

江西盘古山石英脉型钨矿床 钨铋矿物特征及矿物的垂直分带

任英忱 程敏清^① 王存昌

(冶金部天津地质研究院)

南岭石英脉型钨矿存在形态分带(五层楼格式)已有不少报道,但像江西盘古山钨铋石英脉型矿床这样垂直延深大、矿物成分复杂、矿物分带清楚的矿床实例并不多见。参照矿床的矿物空间分带、确定矿体露头的空间部位和矿床所受的剥蚀程度,是评价矿床的一个重要参考因素。矿物空间分带对寻找盲矿体也具有实际意义。

一、矿床地质特征

区域控矿构造为NNE向的新华夏系^[1],从SW—NE盘古山—黄沙—隘上矿区呈等距离分布,间距15km左右。盘古山矿区构造简单,震旦—寒武纪地层呈紧密的基底褶皱,轴向NNW向,上覆泥盆—石炭纪地层则为一系列NW向的盖层褶皱。上泥盆统浅变质砂岩夹板岩为矿床的主要围岩,矿脉在石炭纪地层中尖灭。NEE向的F₅断层切穿整个矿带,它在成矿前后均活动,与矿床的形成有着密切的关系。经钻孔揭露在标高-115m有一隐伏黑云母

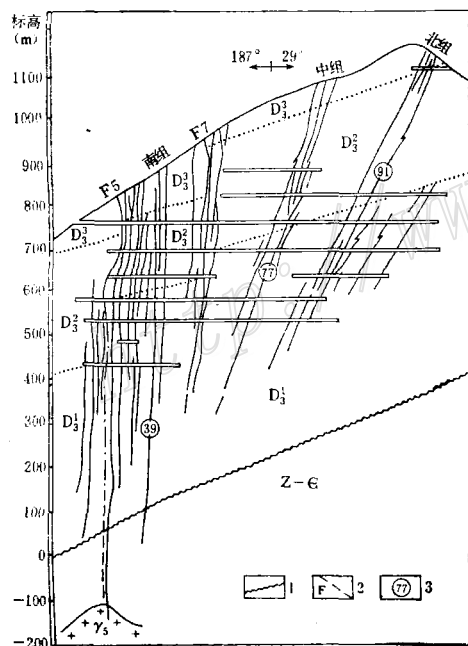


图1 盘古山钨矿地质横剖面图

(选自盘古山科技)

D₃—上泥盆统砂岩夹板岩; Z—C—震旦—寒武系千枚岩、板岩; Y_s—燕山期黑云母花岗岩; 1—不整合界线; 2—断层; 3—含矿石英脉及编号

Fig. 1. Geological cross section of the Pangushan tungsten deposit.

D₃—Upper Devonian sandstone intercalated with slate; Z—C—Sinian-Cambrian phyllite and slate; Y_s—Yanshanian biotite granite; 1—Unconformity; 2—Fault; 3—Ore-bearing quartz vein and its serial number.

① 程敏清执笔。

花岗岩体。

盘古山钨铋石英脉为大脉带，受剥蚀较深。矿床由一系列走向NWW-SEE、NEE-SWW和E-W向含矿石英脉组成。矿脉分南、中、北三组，一般倾向南。南组陡，规模最大；北组缓，规模最小，向深部逐渐收敛。矿体产于距母岩接触面较远部位，并且延深较大。南组39号脉体，EW向延长与延深均在千米以上，向南倾角80°左右（图1）。矿脉形态有以下特点：

1. 整个矿脉大致呈一偏斜的透镜状脉体，矿脉最宽处达2m，较宽部分多分布在矿脉西端的中下部，东西两端矿脉尾部宽仅15—20cm。

2. 矿脉产状在短距离内常发生变化，使其形态变得复杂。矿脉有时沿走向发生弯曲，有时沿倾向发生翻转，在矿脉的弯曲部分常出现分岔，并且有时见矿脉两壁相对倾斜呈“漏斗状”。

3. 矿脉与围岩接触界线较平直，是矿脉以充填方式形成的佐证。其矿脉内的夹石常呈透镜状，在矿脉内呈有规律的排列，其夹石长轴与矿脉走向近于一致。

二、钨铋石英脉的矿物成分和成矿阶段划分

目前在该钨铋石英脉矿床中已发现的矿物约五十种^[2]，其中除主要矿物——石英外，还有以下几类：

1. 钨矿物——钨锰铁矿族、白钨矿、钨华。

2. 铋硫酸盐矿物及碲铋矿族矿物——辉铋矿、辉铅铋矿、斜方辉铅铋矿、柱硫铋铅矿、斜方硫铋铅矿、富硫铋铅矿、自然铋、泡铋矿、铋华、碲铋华、硫碲铋矿A、硫碲铋矿B、应硫碲铋矿、辉碲铋矿、未定名碲铋矿物。

