

吉林小西南岔铜金矿床的主要地质特征及其成因

吴尚全

(吉林省有色地质勘探公司研究所)

一、地质简介

小西南岔矿床是一个金、铜共生，两者都有经济价值的工业矿床。

矿区大地构造位置处于阴山—天山纬向构造带和长白山新华夏构造的交接部位。

矿区出露地层主要为上二叠系变质岩，包括长英角岩、含碳云英角岩、斜长角闪岩、斜长片麻岩、红柱石板岩等。它们以捕虏体和顶托形式零星分布在海西期侵入体中。岩层总体产状近南北走向，东部向东倾，西部向西倾，呈一南北向背斜构造。

岩浆活动表现为海西晚期形成的一系列花岗杂岩体，包括石英闪长岩、闪长岩、黑云斜长花岗岩、花岗闪长岩、花斑岩及中基性岩脉等。周围地层因岩浆侵入而接触变质，形成大范围的接触角岩带。

该矿床以香坊河为界分为南山、北山两个矿段（图1）。在北山矿段，矿脉呈细脉浸染状及网脉状赋存于石英闪长岩—闪长岩顶端与二叠系角岩捕虏体的接触带上。南山矿段，由充填于断裂中的脉状及两侧的浸染状矿体组成。主脉走向北北西—近南北向，支脉北西走向，皆向南西倾斜。矿体在平面及剖面上呈总体向北和向上撒开的“y”字形，支脉较多，主脉和支脉相接呈“入”字形产出（图1、图2）。

北山矿段的控矿构造主要是 $NW0^{\circ}-5^{\circ}$ 和 $NW20^{\circ}-30^{\circ}$ 的两组张扭性断裂和裂隙构成的菱形网格构造，但向深部菱形网格不明显，而逐渐为追踪褶曲轴部的压性断裂所成的舒缓波状张扭性断裂所代替。南山矿段的控矿构造，由追踪褶曲轴部压性断裂形成的向南和向深部收敛的“y”字形张扭断裂及其分支裂隙构成。主断裂呈舒缓波状，走向 $NW0^{\circ}-15^{\circ}$ ，向西倾，倾角 $50^{\circ}-80^{\circ}$ ，长度大于2000m，延深大于500m，宽1—10m。

