

湖南西部层控锑矿床

鲍振襄

(中国有色金属长沙公司245队)

内容提要:湘西层控锑矿床主要分布于雪峰隆起带的中段和东段。有两类产状:一为沿控矿地层自然延伸的缓倾斜整合层状、似层状和透镜状矿床;二为沿控矿地层的断裂构造延展的陡倾斜交错脉状矿床。均共生金。

矿床赋存于特定的控矿层位或岩性段,成矿物质主要来自地壳深部,与火山喷溢作用有关,成矿与区域变质作用紧密联系在一起,并严格受构造控制,属复理石-类复理石建造之火山沉积-变质热液类型。铅模式年龄和K-Ar同位素年龄主要相当于加里东运动早期,与区域控矿构造——雪峰隆起形成时间一致。

主提词:层控锑矿床 地质特征 控矿因素 矿床成因 湖南西部

湖南西部锑矿床,最早发现和开采于1889年,历史悠久,中外驰名。已知矿床(点)数十处,是我国层控锑矿床找矿勘探和科学研究的重要领域。

一、地质概况

本区位于江南地轴西侧,南东临华南加里东-印支褶皱带的湘中凹陷,南西侧为轴缘凹陷沅麻盆地。矿床主要分布于雪峰隆起带的中段和东段(图1)。主要控矿层位是元古界板溪群(表1),次为上震旦统灯影组。据报导⁽¹⁾,该层位在江南地轴北缘的湖北徐家山也发现了同类型的层控锑矿床。本文着重讨论产于元古界的层控锑矿床。

(一) **锑矿床产状类型** 湘西层控锑矿床主要有两类产状:①沿控矿地层自然延伸,形态较简单,具多层性,产状平缓且与地层一致,呈层状、似层状和透镜状矿床;②沿特定控矿层位的断裂构造延展,形态较复杂,膨胀狭缩,分枝复合,尖灭再现(侧现),产状陡并与地层斜交或近于正交的交错脉状矿床。

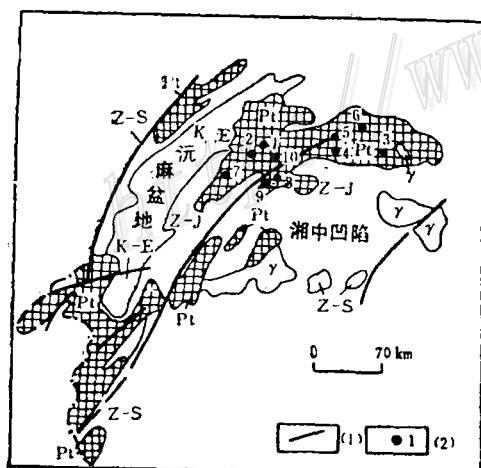


图1 湘西层控锑矿床分布略图

Pt—元古界;Z-S—震旦-志留系;Z-J—震旦-侏罗系;
K-E—白垩-第三系;γ—花岗岩;(1)—断层;(2)
—主要锑矿床:1—沃溪;2—渣滓溪;3—板溪;
4—符竹溪;5—西冲;6—合心桥;7—羊皮帽;
8—江溪垅;9—龙王溪;10—同心
Fig. 1. Sketch geological map of stratabound
antimony ore deposits in western Hunan.
Pt—Proterozoic; Z-S—Sinian-Silurian; Z-J—Sinian-
Jurassic; K-E—Cretaceous-Tertiary; γ—Granite;
(1)—Fault; (2)—Major antimony deposits;
1—Woxi; 2—Zhazixi; 3—Banxi; 4—Fuzhuxi;
5—Xichong; 6—Hexinqiao; 7—Yangpiniao;
8—Jiangxilong; 9—Longwangxi; 10—Tongxin.

1.层状、似层状矿床,以沃溪锑矿床为代表。位于东西向仙鹤抱蛋复背斜北翼,板溪群呈反“S”形展布,矿床处在该反“S”形构造的北西段,形成向北、北东倾斜的单斜构造。矿床赋存于马底驿组中段中上

表 1 湘西层控锡矿床主要成矿地质特征
Table 1. Major metallogenic geological characteristics of stratabound antimony deposits in western Hunan

层位	矿床名称	岩石组合	矿体地质特征			近矿围岩蚀变	金属矿物组合	矿床规模	同类矿床
			形态	产状	类型				
下奥陶统	安化柑子园锡矿	绢云母板岩夹粉砂质板岩	透镜状、脉状	与地层斜交	中等倾斜交错型	褪色化、硅化	辉锡矿、闪锌矿	中	安化滑坡溪
中寒武统	安化行家坪锡(钨)矿	泥晶灰岩及透镜状灰岩	脉状、网脉状	与地层交	网状、交错脉状	硅化、黄铁矿化	辉锡矿、白钨矿	小	
下寒武统	溆浦曾家溪钨(锡)矿	黑色页岩夹薄层硅质岩	脉状、似脉状	与地层近于一致	中—陡倾斜整合型	硅化、弱褪色化	白钨矿,少量辉锡矿	小	
上震旦统	溆浦梓木冲锡矿	硅质岩	透镜状	与地层一致	缓倾斜整合型	硅化	辉锡矿	中—小	溆浦观音堂、安化木棉
陡山沱组	安化炉顶寨锡矿	粉晶白云岩	扁豆状	与地层一致	缓倾斜整合型	硅化	辉锡矿,少量方铅矿	小	
板溪群	溆浦江溪垅锡矿	板岩、砂质板岩	脉状	与地层基本一致或略斜交	陡倾斜脉状	褪色化、硅化、毒砂化	辉锡矿、自然金	中	溆浦江东湾
	溆浦龙王江锡矿	板岩夹粉砂质板岩、粉砂岩	透镜状、脉状	与地层基本一致或斜交	缓倾斜整合型为主	硅化、强毒砂化、褪色化	辉锡矿、毒砂、自然金	中	
	溆浦羊皮帽锡(金)矿	砂质板岩、粉砂岩	透镜状、脉状	与地层基本一致或斜交	缓倾斜整合型为主	硅化、褪色化	辉锡矿、毒砂、自然金	小	溆浦茶叶冲