3. 磷酸盐矿物——独居石、磷灰石、磷钨矿。

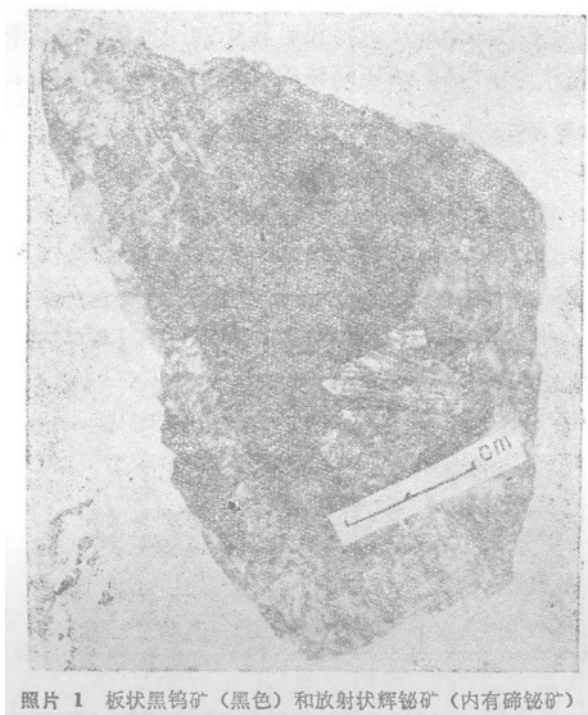
4. 锆铅矿物——锆石。

5. 钛矿物——钛铁金红石、钛铀矿。

常见的矿物还有黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、毒砂、辉钼矿、锡石、绿柱石、铁锂云母-白云母、长石、萤石、电气石、菱铁矿、方解石、臭葱石、孔雀石、针铁矿、水针铁矿、赤铁矿、磁铁矿、水绿矾等。

盘古山矿区矿物种类繁多，这次我们仅重点研究了有工业意义和可做为找矿标志的矿物以及有害杂质磷的赋存状态。下面对有关矿物给以必要的描述：

黑钨矿：钨矿石英脉中的主要金属矿物。矿床上部黑钨矿晶体细小，其矿石常见块状构造、晶洞构造、梳状构造；矿床中下部黑钨矿晶体粗大，一般10cm左右，有的可达30cm，形成簇状连生集合体，呈局部富集，称之为“砂包”。其矿石几乎全为致密块状。该矿床中的黑钨矿至少分两个世代：第一世代黑钨矿常发育于石英脉的边部，呈薄板状、长茅状，一般垂直脉壁生长；第二世代黑钨矿形成时间则较晚，分布于脉的中间部位，特别在大脉带中较发育，一般呈厚板状（照片1）。黑钨矿形成时间较早，第一世代黑钨矿只比锡石、铁锂云母、电气石略晚，而两个世代黑钨矿均早于黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等，在一些开采中段及显微镜下均可见到硫化物穿插或交代黑钨矿的现象，在深部中段可见到白钨矿交代黑钨矿



照片1 板状黑钨矿(黑色)和放射状辉铋矿(内有碲铋矿)

的现象。

我们从39号脉不同中段选取了第二阶段黑钨矿进行一系列测试工作。黑钨矿是由钨铁矿和钨锰矿两种端员组分构成的类质同象连续固溶体^[3]。根据其含铁锰成分的变化,其性质也有相应的变化。黑钨矿为褐黑—黑色,含锰愈多,颜色越浅,其反射率也愈大。盘古山黑钨矿维氏硬度380—460kg/mm²,相对密度7.00—7.45,黑钨矿随锰含量的提高,相对密度变小,硬度也降低。我们选取50个黑钨矿进行了X—荧光光谱分析,经过分子的计算和氧化物分子百分比的计算将其投影到以WO₃、FeO、MnO分子数为百分之百的三角图解上(图2)。与黄沙矿区黑钨矿相比,该区黑钨矿更富铁,在图中偏左侧,属富锰钨铁矿、钨铁矿范围。在该区内黑钨矿从标高831m—485m在图中的投影点,从左向右移动即随深度的加大,MnO含量增加,从富锰钨铁矿转变成钨锰铁矿。

PbS—Bi₂S₃硫盐矿物:

该系列矿物是该矿床铋矿产的全部来源,其矿物种类繁多。根据已有资料,初步确定有八种,除端员矿物辉铋矿与方铅矿外,大部分都是硫盐矿物(表1)。硫盐矿物和方铅矿主要形成在第二矿化阶段,在成矿过程中,它们形成晚于黑钨矿、锡石等含氧盐矿物,也晚于黄铁矿、磁黄铁矿等主要硫化物。硫盐矿物中不同矿物的PbS/Bi₂O₃比值有差异:柱硫铋铅矿PbS/Bi₂S₃的比值低,与黄铁矿共生,在铋硫盐矿物中它形成最早,且分布于矿床较上部位;斜方辉铅铋矿和富硫铋铅矿PbS/Bi₂S₃比值高,与磁黄铁矿和自然铋共生,形成较晚,常见于石英脉的晶洞中,具有较完整的自形晶体,出现在矿体的较下部位。本矿床的辉铋矿常含有一定数量的铅(0.1—2%),方铅矿中也含有1.65%的铋,这也是该矿床的一个特点。矿床中铋硫盐矿物的某一种属的出现,显然受成矿过程中热液Pb⁺²、Bi⁺³离子浓度、*f*_{O₂}及温度等因素的制约。矿床中PbS—Bi₂S₃系列矿物的化学成分及X光粉晶数据见表1。

