

江西某地钨、铋、铊石英脉型 矿床地质及铊的赋存状态

任英忱 程敏清 王存昌

铊是很有价值的分散元素,在国外已得到了广泛的应用。铊主要应用在钢铁工业上,其次才是有色金属工业和化工上。过去,认为铊的主要矿床是超基性岩铜镍矿床和火山岩中的块状硫化矿床,而对钨、铋石英脉中含铊则了解甚少。经过研究,认为钨、铋石英脉型矿床中铊的品位高,铊呈独立矿物存在,规模可达大中型,是独立的钨、铋、铊矿床。

一、矿床地质简述

江西某地钨、铋、铊石英脉型矿床位于南岭钨矿带的偏北部位。从全球构造来看,南岭位于欧亚板块与太平洋板块的邻接部位,属大陆边缘的内侧,是环西太平洋钨、锡矿带的重要组成部分。从区域构造来看,南岭钨矿主要位于华南后加里东褶皱带的隆起区。震旦—寒武系组成区域的基底褶皱;上覆盖层为泥盆—石炭系地层。根据前人资料,震旦—寒武系为钨矿的矿源层,矿化与燕山早期改造型花岗岩(γ_3^{2-2})关系密切,经常见到钨、锡、铋、钼、铅锌等金属矿床围绕着燕山早期花岗岩体呈带状分布,从深部到上部构成以花岗岩体为中心的矿化垂直分带。花岗岩体和钨锡矿床受燕山期区域构造控制,方向主要有北东东、南北向和东西向。黑钨矿石英脉型矿床主要赋存于寒武系以前的基底地层内,但亦见于泥盆系以后地层中。有的地区黑钨矿石英脉与矽卡岩型白钨矿床同时出现。

江西某地钨、铋、铊石英脉型矿床赋存(图1)于燕山早期黑云母花岗岩岩珠的顶部,从地表矿化露头到深部隐伏花岗岩的顶部,垂直1200米。矿体主要赋存在构造盖层的泥盆系地层中,矿化围岩主要为长石石英细砂岩。矿化亦延伸到震旦—寒武系的基底层位的。控矿构造为一组E—W向并伴随有NWW—SEE、NEE—SWW向的构造裂隙。有北、中、南三组矿脉带。含矿裂隙的产状,北带缓、南带陡,向深部有逐渐收敛之势。

围岩蚀变硅化较普遍,但矿体的上部亦见电气石化,局部部位有微弱的绢云母化现象。成矿过程中,构造裂隙亦有活动,根据不同矿物组合之间的穿插关系,将矿床的成矿过程可划分为三个成矿阶段(见表1)。矿床的矿物组分较复杂,见到的矿物有46种。除主要工业矿物黑钨矿、辉铋矿外,还发育有种类众多的 $PbS-Bi_2S_2$ 系列的铋硫酸盐矿物和铋铊矿族矿物。故矿床的钨、铋、铊都同样具有工业价值。在矿体已开采的垂直高差近600米的范围内,含矿石英脉的物质成分,具有明显的逆向分带特征。矿床上部出现锡石、铁锂云母和电气石等较高温的矿物组合,矿床下部则出现硫化物、硫酸盐、铋铊矿族、自然铋等较低温的矿物组合,包裹体测温资料表明^[3],矿床的形成温度在 $185^{\circ}C-321^{\circ}C$ 之间,但统计的平均值,矿体上部