从控矿条件分析，该区北山为整个成矿系统的浅部地段，并向南以缓倾角侧伏，成矿深度逐渐变大，控矿断裂由张扭性变为压扭性。

成矿早期的围岩蚀变有钾长石化、黑云母化及阳起石化。成矿期有绢云母化、硅化、绿泥石化及碳酸盐化。后者叠加在黑云母化之上时，常伴有金、铜矿化。

围岩蚀变分带性不明显，北矿段是由若干条大小不等，强弱不一的“线型”蚀变带组成的“网状面型”蚀变带，南矿段为“线型”蚀变带^①。

① 刘文达，1984，吉林小西南岔铜金矿床地质特征及成因讨论。

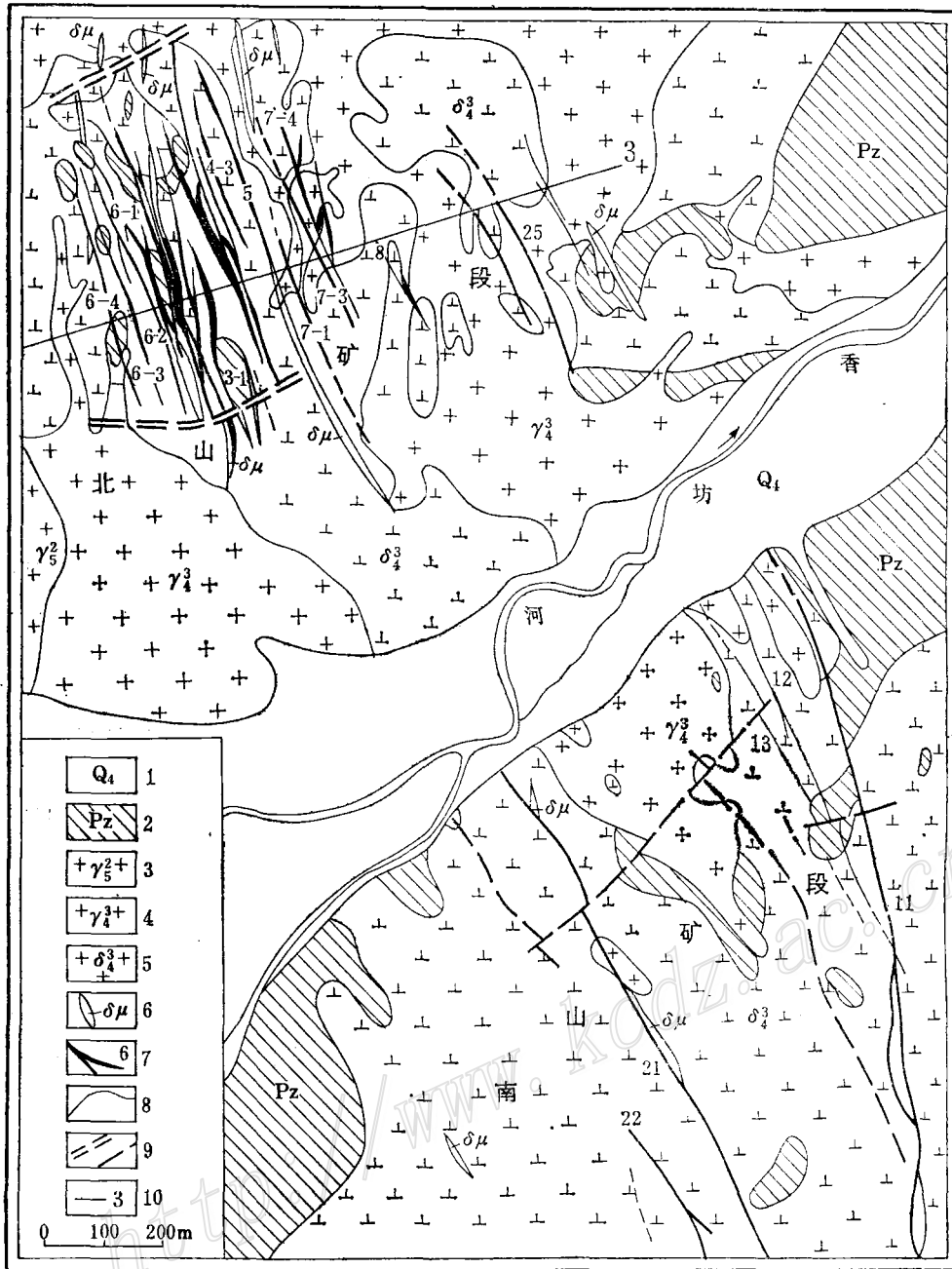


图 1 小西南岔铜金矿床地质略图

(据刘文达1984年资料略加修改)

1—第四系冲积层；2—上古生界变质岩；3—燕山期钾质花岗岩；4—海西期花岗岩；5—海西期闪长岩；6—闪长玢岩；7—矿体及编号；8—地质界线；9—断层；10—勘探线

Fig. 1. Schematic geological map of the Xiaoxinancha copper-gold deposit.
 1—Quaternary alluvium; 2—Upper Paleozoic metamorphic rocks; 3—Yanshanian potassium granite; 4—Hercynian granite; 5—Hercynian diorite; 6—Diorite porphyrite; 7—Ore body and its serial number; 8—Geological boundary; 9—Fault; 10—Exploration line.

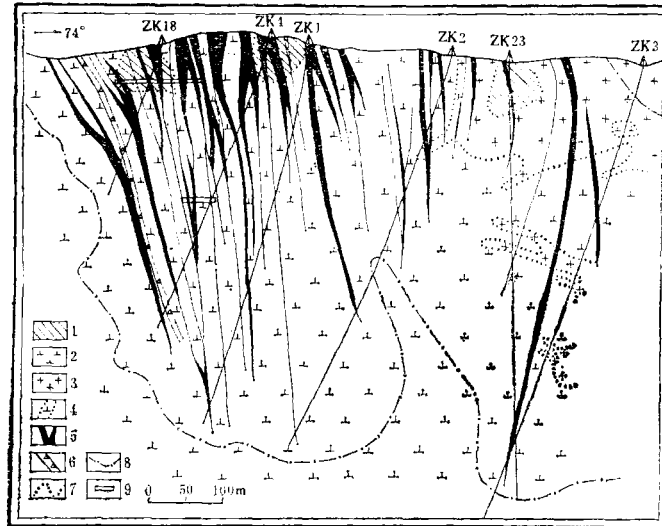


图2 小西南岔北山矿段3号勘探线剖面图

(据刘文达1984年资料)

1—上二叠系角岩；2—海西期闪长岩；3—海西期花岗岩；4—闪长玢岩；5—矿体；6—破碎带；7—地质界线；
8—0.1%铜含量范围界线；9—平硐

Fig. 2. Geological section along exploration line No. 3 of Beishan ore segment, the Xiaoxinancha deposit.