铋钨矿族矿物：矿床中的铋全部来自铋钨矿族矿物，根据现有资料^[4]，确认的铋钨矿族矿物共有五种（表2，照片2）。该矿床中铋钨矿族矿物具有以下特点：

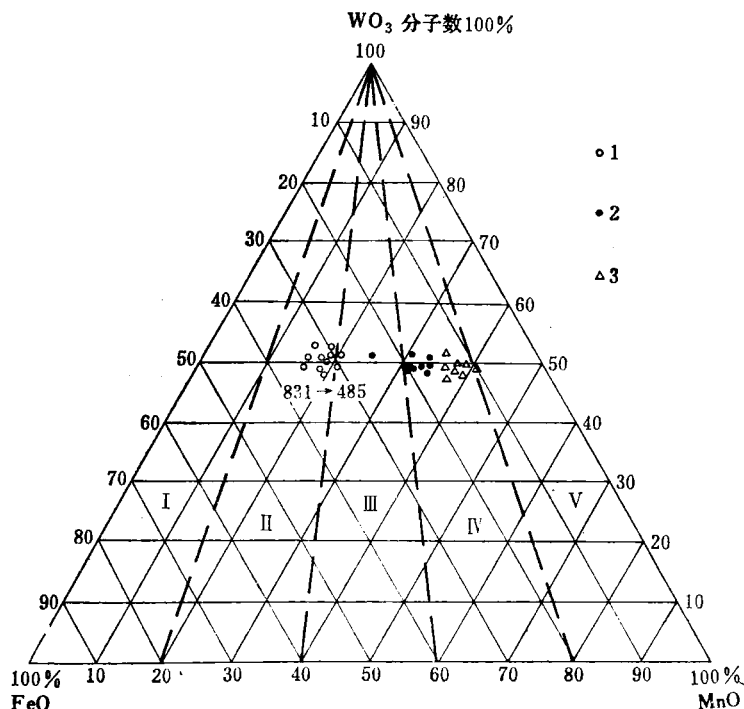


图2 黑钨矿族矿物分类图

I—钨铁矿；II—富锰钨铁矿；III—钨锰铁矿；IV—富铁钨锰矿；V—钨锰矿；1—盘古山矿区黑钨矿；2—黄沙矿区中组黑钨矿；3—黄沙矿区北组黑钨矿

Fig. 2. Triangular diagram showing classification of the wolframite family.

I—Ferberite; II—Mn-rich ferberite; III—Wolframite; IV—Fe-rich hubnerite; V—Hubnerite; 1—Wolframite from the Pangushan ore district; 2—Wolframite from middle group of the Huangsha ore district; 3—Wolframite from northern group of the Huangsha ore district.

1. 该矿床的铋钨矿族矿物，都属金属过剩型硫化物，晶体结构中存在金属-金属键。
2. 矿物具有非标准化学式，如辉铋钨矿为 $\text{Bi}_2\text{Fe}_{2+x}\text{S}_{2-x}$ ，未定名铋钨矿物1为 $\text{Bi}_3\text{Fe}_{1+x}\text{S}_{2-x}$ 。
3. 硫铋钨矿A的化学式中Fe和S存在有空位。

各种铋钨矿族矿物的化学式中，硫原子的百分比有异：未定名铋钨矿物1化学式中硫原子占29.0%，它与黄铁矿、辉铋矿共生（照片3），分布在矿体较上部。硫铋钨矿B的化学式中硫原子占14.2%，经常与磁黄铁矿、自然铋共生，多分布在矿体的下部。显微镜下观察见硫铋钨矿A、应硫铋钨矿形成早于硫铋钨矿B，常见硫铋钨矿B沿颗粒边缘交代前种矿物（照片4）。铋钨矿族矿物的化学成分和X光粉晶特征线条见表2。

石英：是矿区的主要脉石矿物，其含量达90%以上，它与矿石矿物的关系非常密切。一般呈灰色、灰白色、乳白色，油脂光泽，他形晶粒状，在条带状石英脉和晶洞中常有完整的石英晶体产出，呈晶簇状、梳状，在大脉中则多呈致密块状。石英的结晶期最长，但主要在氧化物阶段。

赣南石英脉中的杂质元素有Al、F、Fe、Mg、W、Mn、Ca、Ti、Li、Na、B、Sn、Be、Ag

表 1 盘古山矿床PbS-Bi₂S₃系列硫盐矿物①的化学成分、X光粉晶资料表
Table 1. Chemical composition and X-ray powder data of sulfosalts minerals of PbS-Bi₂S₃ sequence from the Pangshan deposit