板溪群	五强溪组	安化渣滓溪铁矿	凝灰质砂岩、粉砂岩、板岩	板柱状、脉状	与地层近于正交	陡倾斜交错型	张扭性断裂带	毒砂化、硅化	辉钨矿,少量白钨矿细脉	大	
		桃江板溪铁矿	杂色板岩	板柱状、脉状	与地层斜交	陡倾斜交错型	逆断层及复合断层	硅化、黄铁矿化、毒砂化	辉钨矿、少量毒砂、黄铁矿	中	桃江黄家冲
		安化同心铁矿	板岩、砂岩	透镜状、脉状	与地层斜交	陡倾斜交错型	帚状构造收敛部位	硅化、褪色化	辉钨矿	小	安化马路口
冷家溪群	马底驿组	安化符竹溪锡金矿	紫红色绢云母板岩	脉状	与地层斜交	陡倾斜交错型	张扭性断裂裂隙带	褪色化、硅化、黄铁矿化	辉钨矿、自然金、黄铁矿	中	
		桃源沃溪钨锡金矿	紫红色绢云母板岩、含钙板岩	层状、似层状、网脉状	与地层一致,局部斜交	缓倾斜整合型为主,局部网脉状	韧性剪切断裂带	褪色化、硅化、黄铁矿化等	白钨矿、辉钨矿、自然金、黄铁矿、闪锌矿等	大	
		桃江西冲钨锡金矿	灰绿色板岩	板柱状	与地层一致或有斜交	缓倾斜整合型为主	韧性剪切断裂带	硅化、黄铁矿化、毒砂化等	辉钨矿、自然金、白钨矿、黄铁矿、毒砂	中	
		桃江合心桥锡金矿	绢云母板岩、杂砂质板岩	脉状	与地层斜交	陡倾斜交错型	陡倾斜逆断层	硅化、毒砂化等	辉钨矿、自然金、毒砂	中	

部紫红色含钙板岩中，受马底驿组与五强溪组分界面附近的東西向区域性沃溪逆断层下盘之多条平行的初

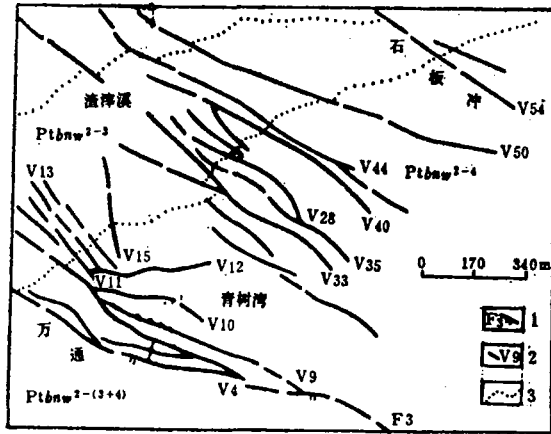


图2 渣滓溪锑矿床地质图(左图)

Ptbnw²⁻³、Ptbnw²⁻⁴—分别为五强溪组3、4分层；1—断层；2—主要矿脉及编号；3—地层界线

Fig. 2. Geological map of the Zhazixi antimony ore deposit (left).

Ptbnw²⁻³, Ptbnw²⁻⁴—3rd and 4th subdivision of Wuqiangxi Formation; 1—Fault; 2—Main ore vein and its serial number; 3—Stratigraphic boundary.

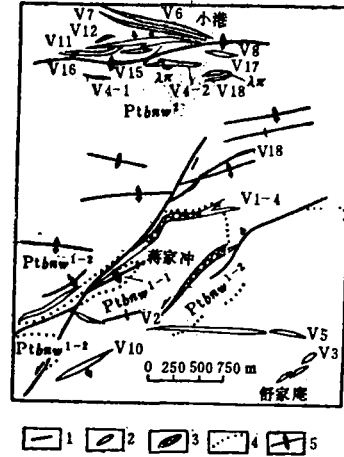


图3 板溪群锑矿床地质图(右图)

Ptbnw^{1,2}—五强溪组上、下段；λπ—石英斑岩；1—断裂；2—蚀变带及编号；3—矿体及编号；4—地层界线；5—褶皱轴线

Fig. 3. Geological map of the Banxi antimony deposit (right).

Ptbnw^{1,2}—Upper and Lower Member of Wuqiangxi Formation; λπ—Quartz porphyry;

1—Fault; 2—Alteration zone and its serial number; 3—Orebody and its serial number; 4—Stratigraphic boundary; 5—Fold axis.