1—Upper Permian hornstone; 2—Hercynian diorite; 3—Hercynian granite; 4—Diorite-porphyrity; 5—Ore body; 6—Fracture zone; 7—Geological boundary; 8—Limits of 0.1% Cu; 9—Level.

二、矿物组成及成矿阶段划分

矿石的主要金属矿物有黄铜矿、黄铁矿及磁黄铁矿，并含有少量毒砂、辉钼矿、闪锌矿、方铅矿、斑铜矿、斜方辉铅铋矿、斜方硫铅铋矿、辉碲铋矿、碲银矿、自然铋、银金矿、自然金等。脉石矿物有石英、方解石、绢云母、绿泥石、黑云母等。

成矿作用可划分为热液期及表生期，共包括五个成矿阶段。

1) 石英-毒砂-辉钼矿阶段：含矿石英脉沿近南北向断裂带充填，含微量毒砂、辉钼矿等金属硫化物。

2) 石英-黄铁矿-黄铜矿-磁黄铁矿-自然金阶段：含矿溶液沿石英脉的后期构造裂隙贯入，黄铁矿生成最早，然后被磁黄铁矿、黄铜矿交代，自然金最后析出，这是本区最重要的金属矿物生成阶段。

3) 石英-含铋硫盐-碲银矿-银金矿阶段：属于岩浆热液作用晚期，在具有压碎结构的前述矿物组合的矿石中，含金银的硫盐矿物交代穿插早期的硫化矿物，使金矿化更富。

4) 石英-方解石阶段：成矿作用进入尾声，石英-方解石脉胶结被压碎的硫化矿石，而形成角砾状构造。

5) 表生阶段：形成褐铁矿、孔雀石、铜蓝、臭葱石、辉铜矿、铋华、黄钾铁矾等。

该区原生金分为自然金及银金矿两种。前者赋存在中温热液矿物组合中, 探针分析其含金86.46—88.67%, 含银12.40—9.65%。银金矿赋存在偏低温阶段的矿物组合中, 含金80.60—69.9%, 含银17.32—27.07%。

自然金(包括银金矿)形态复杂, 呈乳滴状、浑圆状、不规则粒状、蠕虫状、树枝状、

表1 各矿物中含自然金颗粒统计

Table 1. Statistics of gold grains contained in various minerals.

矿物	含自然金颗粒数			金粒总数	金粒出现机率(%)
	0.3—1.0mm	0.1—0.05mm	<0.05mm		
黄铁矿			1	1	0.5
磁黄铁矿	1	1	19	21	11.2
黄铜矿	2	18	73	93	49.7
硫盐及碲化物		13	20	33	17.7
石英	3	10	26	39	20.9
总计	3	42	139	187	100

脉状、哑铃状等, 其形态受微细裂隙控制。粒径多在0.01—0.5mm之间, 大于0.074mm者占80%以上, 最大粒径为2mm。总的来看, 银金矿的平均粒径要比自然金大得多。

据23个光片资料统计, 毒砂中未见自然金, 在黄铁矿中仅见到一粒, 自然金主要赋存在黄铁矿、磁黄铁矿、含铋硫盐、碲化物及石英之中。各类矿物含自然金情况见表1。

在黄铁矿中虽然仅见到很少可见金, 但单矿物分析数据表明, 黄铁矿中的金含量相当高。在毒砂及辉钼矿中亦含有相当数量的

金。这说明金还以次显微金的形式赋存在硫化矿物之中。各类金属矿物金、银及其它元素含量见表2。

表2 金属矿物中金、银及其它元素含量(%)