矿 物	主 要 组 分 (%)				总 量	原 子 数			化 学 式	X射线粉晶特征线条
	Bi	Pb	S	Tc		Bi	Pb	S		
辉铋矿	76.62	0.81	18.33	2.43	1.14					3.56(10), 3.118(8)
	76.31	2.45	18.30	2.38	0.34					2.516(7), 1.941(6)
	80.19	0.24	18.99	—	99.43*					
	80.16	0.75	18.36	—	99.47*					
柱 硫 铋铅矿	69.88	9.55	18.31	1.90	0.51	0.3344	0.0461	0.5711	(Bi _{1.86} Sb _{0.27}) _{6.13} Pb _{0.81} Si ₆	3.96(6), 3.54(10), 3.11(6)
	71.64	8.58	18.41		99.75	0.3428	0.0414	0.5742	Bi _{1.92} Pb _{0.72} Si ₆	2.797(5), 2.508(7), 1.937(9)
斜 方 硫铋铅矿	64.29	18.23	17.61		100.14*	0.3076	0.0088	0.5493	Bi _{1.92} Pb _{1.12} S ₇	1.733(6), 1.177(8), 1.143(7)
	57.06	24.29	16.04	0.25	97.64*	0.2730	0.1172	0.5003	(Bi _{1.18} Sb _{0.08}) _{8.24} Pb _{3.51} Si ₁₅	1.058(8)
chiviatite	56.90	20.60								
	49.98	33.79	17.81		101.58	0.2354	0.1605	0.5466	Bi _{1.72} Pb _{1.18} S ₄	3.45(10), 3.005(7),
	51.90	31.09	15.91	1.09	99.99	0.2483	0.1500	0.4963	Bi _{1.97} Pb _{1.19} (S _{3.93} Sb _{0.07}) ₄	2.454(6), 2.054(7),
	51.34	32.35	15.85	0.42	99.90*	0.2457	0.1556	0.4944	Bi _{1.98} Pb _{1.20} S ₄	1.958(8)
斜 方 硫铋铅矿	38.78	41.22	16.43	1.40	100.35	0.1857	0.1987	0.5124	(Bi _{1.86} Sb _{0.11}) _{1.97} (Pb _{1.99} Ag _{0.11})S ₆	3.43(10), 2.943(7), 2.253(6)
	41.13	39.25	15.76	1.84	97.98*					2.134(6), 2.025(7), 1.898(6)
富硫铋铅矿(?)	10.73	76.08	13.68	0.004	Ag 0.465	0.0513	0.3672	0.4267	Bi _{1.04} Pb _{7.74} S ₆	
方铅矿	1.65	87.34	13.37	0.005	0.079	0.0079	0.4215	0.4170	Pb _{1.01} Bi _{0.02} Si _{1.00}	
					102.44					

①系新矿物及矿物命名委员会审订的1984年“英汉矿物名称”，*为电子探针分析，其余为化学分析。



照片2 砷铋矿族矿物（五种矿物）的片状晶体具完全解理与韧性 ×5



照片3 辉铋矿中的应硫砷铋矿 ×200



照片4 硫砷铋矿B出现于硫砷铋矿A的内侧 ×200

表2 盘古山矿床铋矿族矿物的物理化学特征

Table 2. Physical-chemical characteristics of the minerals or tellurbismuth family from the Pangushan deposit

矿 物	主要组分 (%)					原 子 数				化 学 式	X射线粉晶特征线条 (10^{-10}m)
	Bi	Pb	Te	S	总量	Bi	Pb	Te	S		
未定名 碲铋矿1*	74.52	—	19.20	6.65	100.37	0.3566		0.1505	0.2074	$\text{Bi}_3\text{Te}_{1.26}\text{S}_{1.74}$ $\text{Bi}_3\text{Te}_{1+x}\text{S}_{2-x}$ (通用式)	4.39(6), 3.08(10), 2.24(8) 1.88(6), 1.66(6), 1.212(9)
辉碲铋 矿	60.69	2.89	32.16	5.23	101.08	0.2873	0.0134	0.2494	0.1618	$\text{Bi}_3\text{Te}_{2-x}\text{S}_{2-x}$	a. 4.90(4), 3.10(10), 2.30(8), 2.12(7), 1.97(5), 1.94(6), 1.30(8), 1.21(9) b. 3.08(10), 2.29(5), 2.12(6), 1.74(4), 1.34(4)
	60.60	3.40	32.69	5.24	101.98	0.2843	0.0161	0.2513	0.1603		
	61.64	1.31	31.09	4.37	98.77	0.2938	0.0063	0.2437	0.1363		
硫碲铋 矿A	78.64	2.43	12.30	5.82	99.19	0.3763	0.0120	0.0964	0.1815	$\text{Bi}_4\text{TeS}_{1.80}\square_{0.2}$	4.40(6), 3.09(10), 2.26(5) 3.62(3)
	83.03		12.16	6.01	101.51	0.3973		0.0953	0.1875	$\text{Bi}_4\text{Te}_{0.76}\square_{0.25}\text{S}_2$	
	81.68	0.68	9.46	6.77	99.82	0.3903	0.0033	0.0741	0.2112		
	82.04	0.61	9.33	6.59	98.77	0.3926	0.0029	0.0740	0.2055		
硫碲铋 矿B	75.78	0.31	21.09	3.06	100.34	0.3626	0.0015	0.1652	0.0954	$\text{Bi}_4\text{Te}_{2-x}\text{S}_{1+x}$	4.55(5), 3.68(4), 3.17(10) 2.32(8), 1.795(5)
	76.81	—	20.24	2.61	99.61	0.3675	—	0.1570	0.0814		
应·硫 碲铋矿	71.42	1.24	22.75	5.24	100.75	0.3418	0.1783	0.006	0.1634	Bi_2TeS	3.10(10), 2.28(6), 2.14(6) 1.98(4)
	71.77	0.93	22.32	4.94	100.07	0.3434	0.1749	0.0045	0.1541		