表2 辉锑矿单矿物Au、Ag分析结果(g/t)
Table 2. Au and Ag analyses of individual stibnite minerals (g/t)

矿床名称	地层	Au (g/t)	Ag (g/t)	资料来源
江溪垅	五强溪组	<0.1(5)	<4.0	湖南有色地质245队
江东湾		0.40(1)	<4.0	
龙王江		0.30—26.0(2)	<4.0	
渣滓溪		0.044(5)	<4.0	
同心板溪		0.35(3)	痕	
符竹溪	马底	2.1(2)		湖南冶金地质237队
沃溪	驿组	6.47—110(4)	2.5(ppm)	
西冲	冷家	11.53(3)		
合心桥	溪群	8.27(2)		

() 中为样品数

性剪切断裂带控制，倾角26°—35°，与围岩一致。在120m厚的含矿岩系中包括4个含矿层，长1300—5300m，断裂蚀变带长650—3500m，单条矿脉长50—350m，厚0.40—2.26m，倾斜延深(180—2300m)为其走向延长的2—12倍，故大的矿体多呈板柱状产出，其侧伏方向由NE48°偏转到NE55°。矿床平均品位Sb3.11%，WO₃0.43%，Au8.27g/t。在水平方向上矿床由东向西呈钨金-钨、锑金-锑、金的变化关系，垂向上锑金矿化略有增强趋向。

透镜状矿床，以产于上震旦统灯影组硅质岩层间破碎带的梓木冲矿床为代表。矿化蚀变带长约450m，往往只有一层主要矿体，产状与地层一致，倾角40°—50°。单个矿体长15—20m，其间为矿化或蚀变带所联系，厚0.58—1.30m，含Sb2.27—23.38%。

2. 陡倾斜交错脉状矿床在湘西分布较广，已往曾认为这类矿床经济意义不大。自从渣滓溪大型锑矿床勘探成功后，引起人们注意。这类矿床按其矿脉疏密程度可分为密集型和单一型：密集型以渣滓溪矿床为代表，主要赋存于板溪群五强溪组上段第三层

凝灰质砂岩和凝灰质粉砂岩夹凝灰质板岩内,产于平行展布的北东向岳溪和马家溪断层间的次级北西、北西西向张扭性断裂带内,大小矿脉50余条,主要的也有10余条,脉距10—20m不等,成群成组出现,成带分布(图2),倾角58°—77°,产状及分布与断裂带一致。断裂蚀变带长160—804m,单条矿脉长70—174m,延深175—568m,厚0.51—1.03m,含Sb8.92—17.64%。单一型以板溪矿床为代表,赋存于板溪群五强溪组下段杂色板岩内,位于北东向和东西向断裂斜接部位(图3),倾角75°—80°。主要矿脉长460—620m,最大倾斜延深大于540m,脉幅变化为0.03—3.31m,平均厚0.33m,含Sb21.3%。矿脉两端薄,中间厚,沿走向呈左行斜列分布,沿倾向上行交替且首尾重叠。

(二) 矿石类型及结构构造 按照矿床有用元素共生组合划分的矿石类型为: 锑矿石、锑金矿石、钨锑金矿石、锑砷金矿石和锑锌矿石等,以前二者分布普遍。

区内多数锑矿床金属矿物以辉锑矿为主,与之共生的大多为自然金、黄铁矿、毒砂、闪锌矿、白钨矿和微量方铅矿、黄铜矿等。脉石矿物主要为石英,次为少量白云石、方解石、绢云母、绿泥石及微量磷灰石、长石等。矿石结构主要为自形、他形粒状结构、花岗变晶结构和揉皱结构、压碎结构等。主要矿石构造有块状、角砾状和浸染状。沃溪矿床较普遍见到条带状构造及部分网脉状构造的矿石。

(三) 微量元素特征 湘西大多数层控锑矿床都共生金,辉锑矿单矿物里也含不等量的金。由表2可知,金在辉锑矿中的含量,以产于板溪群马底驿组及冷家溪群的矿床较高,五强溪组较低,这与湘西钨锑砷金

表 3 层控锑矿床地层与矿(化)体微量元素含量(ppm)对比

Table 3. Minor element contents of wall rocks of stratabound antimony deposits and ores (mineralized rocks)

矿床名称	地层	岩石名称	Sb	Au	W	As	Cu	Zn	Hg	Mo	Ba	Sr	
徐家山①	上震旦统灯影组	矿体组合	顶板	100			70	80					
			矿体	30000			90	60					
			底板	100			60	90					
		围岩	硅质页岩	100			50	50					
			粘土岩	100			100	150					
			石灰岩	100			50	50					
白云岩	100				50	50							
板溪② 王家村③	五强溪组	杂色板岩	26			10	16	42			100		
		含锑蚀变板岩	10000			5000	1000	50					
		板岩夹凝灰岩	43			609	9						
		蚀变板岩	4345			4059	10						
沃溪④	马底驿组	长石石英砂岩	2.7	<0.00067	8.1	3.5							
		杂色板岩	38.7	0.0075	8.5	7.0							
		冷家溪群	砂质板岩	23.1	0.0071	9.2	22.6						
板溪群	五强溪组	无矿化岩石	紫红色板岩	360	0.020	15.12	3.5		0.11	1.3	500	<30	
			黑色板岩	253	0.041	252.7	7.9		0.09	0.47	400	<30	
			砂质板岩	493	0.0035	2393	22.6		0.64	0.60	1000	<30	
	马底驿组	矿化岩石	绢云母板岩	3050	0.610	325	565		0.05	1.1	300	100	
			深色板岩	6080	0.038	506	9.6		0.08		500	100	
			灰绿色板岩	22500	0.048	185.6	29.8		0.08	0.55	500	<30	

①据俞惠隆等(1986); ②据湖库冶金地质237队(1979); ③据湖南地质418队(1987); ④地层资料据丁碧英(1981); 岩石矿化资料据涂光炽等(1984)