Table 2. Contents of gold, silver and other elements in metallic minerals

矿物	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Se	Te	Hg	As	Sb
黄铁矿(19)	219	55	>0.5	0.04	0.12	0.005	0.002	—	0.0025	—	—	—
黄铜矿(22)	25	200	>32	0.004	0.12	0.017	0.002	—	0.0015	—	—	—
胶黄铁矿(5)	31	74	0.038	0.0011	0.027	0.04	0.0024	—	0.0016	—	—	—
磁黄铁矿(11)	46	76	>1	0.024	0.087	0.013	0.0022	—	0.0037	—	—	—
自然金(1)	92.34	7.34	0.0758	0.030	0.063	0.000	0.005	0.00006	0.0107	0.0027	0.0002	0.004

注: 括号中数字为样品个数; 自然金中金、银含量为质量百分比; 除自然金外其余数据由何跃宗提供, 自然金由吉林冶金地质勘探公司研究所化验室毛秀茹分析

表2中所列自然金样品取自北山矿段地表与岩脉, 用原子吸收光谱及化学分析测定了它的成色及其中的共存元素。由于氧化作用的影响, 金的含量有所升高, 杂质元素以铜、铅、锌为主, 这与自然金相伴生的矿物组合一致。自然金中的铋含量较高, 为0.0091%, 碲含量亦较高, 这与其深源岩浆热液成因有关。

其他单矿物中的主要杂质元素(如铜、铅、锌)与自然金十分类似, 在19个黄铁矿及5个胶黄铁矿的分析数据中, Co/Ni比值为2.5—16.6。我国宁芜火山岩金矿、黄铁矿含钴大于

40ppm, 镍含量很微。深成变质热液金矿床(如夹皮沟、小秦岭), 黄铁矿之Co/Ni比值为1—5。该区黄铁矿的钴镍比值居两者之间, 具中深成因的标型特征。

三、成矿作用的地质分带性

由于成矿作用的多阶段性以及矿物沉淀深度不同, 使本区不同矿段的矿物组成, 矿石结构构造以及自然金的矿物学特征具有较明显的分带性, 按其空间位置, 可以分三个带。

1. 浅部带: 包括北山矿段, 此段以出现金-银-铋-碲的矿物组合为特征。这些矿物的电子探针分析结果见表3。它们与少量黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿伴生, 赋存在石英脉及蚀变围岩中, 形成低硫化物(一般小于5%)金铜矿石, 但往深部, 这种特殊矿物组合迅速消失。

表3 银金矿及含碲、铋矿物的电子探针分析结果

Table 3. Electron microprobe analyses of electrum and tellurium-, bismuth-bearing minerals

样号	矿物名称	分析结果(%)							总量	矿物分子式
		S	Cu	Ag	Te	Au	Pb	Bi		
B1321-1	斜方硫铋铅矿	21.05	—	—	—	—	15.63	63.32	100.00	$Pb_{0.81}Bi_{3.3}S_7$
B1321-2 ①	斜方辉铅铋矿	17.15	—	—	—	—	42.12	40.73	100.00	$Pb_{1.9}Bi_{1.8}S_5$
B1321-3 ①	辉碲铋矿	4.60	—	—	32.44	—	—	63.06	100.10	$Bi_{2.10}Te_{1.77}S$
D1331-2 ①	辉碲铋矿	4.10	—	—	32.28	—	—	63.62	100.00	$Bi_{2.38}Te_{1.98}S$
D1331-3	含铋碲银矿	—	—	61.98	26.18	—	—	12.94	101.05	$Ag_{2.2}(Te_{0.8}Bi_{0.2})_{1.0}$
D1331-1	银金矿	—	0.47	27.78	—	71.75	—	—	100.00	(AuAgCu)
B1251-1	银金矿	—	0.72	16.94	—	82.34	—	—	100.00	(AuAgCu)
B1251-2	银金矿	—	1.03	17.51	—	81.46	—	—	100.00	(AuAgCu)
8406-1	碲铋矿	—	—	—	46.12	0.26	—	53.19	99.31	$Bi_{2.17}Te_3$
8406-2	铋华	—	—	1.41~1.88	—	—	—	90.0	—	Bi_2O_3