* 为化学分析结果, 其余为电子探针分析结果, 分析人本院曹东一。

等。根据盘古山矿区的情况, 我们在39号脉中选取20个石英样品 (其中分有矿和无矿两种) 进行杂质元素 Al_2O_3 、 MgO 分析, 并进行了热发光实验。从585中段到485中段 Al_2O_3 、 MgO 含量比较稳定, 但显示了略有降低之趋势, 这与钨品位随深度有下降的趋势是一致的, 在无矿石英脉中钨的品位为零, Al_2O_3 、 MgO 也显示了低含量之特点。热发光实验, 反映出矿体往下钨品位有下降的趋势。

根据盘古山矿区资料对39号脉在701—485六个中段中与黑钨矿近于同时形成的白色、油脂光泽强、透明度较好的石英进行均一法测温, 各中段平均温度变化不大, 但从上到下有下降趋势, 而且包裹体的丰度也与矿化富集程度关系密切, 即钨品位与包裹体数量存在正相关关系。

磷酸盐矿物: 磷为钨矿中的有害杂质, 经过研究确认, 磷主要以磷灰石状态出现, 另有少量的独居石和磷钨矿。

在盘古山钨铋石英脉矿床中经常见到多阶段成矿现象。成矿阶段的划分应主要依靠成矿过程中发生的广泛而明显地构造运动 (表现为矿脉的穿插关系)。在本矿区明显见到白色的石英-黑钨矿脉遭到破坏呈角砾状, 而被烟灰色石英、黄铁矿集合体胶结; 黑钨矿、磁铁矿、石英的块状集合体被斜方辉铅铋矿、黄铁矿、硫铋铅矿、石英细脉所穿插; 即使同一类矿物成分也有差别, 如: I、II、III阶段的石英既见穿插现象, 也见颜色和成分的不同, 根据以上标志将矿床划分为三个成矿阶段。

盘古山矿床各成矿阶段矿物生成顺序见表3。

表 3 盘古山矿床各成矿阶段矿物生成顺序表

Table 3. Mineral-forming sequence at various metallogenic stages of the Pangushan deposit

矿化阶段	第 I 阶段	第 II 阶段	第 III 阶段
铁白云母			
电气石			
白云母			
磷灰石			
磷钨矿			
黑钨矿			
毒砂			
辉钼矿			
辉铋矿			
自然铋			
柱晶石			
黄铜矿 I			
辉砷铋矿			
黄铁矿 I			
磁黄铁矿			
石英 I			
长石			
白钨矿			
黄铁矿			
绢云母			
方解石			
辉钼矿			
Chiviatite			
斜方砷铋矿			
斜方辉钼矿			
高砷铋矿			
方铅矿			
黄铜矿 II			
黄铁矿 II			
白铁矿			
硫砷铋矿 A			
应硫铋矿			
硫砷铋矿 B			
未定名铋矿			
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	

三、盘古山矿床矿物空间分带特点

根据对盘古山钨铋石英脉矿床物质成分的研究，可以看出在矿脉的不同部位矿的成分变化显著。在白色石英脉中会突然出现黑钨矿的“砂包”或“矿柱”，也常见有金属硫化物的突然集中。从空间上看（从矿床顶部到深部）矿物的垂直逆向分带的变化规律十分明显，这反映到以下几个方面：

1. 从矿床的顶部到深部，石英脉的结构构造有一定变化。虽然矿脉中的石英一般都垂直脉壁生长，靠近脉的边部多为细小颗粒，而往脉的中部则逐渐出现细长状晶体，但矿体上下部位却有很大的不同，即矿脉顶部靠边缘部分多发育有晶洞构造，而深部则出现块状构造。

在矿脉的不同部位，黑钨矿矿柱（富矿地段）出现的情况也有不同。在矿脉中部主要出现在矿脉两壁相向倾斜，矿脉呈漏斗状部位（图3-A），而在矿脉下部则未见此现象。在矿体不同部位的黑钨矿矿柱中黑钨矿晶体（100）的排列方向也有不同，在矿体上部无一定方向，彼此交错呈网格状；在矿体中部位于漏斗状部位的黑钨矿晶体全部垂直脉壁生长，（100）面基本垂直矿脉走向；而在矿体下部黑钨矿晶体虽基本上垂直脉壁生长，但（100）面不完

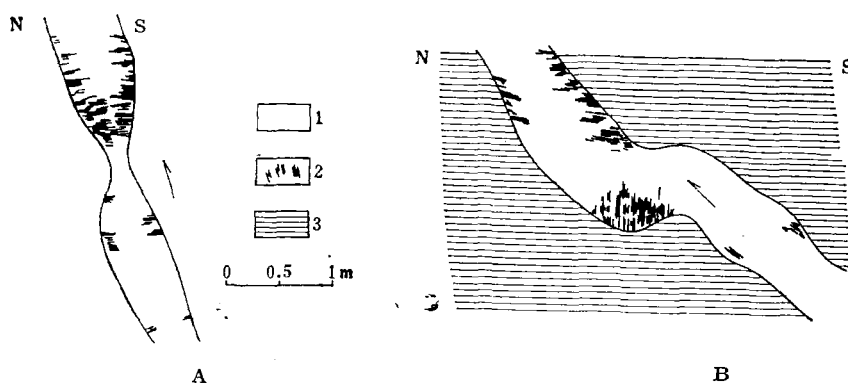


图3 A黑钨矿富集在矿脉呈漏斗处素描图; B黑钨矿富集在矿脉弯曲凹陷处素描图
1—石英; 2—黑钨矿; 3—变质砂岩

Fig. 3. A. Sketch showing concentration of wolframite at the funnel-shaped position of the ore vein; B. Sketch showing concentration of wolframite at the bent downwardwarping position of the ore vein.