表 4 成矿阶段及矿物生成顺序

Table 4. Ore-forming stages and formation sequence of minerals

阶段	1	2	3	4
矿物	石英-白钨矿阶段	石英-硫化物-自然金阶段	石英-辉锑矿阶段	石英-碳酸盐阶段
石英	——	——	——	——
自然金		——	——	
毒砂		——	——	
黄铁矿		——	——	
黄铜矿		——	——	
白钨矿	——			
辉锑矿		——	——	
绢云母	——	——	——	
方解石			——	——
白云石			——	——
绿泥石			——	——
磷灰石			——	——
长石	——			
白铁矿				——
黑云母	——			
成矿环境	氧化环境	还原环境	还原环境	氧化环境
溶液性质	酸-弱酸	弱酸性	弱酸性	弱碱性
形成温度 (°C)	360-290 (爆裂温度) 317-270 (均一温度)	290-130 (爆裂温度) 225-115 (均一温度)		170-100 (均一温度)

与金相关性较差。如合心桥矿床Sb与Au相关系数为0.24。

此外,大量光谱分析资料表明,Sb、As、W、Hg、Pb、Zn、Cu等是该类层控锑矿床典型微量元素组合,并起着地球化学指示剂的作用,尤其是Sb、As二元素在矿床中总是同消长。例如板溪锑矿中,绢云母板岩(围岩)平均(3件)含Sb8ppm,As19ppm,Sb/As比值为0.42;弱矿化岩(5条)平均含Sb44.5ppm,As33.3ppm,Sb/As比值为1.34;中蚀变岩(7件)平均含Sb231.9ppm,As160ppm,Sb/As比值为1.45;强矿化岩(1件)含Sb928ppm,As270ppm,Sb/As比值为3.43。表明在矿脉或蚀变破碎带中Sb、As二元素同步增长,并且由矿化中心向外递减,Sb/As比值亦相应降低。由于As的扩散能力较Sb强,扩散范围也比Sb大,故常形成宽大而连续的晕带,是矿床的前缘或侧晕元素,为标型指示元素。由矿床^[4]和围岩中微量元素与矿石中微量元素接近这一事实(表3),令人信服地表明,它们都是在相似的地质环境中形成的产物,二者具有同一的物质来源。

(四)成矿阶段划分 按照矿物共生组合、生成顺序(表4)和形成时期的围岩蚀变,从早期到晚期可综合划分为4个成矿阶段,即石英-白钨矿阶段,石英-硫化物-自然金阶段,石英-辉锑矿阶段,石英-碳酸盐阶段。

二、成矿控制因素

(一)地层、岩性对成矿的控制作用 湘西层控锑矿床一个显著的共同地质特征是,成矿具有一定层位和部位,并与岩石性质及其组合有关,从地层和岩石中元素的分布说明了成矿物质主要来源于含矿建造及其下伏地层,即矿源层。

据统计,区内90%以上的锑(金)矿床产于元古界复理石类复理石建造的沉积岩、火山-沉积岩内,层控锑(金)矿床的空间分布受控于岩石的展布和延伸。首先和沉积建造本身具有较高的Sb(Au)初始丰度有关,其形成与优地槽演化早期的火山-沉积作用关系密切,属于含矿建造。由沃溪、西冲等矿床5条剖面282件样品统计结果表明,平均丰度值为Sb13.31ppm, Au4.987ppb, W7.52ppm, As37.43ppm, 分别高于地壳平均

矿床主要控矿层位大体一致。其次,辉锑矿中金含量的高低,和湘西锑矿床主要载金矿物黄铁矿和毒砂中金含量的高低相同,随着硫(砷)矿物颗粒变细而增高^[2],如西冲细粒辉锑矿含Au46.75g/t,高于粗粒辉锑矿中金含量的5倍。其三,与硫(砷)化物共生的辉锑矿含金较高,如龙王江与黄铁矿、毒砂共生的辉锑矿含Au26.0g/t,而单一的辉锑矿含Au低(0.3g/t),渣滓溪辉锑矿含Au仅0.044g/t。据镜下观察,锑金矿石中自然金细脉被辉锑矿交代或被辉锑矿细脉穿插,或辉锑矿沿自然金的周边进行交代等。其次显微金呈细小的圆球状被包裹于辉锑矿中。

数理统计资料表明,凡锑金均具有工业意义的矿床,辉锑矿含金高,在控矿地层、近矿围岩蚀变和矿床中,锑金二元素均呈正相关关系,相关系数r为0.62-0.79;同时矿床中伴生有用元素在围岩中亦有较大的富集系数。如沃溪矿床控矿地层马底驿组W、Sb、Au富集系数分别为7.9、41.5和1.1^[4]。以锑为主,共生金的矿床中,辉锑矿含金较低,锑

丰度值(维格拉多夫,1962)27倍、1.16倍、5.8倍和22倍。故该矿源层又是综合性多元素含矿建造(表5),这类含矿建造的多元素综合特征是包括湘西层控锑矿床在内的钨铋砷金矿床成矿的一个十分重要的地质因素。

其次,本区含矿岩石或围岩多为铝硅酸盐类矿物含量较高的岩石,如层纹状绢云母板岩、含钙板岩、粉砂质板岩等。由于厚大的含矿建造各韵律层岩性不同,引起岩石物理性质和化学性质的差异。在构造作用下不同岩性会作出不同的成矿反应,矿化往往发生在岩层层纹发育、含钙质、粉砂质尤其是含碳质较高的岩性段内。如沃溪矿床控矿地层马底驿组紫红色绢云母板岩含有机碳0.12—0.478%(平均为0.284%),比上覆非控矿地层五强溪组有机碳含量(0.01%)约高3个数量级,而有利于对金属离子的吸附、富集作用,故锑丰度值较高。

