜银矿和硒辉银矿，银的硫盐包括硫锑铜银矿和硒硫锑铜银矿。脉石矿物为灰—烟灰色石英，肉色团块状蔷薇辉石和菱锰矿，其次为绿泥石、绢云母、其他碳酸盐矿物，少量磷灰石、萤石和石墨等。矿物生成顺序大致为石英→蔷薇辉石和菱锰矿→贱金属硫化物→自然金银系列的矿化→银的硫盐→银的硫化物（详见表1）。本矿化阶段分布范围广，矿化强度大，矿物成分最为复杂，是主要的工业矿化阶段。其标型元素为Au、Ag、Sb、Se、Mn。

3，单一黄铁矿阶段，主由黄铁矿组成，含很少的闪锌矿、方铅矿、黄铜矿。脉石矿物为石英和方解石。组成单一黄铁矿脉，近南北走向。黄铁矿含量达50—70%。常切割金银矿脉，有时也追随金银矿脉产状。矿化范围广，变质岩系、上复火山岩系以及矿区广泛分布的各种脉岩几乎都有黄铁矿脉穿插。标型元素为Fe、S。

銀坑山金銀矿床矿化阶段及矿物生成顺序表

表 1

矿化期 矿化阶段 矿物名称	早期矿化		晚期矿化	
	第一矿化阶段	第二矿化阶段	第三矿化阶段	第四矿化阶段
石 英				
蔷薇辉石				
菱锰矿				
绿泥石				
绢云母				
方解石				
磁铁矿				
磁黄铁矿				
赤铁矿				
黄铁矿				
闪锌矿				
方铅矿				
黄铜矿				
碲铅矿				
碲银矿				
碲金銀矿				
碲铋銀矿				

4. 多金属硫化物阶段：金属矿物主为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿和黄铜矿。脉石矿物为白色石英、脉状蔷薇辉石和菱锰矿，其次为绿泥石、绢云母、萤石等。组成单一的多金属硫化物矿脉，与黄铁矿脉产状相近，有时也追随金银矿脉和黄铁矿脉的产状。矿脉规模不大，多为十几公分至几十公分的小脉。矿化范围与黄铁矿脉相同，是矿区最主要的多金属矿化阶段。金属硫化物的生成顺序为黄铁矿→闪锌矿→方铅矿→黄铜矿。标型元素为 Cu、Pb、Zn、Mn。

综上所述，可见金银矿化主要是早期的一、二矿化阶段。

二、金银矿物的特征及其赋存状态

上述各阶段的金属矿物中，含金银的矿物（包括少数不含金银的碲化物）共有 15 种，可分为四类：①金银系列矿物类，包括自然金、银金矿、金银矿、自然银；②碲化物类，包括碲银矿、碲金银矿、碲铋银矿、碲铋矿和碲铅矿；③银的硫化物类，包括辉银矿、螺状辉银矿、硒辉银矿；④银的硫盐类，包括硫锑铜银矿和硒硫锑铜银矿。除金银系列的矿物和辉银矿、螺状辉银矿、碲银矿外，其余矿物在本矿床中均属首次发现和报导。对于这些矿物，除在反光显微镜下进行详细观察和研究外，还采用日制 J O X A——733 型电子探针进行了定量分析其中部分少见和疑难矿物，还采用美制奥塔克（ORTEC）6200 型 X 射线多道分析仪进行了能谱半定量分析验证，并采用日制 J S M——350 型扫描电子显微镜进行了 X 射线扫描照像，确认其成分基本可靠。还用 W T i O 作标准，采用安装在

矿物区分开来。

金银矿物的产状主要有以下几种情况：

(1)在脉石矿物（主要是石英）中呈各种不规则形状，包括不规则粒状，变形虫状、树枝状、细脉状、岛屿状等。

(2)与黄铁矿（常见）、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿密切伴生并交代这些矿物（图版 I—1, 2）。

(3)在黄铁矿（常见）和其他金属硫化物（少见）的周边呈薄的镶边，并向黄铁矿内部支出细脉或“港湾”（图版 I—4）。

(4)在黄铁矿（常见）或其他硫化物（少见）中呈各种形态的“次生包体”（图版 I—3）。

前三种产状，大体反映金银矿晚形成的特征。对于第(4)种情况，以往认为是包体，自然是早于包裹矿物形成。但据大量的光片鉴定，发现许多这种“包体”实际上是与外界连通的。以图版 I—3 为例，黄铁矿中的哑铃状“包体”在第一次抛光时本来是与外部连通的，是伸入到黄铁矿中的“港湾”，第二次细磨抛光，连通的地方磨断了，但其左侧还有一金银矿的小蒂，表示它原来与哑铃状“包体”相连。由此可见许多所谓“包体”是由于切片方向不同而造成的假象，实际上应是一些沿黄铁矿裂隙充填交代的金银矿的“次生包体”。当然不排除部分早形成金银矿被晚阶段黄铁矿包裹的情况，但就同一矿化阶段而言，金银矿总是晚于贱金属硫化物生成。

上述几种金银矿的产状中，尤以与黄铁矿的关系最为密切，自然

自然金矿的电子探针定量分析结果

表2

样号	矿物名称	Au	Ag	Fe	Cu	Pb	Zn	As	Bi	Se	Te	S	总合	备 注
S4-4	自然金	8993	886				0.02			1.07	0.04	0.06	9999	本所资料
S4-10	自然金	8943	1021		0.02			0.01					9997	"
S4-5	自然金	8316	939		4.02					1.03		0.12	9772	"
S4-11	自然金	8065	1269		0.03			0.03		1.59	0.01		9999	"
R ₂ -7-2	银金矿	6294	3737	0.01			0.01						10033	"
R ₂ -9-3	银金矿	5609	4391		0.02								10002	浙江丽水地质队资料
R ₂ -9-3	银金矿	5608	4392	0.15	0.14						0.06	0.02	10039	"
R ₂ -8-3	银金矿	5574	4429	0.70			0.02						10072	"
R ₂ -8-2	银金矿	5490	4405	1.04	0.03		0.02				0.05	0.05	10014	"
R ₂ -8-2	银金矿	5449	4442	1.06			0.02					0.09	10007	"
S11-1	金矿	4670	4966							0.97	0.30	0.07	9790	本所资料
S11-7	金矿	4541	5397							0.59	0.07	0.12	10000	"
R ₂ -7-1	金矿	4513	5610		0.02								10125	浙江丽水地质队资料
R ₂ -7-2	金矿	4364	5790		0.02		0.01				0.05		10163	"
R ₂ -4	金矿	4483	5180	3.13			0.01				0.17	0.02	9901	"
R ₂ -6	金矿	4038	5862	1.20	0.07		0.13				0.11	0.04	10145	"
S1-3	金矿	2918	6918		0.24		0.03			0.37	0.08	0.13	9399	本所资料