①由长春地质学院探针室陈挺分析, 其余由原冶金部桂林地质研究所王凤阁分析

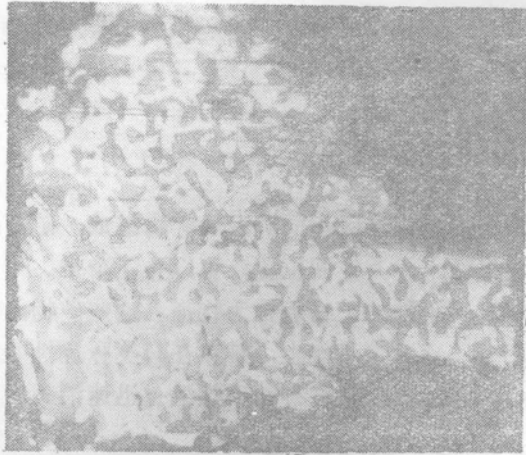
自然金成色较低, 多为银金矿, 与含铋硫盐、碲化物连生, 或充填在石英的微细裂隙中。银金矿粒度较大, 偶尔见到宽0.3mm, 长1.5cm的银金矿细脉赋存在石英脉中, 并穿切黄铁矿、黄铜矿和磁黄铁矿的矿物组合。

属于硫盐的斜方辉铅铋矿和斜方硫铋铅矿, 呈微细浸染体产出, 两者皆为半自形粒状集合体。前者以弱非均质微带玫瑰色为特征, 后者以较强的非均质性与前者相区别。

属碲化物类的辉碲铋矿、碲铋矿、含铋碲银矿及自然铋生成较晚, 它仍常与自然金及银金矿连生。本区出现的辉碲铋矿-碲铋矿-碲银矿以及自然铋-辉碲铋矿-碲银矿的矿物共生组合方式表明, 在该成矿系统中贫硫而富碲^[2]。

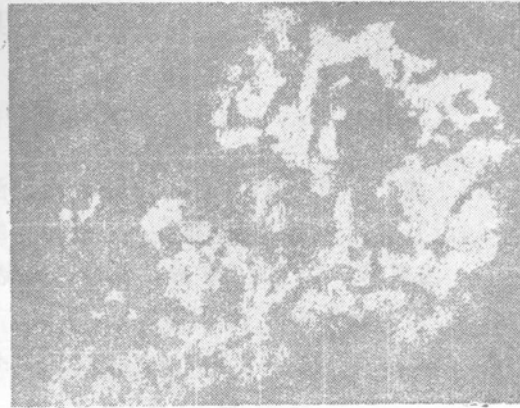
北山矿段的金铜矿石, 以具有角砾构造和网脉浸染构造为特征, 黄铁矿等金属矿物普遍显示压碎及交代结构。

特殊的是, 在北山矿段的地表部分可见到碲铋矿与自然金互生的文象结构(照片1)。这种金粒赋存在石英脉之中, 与其它矿物的穿插关系不清楚。自然金粒径0.05—0.5mm不等, 由于地表氧化作用, 金粒成色较高, 电子探针分析(照片2)含金90.5%, 银8.5%。与自然



照片 1

北山自然金的显微文象结构，白色为自然金，灰色为铋华 光片 放大150倍



照片 2

北山自然金的AuL α X射线像 放大280倍

金呈文象结构的主要是铋华，其中仍可见到未完全氧化的碲铋矿残体，自然金与铋华的含量比大致是1:1，电子探针分析铋华含铋90%左右，含金1.41—1.88%。碲铋矿量微，反射率较铋华高，探针分析含铋53.19%，含碲46.12%，含金0.26%。

2. 中深部带:南山矿段是本区成矿系统的较深部位，此处的矿物组合是黄铁矿-黄铜矿-磁黄铁矿-自然金。其中黄铁矿含量较高，约占整个矿石矿物总量的30—80%。硫化物在矿石中的含量约为15—50%，脉石矿物为石英。

矿石的典型结构构造有：1)角砾状构造：早期形成的黄铁矿、毒砂受强烈挤压破碎成角砾，后被石英、黄铁矿、磁黄铁矿胶结；2)条带状构造：磁黄铁矿和黄铜矿成条带相间分布；3)溶蚀包含结构：在较大颗粒的磁黄铁矿及黄铜矿中，含有被溶蚀的黄铁矿晶体；4)交代结构：毒砂和黄铁矿被磁黄铁矿、黄铜矿交代；5)胶状结构：黄铁矿常具有这种结构。