此外,屏蔽作用对锑矿床的成矿亦有着重要作用,并导致“自混合热液”效应而形成成矿地球化学障。这种作用实际上是构造和岩性两者共同起作用的构造-岩性圈闭^①。湘西层控锑矿床封闭矿液的方式主要是地层岩性圈闭,表现在矿床的控矿断裂在不同岩层中通过时,矿化强度可以发生很大改变。如符竹溪矿床,矿脉主要赋存于马底驿组紫红色绢云母板岩中,一旦延伸至石英砂岩后,矿化急剧减弱,甚至尖灭。

(二) 构造对成矿的控制作用 湘西层控锑矿床主要集中分布于江南地轴西侧的雪峰隆起构造带,安化-溆浦-洪江深大断裂北段。沿该构造带展布的近东西向、北东向褶皱及其同向的韧性剪切破碎带,是其主要控矿构造;而且,在相同的成矿条件(地层、岩性等)下,构造因素是决定矿床规模的主导因素。

一般说来,层状、似层状矿床多位于开阔褶皱翼部,或区域主干断裂旁侧的层间褶皱、层间断裂带内,矿体延伸方向、出现部位和成矿间隔等均与局部控矿构造一致。如罗猷林等对沃溪矿床V₁脉的趋势分析^②,五阶趋势等值线自西向东为东西向到南东东向弯曲,基本与以十六棚公-上沃溪为中心的主体背斜的岩层走向一致;而剩余等直线在一个矿床内,分离出数个剩余背、向斜,如在十六棚公Ⅱ级背斜是由更次一级的褶皱组成,而这3个剩余背、向斜的位置与轴向正好与十六棚公东、中、西3个矿体吻合(图4);形成单向延伸、多条平行的矿体群。而交错脉状矿床,则多位于区域构造强烈变形地段,产于区域断裂旁侧的次级断裂或派生的羽状断裂内,矿脉或者成群成组出现,平行或斜列展布;或者呈单一的脉带产出,且多位于逆断层的上冲盘(上盘)或正断层的上升盘(下盘),其矿化强度和深度随着远离主干断裂而减弱。

大量探采资料表明,无论是层状、似层状矿床,还是交错脉状矿床,大多数都具有产状较稳定,延深大于延长数倍至10余倍、并构成板柱状矿体的特征,尤其是大中型交错脉状矿床内出现的柱状、板柱状矿化富集中心大致呈圆柱状(图5),而且这个矿化的富集中心,往往是矿床内构造(褶皱或断裂)最密集的地段。

(三) 围岩蚀变对成矿的控制作用 区内围岩蚀变特征明显,既是热液成矿作用的象征,又是找矿勘探的有效标志。在相同构造-岩性条件下,蚀变带的宽度和强度与矿脉厚度、矿化强度呈正比关系。实际资料表明,含矿石英脉或构造破碎带与围岩接触部位,其旁常有褪色蚀变带存在。这类蚀变板岩,据沃溪矿床硅酸盐分析资料,阳离子(%)带进Fe²⁺12—19, K⁺5—57, Ca²⁺3—13;带出(%) Na⁺2—19, Fe³⁺6—21;S平均含量0.1237%—0.72%。矿物成分主要由绢云母(50%)、他形粒状石英(30%)和方解石(3%)等组成。对于锑金一类共生矿床来说,围岩无褪色蚀变带存在的石英脉或破碎带,一般不含矿或弱矿化。硅化(石英细脉、网脉带)预示着锑(金)富集段的出现,硅化、黄铁矿化(毒砂化)出现时,预示着金(锑)的富集。然而,一旦在含矿层出现碳酸盐化,预示着矿化的明显减弱;大量绿泥石化的出现,预示着矿化的消失。

① 林箴凤等,1987,湘中地区锑矿地质,《湖南地质》专辑

② 罗猷林等,1984,论湘西沃溪金锑矿床的成因,《地质与勘探》,第7期

表 5 湘西层控锑矿床控矿地层元素丰度统计表(ppm)

Table 5. Element abundances of ore-hosting horizons of stratabound antimony deposits

地 层	矿区名称	采样位置	样数 (件)	Sb	Au(1)	W	As	Sb/As	资料来源			
下奥陶统	宁国组	柑子园	矿区	160	73.5	<1	10.6	40	1.84	湖南有色地质245队		
上震旦统	灯影组	梓木冲	区域	102	63		1.3	44	1.43			
			矿区	42	97.5		5					
板溪群	五强溪组	沃溪	龙王江	193	10	0.2	5	22.3	0.45		418队	
			羊皮帽	矿区	61	65.5		2.5	5.5			11.91
			板溪	120	20.2							
			渣滓溪	区域	1239	39		3.7	45			0.87
				矿区	3531	30.1		7.3	19.5			1.54
			王家村	矿区	325	672.5/325	2.81 ^③ /36	8.86/22	2646.9/324			0.25
板溪群	马底驿组	沃溪	区域	15	35.5	0.006	8.3				罗献林等	
			区域	19	25.6	0.006	9.7					
冷家溪群		沃溪	52	12.4	0.005	6.6			罗献林等			
板溪群	五强溪组	矿区	32	5.4	0.004							
	马底驿组	矿区	75	6.2	0.0046							
冷家溪群			22	3.1	0.004							