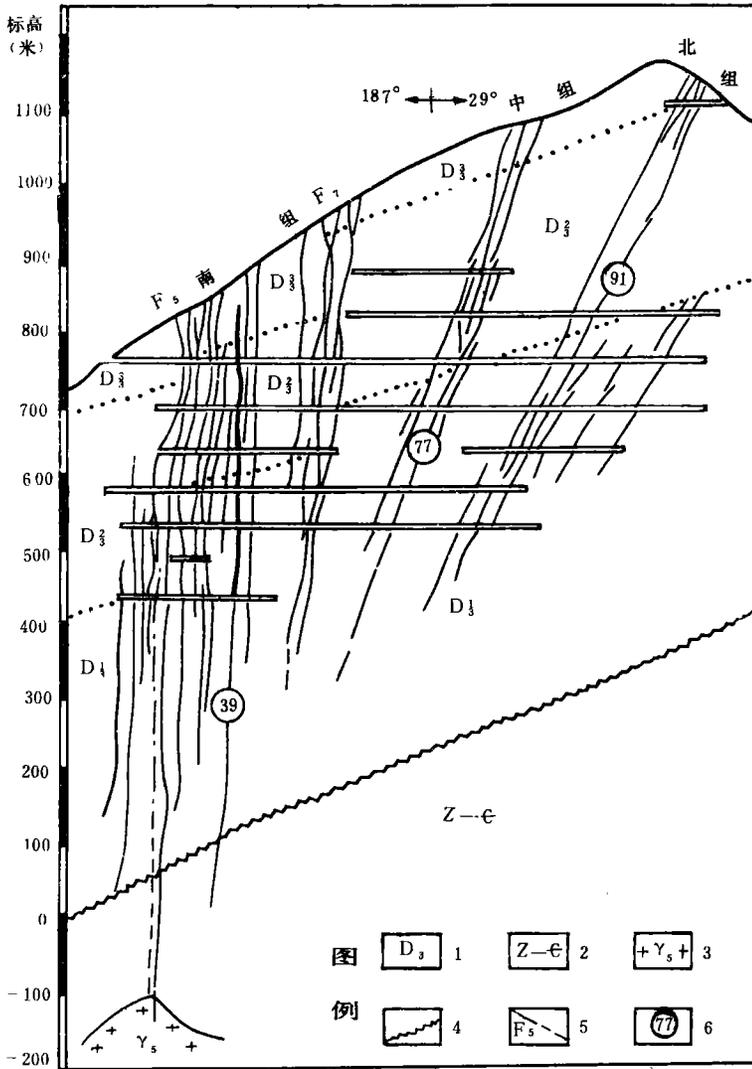


图 1 ×× 钨矿地质
横剖面图

1. —上泥盆统砂岩夹板岩;
2. —震旦—寒武系千枚岩、板岩;
3. —燕山期黑云母花岗岩;
4. —不整合地层界线;
5. —断层; 黑粗线为经单矿物
取样确改为碲铋钨矿体。
6. —含矿石英脉及编号。

图	D ₃	1	Z-e	2	+Y _s +	3
例			F ₁	5	77	6

为253°C, 下部为251°C。矿体不同高度, 硫化物本身的种属亦有明显的变化, 矿体的较上部位见到的硫化物多为富硫的矿物, 如黄铁矿、白铁矿、辉铋矿, 矿体的偏下部位主要为贫硫的矿物, 如自然铋、磁黄铁矿、硫碲铋矿B等。矿体不同标高上, PbS - Bi₂S₃系列碲铋硫盐矿物的矿物种亦不相同。矿体的偏上部位主要为辉铋矿、柱硫铋铅矿等贫铅的硫盐矿物种, 往下则逐渐见到斜方硫铋铅矿, 到585米以下中段, 则辉铋铅矿、斜方辉铋铋矿增多, 到深部则见富硫铋铅矿、方铅矿等。矿体不同部位, 碲铋矿族的矿物种亦有变化。就整体来讲, 碲铋矿族矿物主要富集于矿体的较下部位, 它们形成于第二矿化阶段的晚期。在空间上, 未定名碲铋矿物【照片1】出现的位置靠上, 随之是硫碲铋矿A, 应硫碲铋矿。硫碲铋矿B形成的时间晚于前两种矿物, 多出现在矿体的下部。辉碲铋矿可见于第一矿化阶段, 在矿体中的分布比较普遍。除此, 矿脉的上、下不同部位黑钨矿的成分和石英的热发光性质也有明显不同。利用矿床的矿物垂直逆向分带模式可以评价矿床和预测矿脉深部的元素变化。

××矿床各成矿阶段矿物生成顺序表

表 1

矿 物	第 I 阶 段	第 II 阶 段	第 III 阶 段
铁锂云母	—		
锡 石	—		
电 气 石	—		
白 云 母	—		
钼 石	—		
磷 灰 石	—		
磷 钇 矿	—		
独 居 石	—		
黑 钨 矿	— —		
毒 砂	—		
辉 铋 矿	—		
辉 铋 矿	— —		
自然铋	—		
柱硫铋矿	—		
黄铜矿 I	— —		
辉碲铋矿	—		
黄铁矿 I	—		
磁黄铁矿	—		
石 英		— — — —	
长 石		— — — —	
白 钨 矿		— — — —	
菱 铁 矿		— — — —	
绢 云 母		— — — —	
方 解 石		— — — —	
辉铅铋矿		— — — —	
Chiviatite		— — — —	
斜方硫铋铅矿		— — — —	
斜方辉铋铅矿		— — — —	
富硫铋铅矿		— — — —	
方 铅 矿		— — — —	
黄铜矿 II		— — — —	
黄铁矿 II		— — — —	
白 铁 矿		— — — —	
硫碲铋矿 A		— — — —	
应硫碲铋矿		— — — —	
硫碲铋矿 B		— — — —	
未定名碲铋矿		— — — —	
石 英 II			— — — —
黄铁矿 III			— — — —
石 英 III			— — — —
围 岩 蚀 变	绢云母化 电气石化	绢 云 母 化	