自然金主要是呈微小滴状、棒状、不规则粒状赋存在黄铜矿、磁黄铁矿及石英裂隙之中，金成色较高，为850—900之间。该区段银金矿趋于消失，但自然金的粒度比浅部的要细小一些，一般在0.05—0.1mm之间。

3. 深部带:为南山金(铜)矿脉向南东方向的延伸部位，地表未曾出露，为盲矿体。虽然矿物组成与中深部带相同，仍为磁黄铁矿、黄铜矿及黄铁矿，但含量比例有所不同。矿石中硫化物总含量大于80%，但其中黄铁矿小于5%，构成以黄铜矿和磁黄铁矿为主的致密块状富矿石，金含量高达127g/t，铜达12%。矿石的结构构造特征是：胶状结构消失，压碎构造不明显，主要为因交代溶蚀作用而形成的条带状构造。在具该构造的矿石中，黄铁矿被磁黄铁矿交代而成孤岛状残体分布，而磁黄铁矿又被黄铜矿交代溶蚀而成断续条带状产出，两者含量比约为1:2。自然金为磁黄铁矿中的客晶，在其中呈乳滴状分布，但黄铜矿内未见有自然金。金粒较前两个带要细小得多，一般在0.01—0.03mm之间，据电子探针测定，含金80.77%，含银18.32%。

磁黄铁矿的X衍射研究表明，该区的磁黄铁矿以低温单斜晶系为主，夹有少量高温六方晶系变种， $d_{102} = 2.0651 \times 10^{-10} \text{m}$ ，含铁47.00%，投影在阿诺德溶线上，生成温度是370℃^[1]。

综上所述可以认为：从北到南随着成矿深度增大，该区的成矿地质特征发生有规律变化，表现在不同矿段的矿物组成、矿石结构构造、自然金的成色、粒径及赋存状态都有较明显的差别。该区的矿物生成顺序是石英→硫化物→硫酸盐矿物及砷化物→自然元素→碳酸盐矿物。这表明成矿溶液早期为硫逸度较高的酸性环境，随着温度下降，硫离子不断被消耗，成矿介质由酸性→弱酸性→中性→碱性变化。金矿化主要是发生在 pH 值较高的弱酸性—中性环境中。

四、硫化物的同位素组成特征

收集本区的硫同位素分析数据共33个，结果列在表4。磁黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值是+3.61‰，黄铜矿和黄铁矿均值+3.63‰，离散度很小，都集中在一个很狭小的范围内，因此可以认为该矿区的硫源是单一岩浆源硫。硫同位素的组成特征还表明， $\delta^{34}\text{S}$ 值不随成矿深度发生明显变化，这说明成矿作用是发生在相对封闭的条件下，与外界环境未产生硫同位素交换。据表4所列的四组精选矿物对样品，用公式 $1000\ln\alpha = 1.5 \times 10^5 / T^2$ 计算，得出 $t = 280^\circ\text{C}$ （平均值）。

表4 小西南岔矿区的矿物硫同位素组成

Table 4. Sulfur isotopic composition of minerals from the Xiaoxinancha mining district

样号	矿物	采样位置	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)	样号	矿物	采样位置	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)
S1202-1	黄铜矿	南山二中段	+2.6	D ₂ S-7	黄铜矿	3-18	+4.6
S1202	同上	同上	+3.0	D ₂ S-9	同上	3-20	+4.3
S1205-2	同上	同上	+3.2	S1205-2	磁黄铁矿	南山二中段	+2.7
S1328	同上	南山三中段	+3.4	S1331-2	同上	南山三中段	+3.1
S1329	同上	同上	+3.4	S1206-2	同上	南山二中段	+3.2
S1330	同上	同上	+4.1	S1328-1	黄铁矿	南山三中段	+3.9
S1331-1	同上	同上	+3.5	S1329-1	同上	同上	+3.1
S1206-1	同上	南山二中段	+2.1	S1330-1	同上	同上	+3.9
S1207	同上	同上	+3.0	S8003*	磁黄铁矿	南山一中段	+4.1
S1329	同上	南山三中段	+4.1	S8003*	黄铜矿	同上	+3.6
ND-5	同上	北山一中段	+3.4	S8009*	磁黄铁矿	同上	+4.2
ND-7	同上	同上	+2.6	S8004*	黄铜矿	同上	+3.3
D ₂ S-1	同上	1t-17	+4.0	S8007*	磁黄铁矿	同上	+4.0
D ₂ S-2	同上	1-17	+4.2	S8002*	黄铜矿	同上	+3.5
D ₂ S-3	同上	2-17	+4.2	S8406*	磁黄铁矿	南山21-1线	+4.0
D ₂ S-4	同上	3-17	+4.5	S8406*	黄铜矿	同上	+3.7
D ₂ S-5	同上	3-15	+4.5				