① 除沃溪矿床微量元素Au分析使用泡沫塑料富集, TMK比色测定外, 余为光谱分析; ② 梓木冲矿区为比色分析; ③ 为元素平均含量/出谱样数

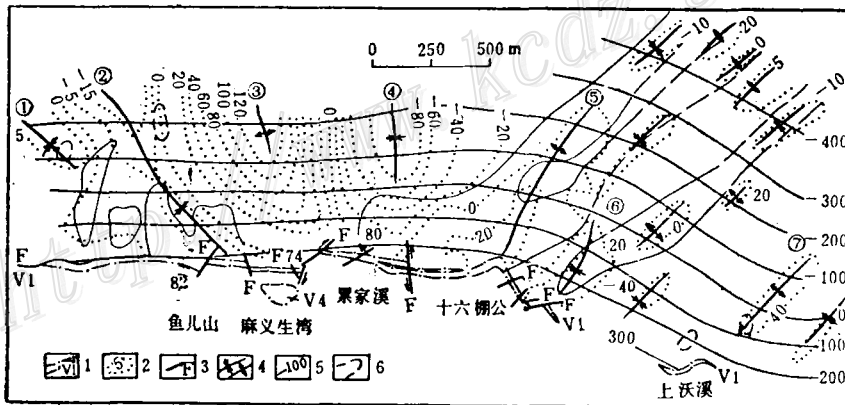


图4 V₁脉顶板构造面五次趋势分析与矿体复合图

(据罗献林等)

1—地表蚀变及编号; 2—趋势等值线; 3—断层; 4—剩余背、向斜轴及编号; 5—剩余等值线; 6—实测或推测矿体

Fig. 4. Map showing coincidence of quintic trend analysis of roof structural surface of V₁ vein with orebodies.

1—Surface alteration and its serial number; 2—Trend contour line; 3—Fault; 4—Residual anticlinal and synclinal axes and their serial number; 5—Residual contour line; 6—Measured or inferred orebody.

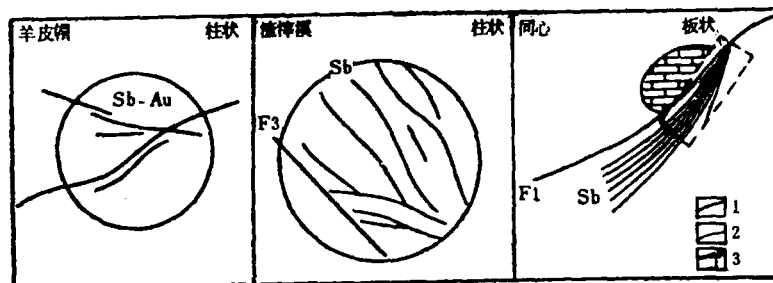


图 5 湘西锑矿床富集中心示意图

(据李彤泰)

1—金锑矿脉；2—锑矿脉；3—断层

Fig. 5. Schematic diagram showing concentration center of antimony deposits in western Hunan.

1—Gold-antimony ore veins; 2—Antimony ore veins; 3—Fault.

(四) 藻类与成矿的关系 有关藻类与锑矿的成矿作用发现于炉顶寨矿床。锑矿赋存于上震旦统陡山沱组底部的假整合面上的硅质、铁锰质胶结的角砾岩内。下伏地层为下震旦统南沱冰碛岩组；其上为局部含锑矿化、方铅矿化的属局限海台地潮坪沉积的粉晶白云岩，局部地段的硅化白云岩经镜下鉴定为含兰绿藻的葡萄状白云岩，有时在硅化含藻屑白云岩中保留较好的藻屑轮廓，而在富藻的硅化白云岩中辉锑矿化较富集。表明在沉积成岩过程中，藻类对锑元素有一定吸附作用并使其初步富集。

(五) 岩浆岩与成矿的关系 区内锑矿床大多远离岩浆岩体，二者似无明显的成因关系。但在 20 多处矿床中，发现在数百米范围内 7 处有岩脉产出，有的岩脉（如符竹溪花岗斑岩）甚至直接成为矿脉赋存的围岩。这类岩脉自冷家溪群至上震旦统都有发育，常成群成带出现，长数米至数百米，宽数十厘米至数十米，主要呈脉状、透镜状和岩墙产出。岩脉与围岩界线清晰，两旁围岩蚀变微弱，属钙碱性系列岩石，与各自的同类岩石相比，大多表现出碱度偏低，相对富钾，碱钙比变化大和氧化系数一般偏高的特点。从其分布和与矿脉的穿插关系以及产出特征来看，似与成矿有一定的时空关系。

三、矿床成因

区内锑矿床成因，曾一度被认为是与远源深成岩浆活动有关的中—低温热液充填交代矿床。后来，随着层控矿床理论的发展，沉积-再造成因观点相继提出。但近年来又有人重新提出与燕山晚期岩浆活动有成因联系^①。笔者根据多年工作成果，并参考有关资料初步探讨如下。

(一) 成矿物质来源 湘西层控锑矿床适处江南古岛弧西段，即雪峰古岛弧。该岛弧为元古界扬子板块的岩浆弧，存在着元古界活动型火山-陆源碎屑沉积建造——冷家溪群和板溪群，这是区内最古老的层位，也是形成区内矿化集中区的主要层位。从其富含火山碎屑、凝灰质、碳质、硅质碎屑物质表明，成矿物质的初始来源可能是通过海底火山喷溢作用或海底热泉（喷气）作用进入海洋沉积物中，而与晚元古代海底火山（热泉）喷溢-沉积作用有关。由于地壳演化早期不均一地幔的分异，导致优地槽早期的火山喷溢作用向地表表层提供最原始的富锑（金）层位，而这种原始富锑（金）地层在成分上表现出富含火山物质的特点。

至于产在地台盖层内的震旦系及其它层位的锑矿床，不排除部分成矿物质来自古陆或基底地层蚀源区的可能性，尤其是江南地轴北缘湖北徐家山锑矿床，其成矿物质可能主要来自古隆起。