二、矿床碲的赋存状态

经研究表明,矿床中的碲主要呈碲铋矿族矿物形式,其次在 $PbS - Bi_2S_3$ 系列硫盐矿物中呈碲铋矿族的细小包体存在,少量混杂在黄铁矿硫化物中。下面分别叙述:

(一) 碲铋矿族矿物

经研究确认,该矿床碲铋矿族矿物是比较发育的。在铋精矿的产品中辉铋矿晶体中,肉眼经常可以见到相当数量的片状的碲铋矿族矿物晶体。其颗粒之大(经常可达 5 mm) [照片 1],种属之多,在国内、外其它矿床实属罕见。这种矿物的种属和其共生关系在解释成矿作用过程上的意义已引起国内、外学者的注意,更主要的是这族矿物的本身将给矿床带来新的经济价值。

该矿床的碲铋矿族矿物已经确认的有五种即硫碲铋矿 A、硫碲铋矿 B、辉碲铋矿、应硫碲铋矿和未定名碲铋矿物 [照片 1]。在目前开采阶段、硫碲铋矿 A 出现的机率最多,其次是硫碲铋矿 B 和应硫碲铋矿。1965 年生产的来自矿体上部的产品中出现最多的是辉碲铋矿和未定名碲铋矿物 [照片 1]。下边简述每种矿物的特征:

硫碲铋矿 A: 该矿物与其它碲铋矿族矿物外观上基本相同,全是铅灰色,强金属光泽,比重 8.04,有一组平行 [0001] 完全解理,反光下为强非均质性,偏光色灰到灰黄。矿物的化学式有两种类型: ① 化学成分 (电子探针分析结果) Bi 81.68、Pb 0.68、Te 9.46、S 6.77,总量为 98.82,化学式为 $(Bi_{3.91}Pb_{0.03})_{3.94}Te_{0.74}S_{2.11}$ 即 $Bi_4Te_{1-x}S_{2+x}$,多出现在矿体的较上部。② 化学成分 Bi 82.88、Pb 2.51、Te 12.85、S 5.54,总量 98.80。化学式为 $(Bi_{3.77}Pb_{0.12})_{3.89}Te_{1.02}S_{1.75}$,即 $Bi_4Te_{1+x}S_{2-x}$,出现的位置则偏下。

硫碲铋矿 B: 外观特征与硫碲铋矿 A 近似,只在反光显微镜下两种矿物连生时,才见硫碲铋矿 B 反射率稍高,硫碲铋矿 B 常位于脉体或集合体的中心,但自形程度不如硫碲铋矿 A。化学成分 Bi 75.25、Pb 0.024、Te 20.92、S 3.61,总量 99.81。化学式 $Bi_{4.00}Te_{1.82}S_{1.25}$ 。

辉碲铋矿: 物理性质从略。化学成分 Bi 60.69、Pb 2.80、Fe 32.16、S 5.23、Sb 0.17,总量 101.08。化学式为 $(Bi_{2.87}Pb_{0.13})_{3.00}Te_{2.49}S_{1.62}$,即 $Bi_3Te_{2+x}S_{2-x}$ 。

应硫碲铋矿 (Ingodite): 该矿物 1982 年首先发现于苏联^[4]。我国是第二次报导资料。应硫碲铋矿在该矿床中分布不广泛,仅见于个别光片中。颗粒直径 0.5 毫米。外观为铅灰色,金属光泽,沿 [0001] 有完全解理, $VHN_1 = 40 \text{ Kg}' / \text{mm}^2$ 。显微镜下见此矿物与硫碲铋矿 B 紧密连生。此矿物的反射色为淡黄白色,与硫碲铋矿 B 近似,显非均质性,偏光色暗灰到灰黄色,反射率见表 4。化学成分见表 2。化学式为 Bi_2TeS 。X 光粉晶分析特征线条为: 10 (3.10)、6 (2.28)、6 (2.14)、4 (1.93)。

未定名碲铋矿物 [照片 1] (Unnamed Tellurobismuthinide): 此矿物的晶面不发育有一组平行 [0001] 的完好解理。 $VHN_5 = 62 \text{ Kg} / \text{mm}^2$ 。参差状断口。用比重瓶法测得比重 8.037。矿物的总的外观物理特征与硫碲铋矿 A 近似。反光下为非均质性,有明显双反射。