1—Quartz; 2—Wolframite; 3—Metamorphosed Sandstone.

全垂直脉的走向。特别是在矿脉中部的弯曲处黑钨矿晶体的延长方向基本与含矿脉体的倾向一致, 富矿主要出现在突起的上方和前方的凹陷处 (图3-B)。

2. 矿物组合在矿床空间上呈有规律的变化, 以39号矿体为例, 上部出现铁锂云母、电气石、锡石等高温的矿物组合, 而下部则出现辉铅铋矿、斜方辉铅铋矿、富硫铋铅矿(?)等铋硫盐矿物和碲铋矿族矿物等较低温的矿物组合, 在含硫矿物中从浅至深由黄铁矿、辉铋矿逐渐变为磁黄铁矿、铋硫盐、自然铋贫硫的矿物组合。这可以说矿床上部富含氧化物、含氧盐(锡石、铁锂云母、黑钨矿), 下部则富含硫化物(磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿)。

3. 矿体的主要矿物性质在矿体空间上出现有规律的变化 (图4)。

盘古山钨矿床为外接触带石英脉型钨矿床, 形成环境相对稳定, 从上至下矿物呈现了分带现象。

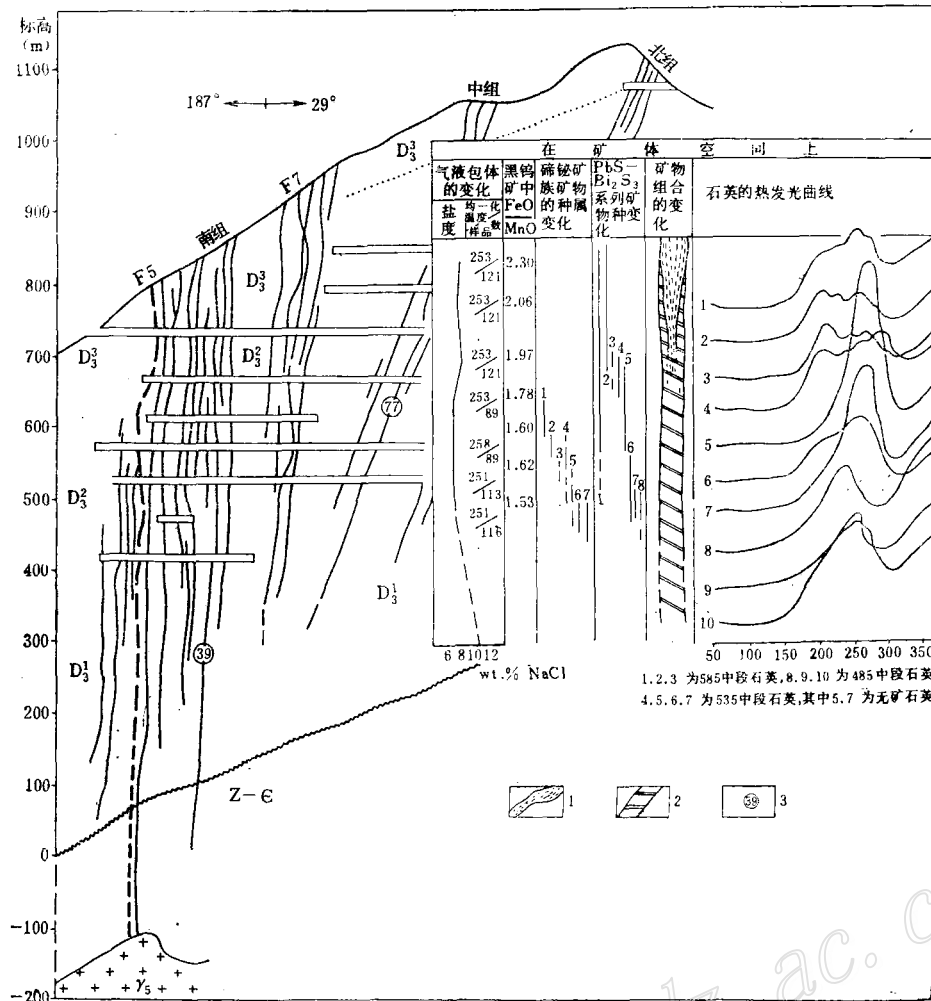
通过对39号脉体50多个黑钨矿样品进行单矿物分析, 确定黑钨矿为富锰的钨铁矿和钨锰铁矿。从831中段到485中段FeO/MnO比值下降, 反映出矿床中黑钨矿其下部比上部富锰, 黑钨矿中随MnO含量的增加、颜色变浅、相对密度减小、硬度降低, 其石英均一法测温从上到下有逐渐降低趋势。黑钨矿中铌、钽含量虽较稳定, 但钽的含量显示增高之趋势。