(二) 硫同位素组成表明，可能主要为深源硫 区内产于元古界的锑矿床硫同位素组成多数以轻硫为

① 杨舜全，1986，湖南省锑矿成因及找矿方向的探讨

表6 湘西层控锑矿床硫同位素组成特征

Table 6. Sulfur isotope composition of stratabound antimony deposits in western Hunan

矿床名称	层位	测定矿物	样数 (件)	$\delta^{34}\text{S}(\%)$		离差程度
				变化范围	平均值	
柑子园	宁国组	辉锑矿	5	+3.1—+5.0	+3.7	1.9
疗家坪	中寒武统	辉锑矿	4	+0.8—+5.65	+4.24	2.02
曾家溪	小烟溪组	辉锑矿	10	-0.67—+8.55	+3.52	3.5
梓木冲	灯影组	辉锑矿	6	-2.3—+6.6	+1.28	3.6
板溪	五强溪组	辉锑矿	18	+3.24—+4.91	+4.3	0.60
		黄铁矿	2	+3.90—+4.30	+4.1	0.40
		毒砂	4	+6.19—+6.91	+6.35	0.30
江溪垅		辉锑矿	8	-12.0—-7.54	-9.67	1.4
		毒砂	1	-8.85		
龙王江		辉锑矿	5	-9.6—-2.3	-6.0	2.9
		毒砂	6	-10.3—-1.9	-6.5	3.1
渣滓溪		辉锑矿	27	+4.24—+11.76	+8.29	2.5
羊皮帽		辉锑矿	6	+0.6—+5.2	+2.4	4.6
		毒砂	4	+3.4—+12.3	+5.8	8.9
王家村	辉锑矿	7	-2.1—-4.16	-3.05	0.72	
	毒砂	4	-4.26—+6.29	-5.69	1.3	
符竹溪	马底	辉锑矿	2	-7.3—-6.9	-7.1	0.4
		黄铁矿	2	-5.1—-3.1	-4.1	2.0
沃溪	驿组	辉锑矿	20	-1.21—3.5	-2.52	0.6
		黄铁矿	11	-4.1—-0.3	-2.1	3.8
合心桥	冷家	辉锑矿	2	-0.7—+1.5	+0.4	2.2
		黄铁矿	2	+2.0—+4.6	+3.3	2.6
西冲	溪群	辉锑矿	7	-14.3—-12.1	-13.3	2.2
		黄铁矿	2	-13.6—-9.8	-12.9	4.5

注：表中综合245队(1983)、罗献林(1983)、杨舜全(1986)和林肇凤(1987)资料

特征，硫(砷)化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值平均(145件)为+0.12%，变化范围为-14.3—+12.3%，极差26.6%，离差4.4% (表6)。进一步统计分析表明， $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $\pm 5\%$ 之间者占61.38%，具塔式分布特点。其中辉锑矿(107件) $\delta^{34}\text{S}$ 值平均为+0.75%，变化范围-14.3—+11.76%，极差26.06%；毒砂(19件) $\delta^{34}\text{S}$ 值平均为-1.16%，变化范围-10.3—+12.3%，极差22.6%；黄铁矿(19件) $\delta^{34}\text{S}$ 值平均为-2.1%，变化范围-13.6—+4.6%，极差18.2%，即 $\delta^{34}\text{S}_{\text{辉锑矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{毒砂}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}}$ 。总的特点是：矿床内不同硫(砷)化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值较集中，变化中等(离差 $< 10\%$)，尤其是同一矿物离差更小，反映硫源可能主要来自硫同位素均一化程度较高的地壳深部。它和区内采自板溪群马底驿组变质热液成因的含铜浅色层中的黄铁矿、黄铜矿(各1件) $\delta^{34}\text{S}$ 平均值(-5.9%)相近，而和采自板溪群地层中(7件)黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值(平均为+15.93%)、冷家溪群地层中(4件)黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值(平均为+18.50%)不同，即地层中的硫以较高的 $\delta^{34}\text{S}$ 为特征，与

地壳硫相当。

由表6可看出,区内产于元古界的锑矿床硫同位素组成有两个明显特点:一是冷家溪群西冲矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 值最低(平均 -12.9%),板溪群五强溪组的渣滓溪矿床最高(平均 $+8.29\%$),说明随着成矿层位的升高,硫同位素组成由富集轻硫趋向于富集重硫变化;或者说因为控矿地层变质较深的矿床,由于埋藏变质或断裂变质引起的还原作用(细菌作用?)而使其富集轻硫,产于同层位的矿床也有类似的硫同位素变化特征。二是层状、似层状矿床富集轻硫,交错脉状矿床较富集重硫。产生这种差异的原因,可能是由于受构造作用产生的热效应(即热不均匀性)的影响,和含矿溶液在上升过程中受到不同地层硫的污染所致。

至于区内产于震旦-奥陶系的锑矿床,据25件硫同位素测定结果, $\delta^{34}\text{S}$ 值平均为 3.1% ,和本区元古界锑矿床硫同位素组成相似,但和位于江南古陆北缘同层位的徐家山矿床硫同位素组成不同,35件辉锑矿 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 $+13.53\%$,4件黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 $+29.7\%$,重晶石 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 26.1% ,主要是沉积硫。

(三)成矿流体可能属于以变质水为主的混合热液 据沃溪、王家村等矿床30件石英的氢氧同位素资料, $\delta^{18}\text{O}$ 值变化于 $+15.3$ — $+21.72\%$ 之间, δD 值(7件)在 -51 — -118% 之间。另外,沃溪矿床浅色板岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值(2件)为 $+17.1\%$,紫色板岩(1件)为 $+15.4\%$;白(黑)钨矿 $\delta^{18}\text{O}$ 值均在 $+3.3\%$ 左右,总的特征是,石英具有高 $\delta^{18}\text{O}$,而白(黑)钨矿 $\delta^{18}\text{O}$ 低⁽⁶⁾。