应硫铋矿的电子探针分析结果

表 2

	Bi	S	Te	Pb	Sb	总量	原子数			
							Bi	Pb	Te	S
3211	68.34	5.28	23.03	1.71	0.15	98.50	0.3320	0.0084	0.1832	0.1669
3212	71.42	5.24	22.75	1.24	0.10	100.75	0.3418	0.0060	0.1783	0.1634
3213	71.75	5.11	22.79	1.06	0.20	100.92	0.3433	0.0051	0.1786	0.1594
3214	71.55	5.34	23.16	1.85	0.11	102.01	0.3356	0.0089	0.1815	0.1666
3215	71.77	4.94	22.32	0.93	0.10	100.07	0.3434	0.0045	0.1749	0.1541
苏联 37	71.20	6.20	20.70	0.60	Se 0.40	99.10				
	71.90	5.50	21.30	1.2		99.90				

化学式：
 3211 (Bi_{1.95}Pb_{0.05})_{2.00}Te_{1.08}S_{0.98} 3212 (Bi_{1.97}Pb_{0.03})_{2.00}Te_{1.02}S_{0.94}
 3213 (Bi_{1.97}Pb_{0.03})_{2.00}Te_{1.02}S_{0.92} 3214 (Bi_{1.95}Pb_{0.05})_{2.00}Te_{1.05}S_{0.97}
 3215 (Bi_{1.97}Pb_{0.03})_{2.00}Te_{1.00}S_{0.98} 苏联 37 (Bi_{1.94}Pb_{0.02})_{2.02}Te_{0.86}S_{1.15}

注：本文电子探针由曹东彝分析

RK // C轴，即垂直 [0001] 解理方向，反射色为灰白色略带黄褐色调；R_p ⊥ C 轴，为灰褐色。矿物的反射率见表 4。矿物的 X 光粉晶数据见表 3。经化学分析矿物的化学成分：Bi 74.52、Te 19.20、S 6.65，总量 100.37，计算出的化学式为 Bi₃Te_{1.26}S_{1.74}。该矿物与苏联学者 E·N·Zarigalov 发现的新矿物 Sulphosumoite Bi₃Te₂S 类 比 其 粉 晶 数 据 与 硫 铋 矿 B 近 似 而 该 矿 的 化 学 式 为 Bi₃TeS₂，其粉晶数据，则与硫铋矿 A 近似，差别在弱线条，因此，认为该矿物是新矿物。

(二) 在 PbS—Bi₂S₃ 系列矿物中铋的赋存状态

矿床中的铋除呈独立矿物铋矿族外，还有相当一部分含在 Bi₂S₃—PbS 系列矿物中。研究 Bi₂S₃—PbS 系列矿物中铋、硒的赋存状态，对工业上回收铋、硒有着现实的意义。

铋、硒在 PbS—Bi₂S₃ 系列矿物中的含量 (表 5、表 6) 是该系列矿物的单矿物化学分析结果，样品中含有铋矿物的包体。

为解决这系列矿物中铋、硒的赋存状态，我们从以下几方面进行研究：

1. 曾对辉铋矿、辉铅铋矿、斜方辉铅铋矿等矿物作了多量的化学分析和电子探针分析。查明这些矿物中 Te 的含量变化较大由 1.298% 到 0.091%，Te 与 Bi、Pb 的含量上无明显关系。Se 的含量变化不甚大，与 Bi、Sb、Pb 的关系亦不紧密。

碲铋矿族矿物的 X—射线粉晶数据

表 3

1		2		3		4		5		6		7	
未定名碲铋矿物		硫碲铋矿 A		Sulphosumiere		硫碲铋矿 B		辉碲铋矿		辉碲铋矿		辉碲铋矿	
本矿床		本矿床		苏联 (2)		本矿床		本矿床		本矿床		A.S.T.M 卡片	
l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d
				3	4.68	5	4.55	4	4.90	1	4.78	30	4.68
6	4.39	6	4.40										
3	3.62	3	3.62	< 1	3.68	4	3.68	3	3.70	1	3.55	30	3.61
1	3.43			< 1	3.37	3	3.51	2	3.38				
4	3.32	3	3.32					4	3.26				
10	3.08	10	3.09	10	3.16	10	3.17	10	3.10	10	3.08	100	3.10
						3	2.95						
2	2.62			2	2.70	2	2.77	1	2.75		2.78	30	2.756
2	2.57	1	2.57			5	2.65						
				1	2.49	1	2.56	2	2.57			30	2.592
				1	2.35	2	2.42	3	2.46			30	2.153
8	2.24	5	2.26	8	2.31	8	2.32	8	2.30	5	2.29	100	2.292
3	2.21			1	2.16	2	2.29						
				2	2.14	7	2.17					50	2.159
2	2.06			1	1.98	3	2.12	7	2.12	6	2.12	75	2.111
2	1.97	1	1.97	3	1.95	4	2.06						
6	1.88	2	1.89	2	1.85	1	1.95	5	1.07	4	1.03	75	1.965
1	1.83							6	1.94			75	1.929
1	1.79			2	1.78		1.795					30	1.825
5	1.75	2	1.76			3	1.742			4	1.71	30	1.776
1	1.71											50	1.743
6	1.66	2	1.67	2	1.68			7	1.64	2	1.64	75	1.638
2	1.64			2	1.628							50	1.603
1	1.56	2	1.56	2	1.587	4	1.575	2	1.57	3	1.56	50	1.569
2	1.54			2	1.574							50	1.556
1	1.47			2	1.530	2	1.525					10	1.513
2	1.46			< 1	1.521	2	1.510	1	1.49			50	1.441
5	1.41	1	1.42	3	1.448	1	1.455	2	1.44	1	1.43	30	1.426
4	1.35			< 1	1.405	4		1	1.39			10	1.407
3	1.32			2	1.370							10	1.383
4	1.305			1	1.324							30	1.369