石英的热发光曲线在空间上也做有规律变化。大脉带石英中的 Al_2O_3 、MgO含量比较稳定, 但从上至下略有降低之趋势。其石英热发光曲线的形态从上到下也有从双峰→左峰减弱→只具单峰(右峰)演化的趋势, 近于无矿石英的热发光曲线了。

4. Bi_2S_3 -PbS矿物系列和碲铋矿族矿物在矿体空间上其种属也有变化。

在 Bi_2S_3 -PbS矿物系列的空间分布上随着深度加大其硫盐由辉铋矿、柱硫铋铅矿、斜方硫铋铅矿、Chiviatite、辉铅铋矿、斜方辉铅铋矿、富硫铋铅矿、直到方铅矿均有分布, 该矿物系列的共生关系和变化趋势均反映了矿物分带的特点。

碲铋矿族矿物从浅到深在空间上有如下分布: 未定名碲铋矿族矿物1、辉碲铋矿、硫碲铋矿A、应硫碲铋矿、硫碲铋矿B, 其中硫占有的原子百分比也是下降的趋势, 显示了一定的规律性。



碲铋矿族矿物: 1— $\text{Bi}_3\text{Te}_{1.26}\text{S}_{1.74}$ 未定名碲铋矿; 2— $\text{Bi}_4\text{Te}_{0.74}\text{S}_{2.11}$ 硫碲铋矿A; 3— $\text{Bi}_4\text{Te}_{1.02}\text{S}_{1.75}$ 硫碲铋矿A;
4— $\text{Bi}_3\text{Te}_{2.49}\text{S}_{1.62}$ 辉碲铋矿; 5— $\text{Bi}_3\text{Te}_{2.74}\text{S}_{1.43}$ 辉碲铋矿; 6— $\text{Bi}_2\text{Te}_{1.02}\text{S}_{0.94}$ 应硫碲铋矿; 7— $\text{Bi}_4\text{Te}_{1.02}\text{S}_{1.25}$ 硫碲铋矿B
PbS— Bi_2S_3 系列铋硫盐: 1— Bi_2S_3 辉铋矿; 2— $\text{PbBi}_6\text{S}_{10}$ 柱硫铋铅矿; 3— PbBi_4S_7 斜方硫铋铅矿; 4— $\text{Pb}_3\text{Bi}_8\text{S}_{15}$
Chiviatitc; 5— PbBi_2S_4 辉铋矿; 6— $\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$ 斜方辉铋矿; 7— $\text{Pb}_8\text{Bi}_9\text{S}_9$ 富硫铋铅矿(?); 8— PbS 方铅矿

图4 矿床的矿物分带图

1—铁锂云母-锡石-电气石-长石-黄铁矿组合; 2—自然铋-铅铋硫盐-碲铋矿族矿物-辉钼矿-磁黄铁矿组合; 3—含
矿石英脉及编号; D_3 —上泥盆统砂岩夹板岩; Z—ε—震旦—寒武系千枚岩、板岩; γ_5 —燕山期黑云母花岗岩

Fig. 4. Diagrammatic geological section showing mineral zonation of the ore deposit.
1—Zinnwaldite-cassiterite-tourmaline-feldspar-pyrite assemblage; 2—Native bismuth-lead-bismuth sulfo-
salts-tellurbismuth family-molybdenite-pyrrhotite assemblage; 3—Ore-bearing quartz vein and its serial
number; D —Upper Devonian sandstone intercalated with slate; Z—ε—Sinian-Cambrian phyllite and slate;
te; γ_5 —Yanshanian biotite granite.

四、从成矿过程中矿液的演化看矿床矿物垂直分带

该区矿床分带的出现与江西南部地区燕山期构造、岩浆、成矿发展序列有关。盘古山钨
矿的成矿受区域性NEE向新华夏系断裂构造控制。震旦—寒武系褶皱基底岩石是区域性钨、

铋、碲的主要矿源层。深部重熔形成含矿的S型花岗岩浆,受区域构造控制呈定向分布。在成矿过程中含矿裂隙上部舒张,下部紧压,随成矿作用的进行裂隙舒张部位依次由上向下发展,矿液的组分随时间也依次变化,于是反映出矿床的垂直分带特征。

经钻孔证明深部确存在一隐伏黑云母花岗岩,此岩体属 SiO_2 (75.71%)过饱和系列的超酸性岩,其中W、Bi等的含量均远远高于酸性花岗岩中元素平均含量的2700倍、7000倍;花岗岩石英与矿脉中石英的气液包体虽都属富含 CO_2 ,但花岗岩石英的均一化温度和含盐度较高;含钨石英脉的弯曲处,黑钨矿晶体的延长方向基本上与矿体的倾斜一致,其富矿主要出现在突起的上方和前方的凹陷处,这些均说明了矿液来源与隐伏黑云母花岗岩有关。而从39号矿脉成矿温度变化不大反映出矿液来源充足,成矿环境稳定,从而形成了大脉型钨矿床。

由于裂隙上宽下窄,裂隙的形成与深部矿液自下而上流动同时进行,所以各元素在沉淀过程中形成了如下的矿物组合和矿物分带:矿床上部接近地表氧化电位高,压力降低快;在矿液较高温时(350℃—270℃)氧化物和硅酸盐矿物(如铁锂云母、电气石、锡石、绿柱石等)优先迅速结晶,于是生成细粒氧化物和小薄板状黑钨矿;而矿床中部的黑钨矿则因环境比较稳定,矿源物质丰富致使晶体较粗大。成矿流体演变过程中 Fe^{+2} 、 Mn^{+2} 、 WO_4^{+2} 离子浓度的变化反映在黑钨矿 MnO/FeO 比值上,随深度加大有逐步升高的趋势。它随 $a_{\text{Mn}^{+2}}^0/a_{\text{Fe}^{+2}}^0$