注：由吉林省冶金地质勘探公司研究所同价素室分析；D₂S-1—D₂S-9 据吉林省地质局黄金调查所资料；* 为精选矿物对样品。

铅同位素年龄测定共采取了五个样品，其中一个是本区的黄铁矿样品，另外四个均采自矿区外围，其结果列于表5并表示在图3上。可以看出1、2、3、4号样品的年龄值都十分

表5 小西南岔矿区的铅同位素组成

Table 5. Lead isotopic compositions of minerals from the Xiaoxinancha mining district

顺序号	样号	矿物	^{204}Pb	^{206}Pb	^{207}Pb	^{208}Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	Φ 值年龄 t
1	W-1	黄铁矿	1.372	25.228	21.136	52.264	18.388	15.405	38.093	$\Phi = 0.5628$ $t = 1$ 亿年
2	柳-1	方铅矿	1.373	25.174	21.271	52.183	18.335	15.492	38.007	$\Phi = 0.5758$ $t = 1$ 亿年
3	J-1-3	"	1.372	25.177	21.256	52.195	18.351	15.493	38.043	$\Phi = 0.5749$ $t = 1$ 亿年
4	San-Pb	"	1.374	25.136	21.245	52.245	18.294	15.462	38.024	$\Phi = 0.5751$ $t = 1$ 亿年
5	Da-3	"	1.383	25.025	21.406	52.186	18.095	15.478	37.734	$\Phi = 0.5899$ $t = 2.5$ 亿年

北京铀矿地质研究所同位素室分析

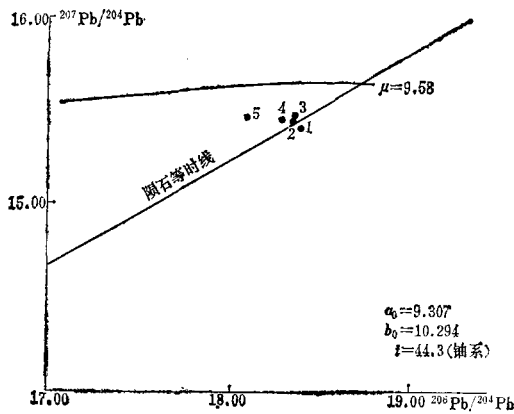


图3 小西南岔矿区铅同位素组成坐标图

Fig. 3. Diagram showing isotopic composition of lead in the Xiaoxinancha mining district.

接近,并且都位于陨石等时线附近。这些样品都采以自花岗岩闪长岩或闪长岩为围岩的矿化蚀变带中,可以说它们都是属于深源成因的。5号样品采自含矿围岩(石灰—二叠系火山岩系),铅同位素组成与前者不同,但是为一类型成矿作用。

五、石英的包体成分

在该区采集了四个包体成分分析样品,对其中三个测定了氧同位素组成,结果列在表6。从所列数据可以看出,该区石英包体成分中以钾含量高于钠含量为特征,并且 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 含量很少。这与一般的金矿床有所不同。这种比较特殊的包体成分组成可能是引起金铜成矿元素共生的重要原因。

石英气液包体中含有较多的二氧化碳,不具有浅成石英的特征,这亦说明该区的成矿作用是在封闭条件较好的地下深处进行的。而阴离子组份中 SO_4^{-2} 占了很大的份量,这与含较多硫化物的地质背景一致。