铋铊矿族矿物的物理化学性质

表 4

矿物	反 射 率 R (%)							硬 度 Kg / mm ²
	波 长 切 面	407	437	480	546	591	654	
硫铋铊矿 A			43.5	44.9	47.3	47.3	47.5	VHN ₅ = 54
硫铋铊矿 B			50.1	48.5	51.4	53.8	53.7	VHN ₅ = 52-68
辉铋铊矿	0001	46.3	47.1	51.5	54.6	55.3	54.8	VHN ₁ = 42
应硫铋铊矿		48.7	49.8	52.6	57.3	58.4	60.9	VHN ₁ = 40
未定名铋铊矿	R g	53.7	57.0	58.4	60.5	61.3	66.9	VHN ₅ = 62
物 [照片 1]	R p	44.8	50.5	51.9	51.9	55.1	55.2	

硫铋铊矿 A 的浸蚀鉴定: HNO₃ 变起泡 HCl FeCl₃ 变暗

KOH HgCl₂ 不起作用。

矿床主要硫化物的 Te、Se 含量

表 5

矿物	Te (%) / 样品数	Se (%) / 样品数
辉 铋 矿	0.4075 / 14	0.0361 / 5
辉 铅 铋 矿	0.0271 / 2	0.3380 / 2
斜方辉铅铋矿	0.8460 / 2	0.2340
黄 铁 矿	0.028 / 7	

2. 研究 PbS—Bi₂S₃ 系列矿物中的细小包体。根据矿物的光性、硬度、反射率在识别矿物的基础上, 通过 X 光粉晶分析 (凡颗粒直径在 0.05 毫米以上者都可作出), 电子探针的定量测定和面扫描 [照片 2.3.4]。通过这些工作, 确认出这系列矿物中的细小矿物包裹体主要是硫铋铊矿 A、硫铋铊矿 B、应硫铋铊矿、辉铋铊矿和自然铋, 未见硒的独立矿物, 说明这系列矿物中铋主要呈独立矿物存在。

3. 作这系列矿物的电渗析试验, 结果如 (表 7)。原样与残渣相比, Bi、Pb、S、Se、Te 的含量相差不大, 都未超出分析误差范围。电渗析出来的水样中都不含 Se、Te、S, 而 Bi 含量仅为痕迹。这说明 Se、Te 在此矿物中不可能以胶体吸附形式存在。

4. 选择适当试剂溶解这系列矿物的样品, 选择浸出试验结果见表 8, 残渣中铋的含量比

PbS — Bi₂S₃ 系列矿物的化学成分及Se、Te含量

表 6

矿物	样号	产地 垂直标高	Bi	Sb	Pb	Ag	S	Se	Te	总量	其它元素
柱硫铋铅矿	1102	1012米	69.88	1.90	9.55	0.014	18.31	0.07	0.512	99.65	
"	4号-14	39脉837米	71.64		8.58		18.14	0.179	1.006	100.68	
辉铋矿	4号-2	"	73.10		6.41		17.63	0.0764	0.317	98.08	Cu 0.55
"	1507	39脉761米	74.74	1.80	3.88	0.004	18.82	0.100	0.17	99.31	
"	1508	"	73.29	1.99	5.89	0.012	18.08	0.104	0.25	99.89	
柱硫铋铅矿	1505	"	74.73	1.87	7.96	0.004	18.25	0.092	0.25	102.81	
"	1506	"	73.75	1.81	7.41	0.008	18.12			101.09	
辉铋矿	1606	39脉690米	76.62	2.43	0.81	0.004	18.33	0.0676	1.14	99.40	
"	1789	39脉685米	76.31	2.38	2.45	0.008	18.30	0.0568	0.34	99.62	
"	1788	"	76.65	1.23	4.06	0.004	18.80	0.0872	0.13	99.84	
"	8 V11-1							0.0234	0.846		
"	" -2							0.0122	0.440		
"	" -3							0.080	1.298		
辉铅铋矿		39脉761米	49.98		33.79		17.81	0.0271	0.338	101.98	
斜方辉铅铋矿	39脉485米	39脉485米	38.78	1.40	41.22	1.28	16.43	0.234	0.846		
"	"	"	42.58		39.24			0.048	0.21		
"	"	"	42.63		39.54			0.048	0.20		
辉铋矿	P 4							0.0501	0.27		
柱硫铋铅矿	P 14		71.64		8.58		18.41	0.0203	0.25	99.95	Cu 0.41 Fe 0.90
辉铅矿	1								0.17		矿山送样 分析结果
"	3								0.12		
"	5								0.12		
"	7								0.091		
"	6								0.16		