(Mn^{+2} 、 Fe^{+2} 离子的初始活度)比值的增大而增大。李亿斗等指出^①:在封闭系统中黑钨矿开始从矿液中晶出时 Fe^{+2} 进入黑钨矿晶格的及时速度要比 Mn^{+2} 快5倍,而当矿液中消耗 Fe^{+2} $8.55 \times 10^{-7} \text{mol/L}$, Mn^{+2} $3.48 \times 10^{-7} \text{mol/L}$ 时二者进入晶格的及时速度相等。随着时间的推移, Mn^{+2} 沉淀的速度越来越快,到结晶临近结束时 Mn^{+2} 沉淀速度比 Fe^{+2} 沉淀速度快48倍。盘古山矿床的黑钨矿从831到485中段由富锰的钨铁矿转变成钨锰铁矿,其 MnO/FeO 从0.40升至0.72也是必然的。而且黑钨矿中 Mn^{+2} 的增高与pH值的升高,即钨铁矿在酸度较高环境下稳定而钨锰矿在酸度较低(即从酸性→中—中碱性)环境下稳定也是一致的。

随着深度的增大、裂隙的扩张、矿液温度的降低、氧化物不断晶出,矿液性质和成分也发生相应变化,即 WO_4^{+2} 和亲氧元素不断减少, pH不断增加, S^{-2} 的浓度和亲硫元素相对增加,直到温度240—270℃范围内磁黄铁矿和辉铋矿大量出现,而且白钨矿沉淀交代黑钨矿。越到矿床下部Eh逐渐降低、pH更趋升高,随着温度的降低, S^{-2} 更加富集,在这种富硫的碱性还原介质环境中形成了大量的硫化物,而且越到深部也出现贫硫趋势,于是大脉型钨矿床的垂直分带现象就形成了。

因此,随着大脉型钨矿床的深入研究,在赣南钨矿床中摸清矿床分带特点对矿床评价及铋碲的综合利用有着现实的意义。

本文是南岭钨矿专题研究成果的一部分,野外工作期间得到江西盘古山钨矿曾广胜工程师的大力支持,在室内工作中得到我院地质实验室、绘图组、化验室及情报室沈承珩工程师的帮助,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 莫柱荪、叶伯丹等 1980 南岭花岗岩地质学 地质出版社

① 据李亿斗、李逸群1982年资料。

- [2] 朱焱龄、李崇佑、林运淮 1981 赣南钨矿地质 江西人民出版社
- [3] 章崇真、郑秀中、李上男 1981 赣中某矿田黑钨矿成分的时空变化特征 地质论评 第3期
- [4] Hoda, S. N and Chang, L. L. Y., 1975, Phase relations in the systems $PbS-Ag_2S-Bi_2S_3$, Amer Mineral. Vol. 60, pp. 621-633.

CHARACTERISTICS AND VERTICAL ZONING OF TUNGSTEN-BISMUTH MINERALS IN THE PANGUSHAN QUARTZ-VEIN TYPE TUNGSTEN DEPOSIT OF JIANGXI PROVINCE

Ren Yingchen, Cheng Mingqing and Wang Cunchang

(Tianjin Geological Academy, Ministry of Metallurgical Industry)

Abstract

The Pangushan quartz-vein type tungsten deposit has great vertical extension and complicated ore mineral constituents characterized by obvious vertical zoning. A study of its mineralogical zoning is not only of remarkable significance in understanding the zonation of tungsten deposits in Nanling area, but of considerable referential value in ore prospecting, especially in blind orebody search, and in comprehensive utilization of the mineral resources as well.

The vertical mineralogical zoning of the Pangushan deposit finds its expression in the following aspects:

1. From top to the depth, tungsten-bismuth quartz veins show regular variations in texture and structure. The orientations of the (100) face of the wolframite crystals in the wolframite ore column are also different in diverse part of the orebody; in the upper part, the wolframite crystals are in random arrangement, assuming the network shape; in the funnel-like middle part, all these crystals grow perpendicular to the vein wall, with the (100) face essentially normal to the strike of the ore veins; in the lower part, however, (100) face is not wholly normal to the strike of the vein wall though the growth of the wolframite crystals is basically perpendicular to the vein wall.
2. Mineral assemblages show regular variation in space, with minerals of high temperature assemblage such as zinnwaldite, tourmaline and cassiterite in the upper part whereas those of lower temperature assemblage such as bismuth sulfosalts and tellurobismuthite group in the lower part.
3. Wolframite in the lower part contains more manganese than that in the upper part; the physical properties of wolframite also show regular variation with increasing MnO ; from the upper to the lower, homogenization temperature of quartz tends to fall; the thermal luminescence curve varies regularly in space too, especially below the 585 level its shape approaches that of the barren quartz vein.
4. The spatial variations in Bi_2S_3 - PbS series and tellurobismuthite group are characterized by downward depletion in sulfur.