表6 石英的包体成分及氧同位素组成

Table 6. Inclusion components and oxygen isotopic composition of quartz

分析号 含量		4015		4037		yan-10		yan-7	
		mg/10g	%	mg/10g	%	mg/10g	%	mg/10g	%
阳离子组	K ⁺¹	0.007	54.0	0.013	91.7	0.220	93.9	0.013	78.6
	Na ⁺¹	0.006	43.7	0.001	8.3	0.013	5.6	0.004	21.4
	Ca ⁺²	0.000	—	0.000	—	0.000	—	0.000	—
	Mg ⁺²	0.003	2.3	0.00	—	0.001	0.5	0.00	—
阴离子组	Cl ⁻¹	0.060	17.5	0.060	17.3	0.060	13.5	0.065	9.1
	SO ₄ ⁻²	0.192	56.1	0.192	55.2	0.192	43.1	0.576	80
	F ⁻¹	0.004	1.2	0.0037	1.1	0.004	0.9	0.004	0.6
	(HCO ₃) ⁻¹	0.086	25.2	0.092	26.4	0.189	42.5	0.072	10.3
H ₂ O(mg)		7.8		6.7		18.8		16.9	
CO ₂ (%)		0.0622		0.0702		0.0589		0.0511	
Na/(K+Na)		44.77		8.3		5.6		21.4	
爆裂温度(°C)		290		295		280		275	
δ ¹⁸ O(‰)		+15.22		+13.47		—		+16.67	

注：除氧同位素组成由北京铀矿地质研究所同位素室分析外，其余由吉林冶金地质勘探公司研究所岩矿室分析。

三个氧同位素数据,按 $1000\ln\alpha = (3.38 \times 10^6/T^2) - 3.40$ 计算公式换算成水的氧同位素组成,分别是 +8.0‰、+6.4‰和 +8.81‰,属于深成岩浆水的范畴。因此该区的成矿热液是属于中深成因的岩浆热液。

六、结 语

综上所述,本矿床在成因上应属于中温中深岩浆热液的含铜金石英脉型矿床。海西期以后的岩浆活动是形成该区金铜矿化的决定性因素。它表现为在该区广泛分布的一套中酸性杂岩体。其主体为斜长花岗岩(钾-氩法年龄值是178Ma),它呈大面积岩基产出。其次是呈小岩株产出的闪长岩、石英闪长岩类(钾-氩法年龄值为212Ma),它们被包含在斜长花岗岩中,或呈散分布在矿区外围。呈脉状产出的闪长玢岩生成最晚(钾-氩法年龄为152Ma),它常与含金铜石英脉沿同一构造线产出。因此可以认为,这套中酸性岩浆杂岩分布的地方是寻找金铜矿床的有利地段。

参 考 文 献

- [1] 王濮、潘兆椿、翁玲宝等 1982 系统矿物学(上册) 地质出版社
- [2] Лоломанова Е. И., 1972, Типоморфизм ассоциаций минералов висмута и теллура в золоторудных месторождениях восточного Забайкалья. Типоморфизм минералов и его практическое значение, стр.233—240.

MAIN GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE XIAOXINANCHA COPPER-GOLD DEPOSIT IN JILING PROVINCE

Wu Shangquan

(Research Institute of Metallurgical-Geological Exploration Company of Jilin Province)

Abstract

The Xiaoxinancha deposit is of mesothermal copper-gold quartz vein type genetically related to late Hercynian intermediate-acid intrusive complexes with orebodies occurring within quartz diorite or at its contact with Permian hornstone xenolith (Figs. 1 and 2). Wall rock alterations are predominantly potassium feldspathization, biotitization, silicification, and sericitization. There exist two kinds of metallic mineral assemblages: chalcopyrite-pyrite-pyrrhotite-native gold assemblage formed at medium temperatures and cosalite-bonchevite-tetradymite-hessite-electrum assemblage generated at relatively low temperatures. Due to the difference in deposition depths of minerals, the ore deposit shows distinct zonation from north to south in such aspects as mineral constituents, texture and structure of ore, and fineness, mode of occurrence and granularity of native gold. Sulfur isotopic composition varies in narrow limits with average $\delta^{34}\text{S}$ values being 3.62‰ (Table 4), and lead and oxygen isotopic compositions (Tables 5 and 6) also imply an origin of deep-source magmatic-hydrothermal fluids. The ore-forming materials are derived from comparatively young magmatic activities and the inclusions in quartz are characterized by $\text{K}^+ > \text{Na}^+$ and low contents of Ca^{+2} and Mg^{+2} , which may account to a great extent for the association of gold and copper.