辉铋矿、辉铅铋矿电渗析结果

表 7

样品名称	试样称量 (克)	室 PH 值	电压梯度 伏 / 厘米	电渗时间 (小时)	原 样 含 量			残 渣 含 量			电 渗 量				电渗液取样方法		
					Bi	S	Pb	Sc	Tc	Bi	S	Pb	Sc	Tc		Bi	Pb
辉铋矿	4.4898	3	26.3	48	49.98	17.81	33.79	0.0271	0.3380	49.46	17.61	33.67	0.3240	痕迹	不含	不含	每隔 8 小时取水样一个
	10	3	26.5	25				0.058	0.310				0.061	0.310	不含	"	
辉铋矿	10	6	26.5	20				"	"				0.06	0.33	"	"	
	10	9	26.5	35				"	"				0.06	0.33	"	"	

斜方辉铅铋矿在不同试剂中的选择浸出结果

表 8

称重 (mg)	选择试剂	铋的浸出结果			铅的浸出结果			铊的浸出结果			硒的浸出结果			
		原样中含量 %	浸出后残余物含量 %	溶解浸出量 (mg)	溶解浸出率 %	溶解浸出量 (mg)	浸出后残余物含量 %	溶解浸出量 (mg)	溶解浸出率 %	原样中含量 %	浸出后残余物含量 %	原样中含 量 (%)	浸出后残余物含量 %	
2373	HAC ₁ N	41.81	50.17	21.68	2.18	39.54	29.34			0.21	0.30	—	0.48	0.04
3519	HAC ₃ N		50.01	35.80	3.39		29.75				0.29	—		
2389	HAC ₅ N		49.71	22.76	4.59		29.98				0.26	—		
2139	HAC ₇ N		50.71	23.84	5.67		30.01				0.30	—		
2187	HAC ₉ N		51.57	26.04	5.63		30.27				0.30	—		0.036
1996	H ₂ SO ₄ 1N		41.64	32.50	4.98		37.44				0.25	—		0.036
2374	H ₂ SO ₄ 2N		41.37	3.60	4.35		37.06				0.23	—		0.031
1558	H ₂ SO ₄ 3N		40.30	39.04	5.99		36.63				0.22	—		0.038

原样中铋的含量高，与此相反，残渣中铅的含量比原样中为低，说明在浸出过程中，铅的析出量比铋要多，致使残渣中铋相对富集。碲在残渣中含量比原样高，未浸出到溶液中，说明辉铋矿类矿物溶解对碲并不发生影响，碲可能呈独立矿物存在。硒在残渣中含量比原样中含量为低，仅少量溶解到溶液中，说明硒已与 $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{PbS}$ 系列矿物同时溶解，硒在此系列矿物中可能呈类质同像存在。

归纳上面各项试验的总结结果是： $\text{Bi}_2\text{S}_3 - \text{PbS}$ 系列矿物中碲是以独立矿物形存在，硒呈类质同像赋存。

(三) 台浮铋精矿中碲、硒的分配

在选矿流程当中，本矿床的碲、铋矿物全部集中到台浮铋精矿中，因此研究铋精矿中碲、硒的分配，对将来回收这两种元素有着直接意义。

本矿床铋精矿中所含的矿物主要有辉铋矿、斜方铅铋矿、辉铅铋矿、硫碲铋矿 A、黄铁矿、石英等，其次有少量的泡铋矿、黑钨矿、围岩碎块等。由于精矿中矿物的部分颗粒甚细，在双目镜下精确测出各种矿物的含量存在着一定的困难，考虑到精矿的 Bi、Te 含量与辉铋矿、硫碲铋矿 A 中的 Bi、Te 含量存在着下边的关系：

1. (精矿中辉铋矿的量) × (辉铋矿中铋的含量) + (精矿中硫碲铋矿 A 的量) × (硫碲铋矿 A 中铋的含量) = (精矿的总重量) × (精矿的铋含量)。

2. (精矿中辉铋矿的量) × (辉铋矿碲的含量) + (精矿中硫碲铋矿 A 的量) × (硫碲铋矿 A 的碲含量) = (精矿的总重量) × (精矿中碲的含量)。

上式中的辉铋矿、硫碲铋矿 A、精矿的碲、铋的含量都是已知数。根据精矿的化学分析结束，单矿物辉铋矿（内含有碲铋矿族矿物的细小包体）的化学分析和硫碲铋矿 A 的电子探针分析结果，辉铋矿的碲含量取自表 5 的化学分析平均值 0.408%，铋的含量为 76.08%；硫碲铋矿 A 中碲的含量为 12.27%，铋 78.26%；铋精矿的碲、铋含量，随着矿体的开采部位和选矿的技术条件，逐年都有变化。1965 年 8 月铋精矿的品位为：Te 0.84%、Bi 40.52%；1985 年 4 月铋精矿的品位为：Te 0.98%、Bi 40.22%。取 100 克铋精矿进行计算，所要求出的铋精矿中辉铋矿、硫碲铋矿 A 的含量，分别设为 X 和 Y；按 81 年铋精矿的品位列出联立方程式：

$$76.08X + 78.26Y = 40.22 \times 100$$

$$0.408X + 12.27Y = 0.98 \times 100$$

解出方程式后，算出 100 克铋精矿中辉铋矿的含量为 46.5 克，硫碲铋矿 A 的含量为 6.123 克，其它矿物的含量为 47.27 克。由此计算出铋精矿中碲的占有率：硫碲铋矿 A 占 78%，含碲铋矿细小包体的辉铋矿为 22.0%。

三、对矿床碲的评价与综合利用前景

根据现有资料可以确认这矿床是一碲品位高的钨铋碲的大型共生矿床。这矿床碲在硫化物中的含量，比我国的主要含碲矿床甘肃金川铜镍矿床，白银厂块状硫化物以及其它多金属矿床的含量高百倍以上。这矿床辉铋矿化学分析一般含碲为 0. n %，白银厂、金川等矿床硫

化物中硫的含量为0.000n—0.00n%。这矿床的铋有80%左右呈铋的独立矿物存在于辉铋矿之外。其中主要为硫铋铋矿A，其次有硫铋铋矿B、应硫铋铋矿和未定名铋铋矿物等一系列矿物，其中有的是我国和该矿床首次描述的矿物和新矿物。这些矿物都能在选择产品台浮铋精矿中直接富集，经常使铋精矿的品位接近1%。辉铋矿中的铋铋矿物包体，它们的粒度，大部分都在0.2mm以上，只要进一步磨矿，它们也有相当一部分会解离出来。这矿床铋的规模，可通过台浮铋精矿Te：Bi比值，根据铋的储量进行初步估算，这矿床的铋是经过正规勘探，进行过储量计算的，金属铋的储量为X万吨，上边已经说过，台浮铋精矿来自某个时期的开采作业区，它的Bi：Te和矿物组成，都更有广泛的代表性，如果Bi：Te为40：1计算，则矿床铋的规模可估算为×××吨，可以确认这矿床是目前我国仅有的大型的铋的独立矿床（与钨铋伴生）。这矿床的地质特点和矿物组合，可与苏联外贝加尔地区的铋钨矿床相类比。这矿床存在着明显的逆向分带，往矿体下部铋铋矿物的含量有增之势。在目前开采水平以上部位，铋全部赋存于钨铋石英脉中，钨矿体即铋、铋矿床，往485米中段以下铋铋矿物与辉铋矿连生可出现在大脉型石英脉旁侧的细脉中，进行深部勘探应该注意到矿床铋的这个特点。从现有资料来看，南岭是个铋的成矿远景区。该区的矽卡岩型或斑岩型多金属矿床，都经常含有铋，有的已达大型规模；斑岩型钨矿和其它大脉型钨矿经常见有铋的矿化。如漂塘钨矿见有赫铋铋矿，福建行洛坑亦见铋铋矿物，曾玖吾在莲花山斑岩型钨矿的物质成分研究中，孙未君在吉山报告中都描述了铋铋矿物和铋的矿化。

铋是很有价值的分散元素，在国外已得到了广泛的应用。根据1982年Mineralcommodity Summerer杂志的报导，美国工业用的铋、钢铁工业占65%，有色金属工业占20%，化工及橡胶业占10%。铋主要用在铁铜合金的填加剂上，这种合金是半导体工业的基本材料之一。

铋的市场价格（1980年）

金属	纯度	价格	
Te	99.7%	44美元 / 公斤	美国市场
Bi	99.99%	7.7 美元 / 公斤	欧洲市场

如将同一品级的金属作对比，显然99.0%的铋比99.0%的铋，价格要高出几十倍。过去将这矿床含铋高的铋精矿与一般铋精矿等价处理，显然经济上是一种损失。看来从这类矿床中回收，是冶炼上急需解决的科研课题。目前，我国未形成使用铋的相当规模铁铜合金的生产体系，冶炼上还缺少专门从铋精矿中回收铋的有效流程，这需要科研上列为专门课题进行研究。从日本专刊资料上了解到，从矿渣中浓缩铋的处理过程很简单，不需要特殊的仪器设备。

参 考 文 献

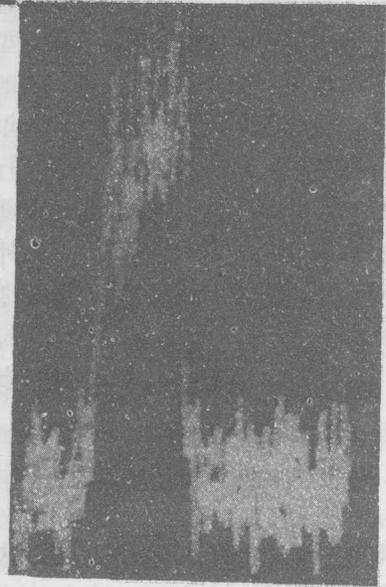
①任英忱 我国南部—钨铋石英脉中的含铋矿物 地质科学 1965年 NO. 2 172—181页
 ②地化所矿床研究组 我国发现的几个分散元素矿物。地球化学 1972年 NO. 3 289—292页
 ③帅德权、蔡健民、刘若蓝：赣南×××钨矿的矿物成分、共生系列及形成温度 1980 成都地质学院论文 汇编 74—76页
 ④Завьялова Е. И. Бельва В. Д. О новом висмутном минерале из ВМО 1981, вып. 5 с. 394



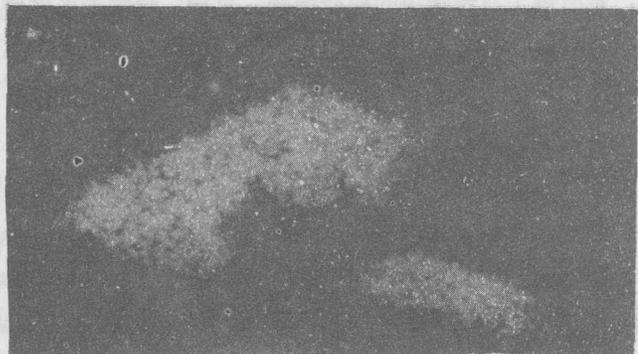
照片1. 硫碲铋矿A及硫碲铋矿B
的 内有辉碲铋矿及未定名铋矿物夹层
晶体 × 5

照片2. 硫碲铋矿B'的TeL₂特征
X射线扫描电子探针照片

照片3. 硫碲铋矿B的B、E、L、其边缘为辉铅铋
矿 (灰色平滑部分)



照片4. 硫碲铋矿B中的
TeL 特征X射线扫描。
白点密集处为碲的浓度富集
(电子探针照片)



W—Te—Bi QUARTZ VEIN TYPE DEPOSIT AND THE OCCURRENCE OF Te IN ONE MINE OF CHIANGXI PROVINCE

Ren Yingchen Chen Mingchin

Wang Cunchang

Abstract

W—Te—Bi quartz vein-type deposits is situated at the uplifted portion of South China Caledonian fold belt. Regionally, the Devonian-Carboniferous fold basement is overlain by the Sinian-Cambrian formation. The mineralization occurred in the top of biotite-granite stock of early Yen Shanin, extended into the basement rocks. Host rocks are mainly Devonian feldspathic quartz sandstone. A group of fractures with E-W strike and some NWW-SEE NEE-SWW strike are the ore-controlling structure. There are 46 minerals with complex constituents. A variety of bismuth sulfosalt and tellurbismuthite of $\text{PbS}-\text{Bi}_2\text{S}_3$ series are present, except for economic minerals such as wolframite and bismuthinite. Within 600 m of vertical extent is the mined orebody, quartz veins show a distinct inverse zoning. The upper part of the deposit has the assemblage of high-temperature minerals such as cassitene-zinnwaldite-tourmaline, while the lower part with the low temperature mineral assemblage of sulphide, sulfosalt, tellurbismuthite and bismuth. The average value of inclusion geothermometry indicates 253°C for upper of the orebody, 251°C for the lower part. Te in the deposit occurred mainly as tellurbismuthite and secondly, as mineral inclusions of tellurbismuthite in the $\text{PbS}-\text{Bi}_2\text{S}_3$ series. Tellurbismuth family has five minerals: joseite A, joseite B, tetradymite, ingodite and an unnamed tellurbismuthite. With coarse grain size commonly up to 5 mm, these minerals can be concentrated directly from bismuth concentrates during the ore-dressing.