张理刚(1985)在详细研究了沃溪矿床氢氧同位素地质学后指出:由计算得出均一温度为 210°C 的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值最大($+12\%$ 以上),结合石英包裹体水的 δD 值为 -64 — -118% ,可以断定它们不是与钨锡系列花岗岩有关的再平衡岩浆水热液成因,也不可能是中生代大气降水改造热液矿化作用的产物。如果将上述矿床 δD ,

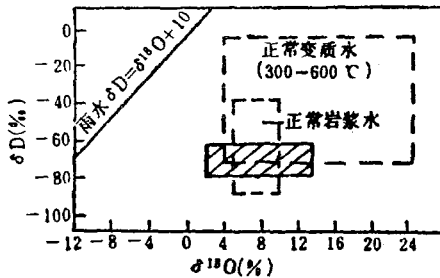


图6 成矿流体 δD 与 $\delta^{18}\text{O}$ 关系图
(据罗献林资料)

Fig. 6. Plot of δD against $\delta^{18}\text{O}$ for ore-forming fluids.

$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值投在其关系图上(图6),成矿流体落在变质水、岩浆水与同生层间水的重叠部分,或靠近变质水部分,表明成矿流体是以变质水为主、并可能有部分大气循环水加入的混合热液。此外,碳同位素资料也具有类似的特征。

(四)成矿溶液具中低温度、偏低盐度和近中性的弱酸性特点 区内锑矿床石英包裹体多小于 $1\mu\text{m}$,少数 1 — $4\mu\text{m}$,可分为气-液包裹体和纯液相包裹体。均一法测得不同成矿阶段石英包裹体温度从早到晚逐渐降低。整个成矿过程温度集中在 270 — 150°C 之间,其中石英-白钨矿成矿阶段为 300 — 250°C ,石英-硫化物成矿阶段为 210 — 150°C ,石英-碳酸盐成矿阶段为 160 — 130°C ,各成矿阶段的盐度集中分布在 2.9 — 6.6 wt. % NaCl之间,故成矿温度具中低温度、偏低盐度特点。

包裹体成分绝大多数是水,气相成分主要是 CO_2 ,属 CO_2 - N_2 - H_2 型;液相成分主要属Na-Ca-Cl型。包裹体溶液的主要阳离子含量关系是 $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$,阴离子主要为 $\text{Cl}^- > \text{F}^-$ 。唯王家村矿床不同: $\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$,组分类型为K(Na)-Ca-Cl型和Na-Cl型。计算得出的成矿溶液的压力为 11.65 — 21.38 MPa(沃溪)、 68.9 MPa(西安)。pH值变化范围 6.03 — 9.09 (沃溪)、 5.3 — 6.5 (西安)、 6.23 — 6.8 (王家村),表明成矿溶液为近中性的弱酸性溶液。再由沃溪矿床Eh值测定结果来看,早期石英-碳酸盐阶段为 304.6 mV,石英-白钨矿阶段为 379.5 mV,石英-硫化物-自然金阶段为 330.7 — -104.5 mV,晚期石英-碳酸盐阶段为 344.0 mV,也表明了辉锑矿沉淀时处于相对还原环境⁽⁶⁾。

综上所述,可知湘西产于元古界层控锑矿床的成矿物质(包括硫),可能主要是沿深大断裂形成的海底火山喷溢或海底热泉作用排放物质进入海洋沉积物中,和沉积物质一起形成富锑(金)的矿源层,在

成岩成矿作用基础上,经变质作用形成的流体作用下, Sb、Au以氯和硫的络合物形式被活化迁移,当物理化学条件发生改变时,于有利控矿构造部位使其富集成矿,属复理石-类复理石建造之火山沉积-变质热液矿床。其形成时期,据沃溪、西冲等成因类型的前寒武系钨铋砷金矿床37件样品(其中方铅矿21件、黄铁矿16件)铅同位素测定资料,其模式年龄变化在1015—145Ma,长跨雪峰、加里东和印支-燕山3个以上的构造期^[7],7件全岩样品K-Ar同位素年龄476.4—281.3 Ma。表明区内前寒武系铋矿床具多期多阶段成矿特征,但主要为前寒武系,相当于加里东运动早期,与区域地质构造论据一致。

成文过程中,参考了湖南冶金地质237队,湖南省地矿局418队和我队有关资料,在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] 俞惠隆、曹 微 1986 湖北徐家山铋矿床特征、稳定同位素组成及其成矿机理的初步探讨 地质论评 第32卷 第3期
- [2] 包正相 1986 湘西钨铋砷金矿床毒砂含金性的研究 地质与勘探 第1期
- [3] 刘英俊等 1983 湘西桂东一带金矿地球化学研究 地球化学 第3期
- [4] 涂光炽等 1984 中国层控矿床地球化学(第1卷) 科学出版社
- [5] 张理刚 1987 华南钨矿床黑钨矿的氧同位素研究 地球化学 第3期
- [6] 包正相 1987 湘西层控白钨矿床地质特征及其成矿作用 矿床地质 第6卷 第4期
- [7] 罗献林 1989 论湖南前寒武系金矿床的形成时代 桂林冶金地质学院学报 第9卷 第1期

STRATABOUND ANTIMONY DEPOSITS IN WESTERN HUNAN

Bao Zhenxiang

(No. 245 Party of Changsha Company, CNNC, Jishou, Hunan)

Abstract

The stratabound antimony deposits in western Hunan are mainly distributed in the middle and eastern sectors of Xuefeng upwarping zone and assume two sorts of attitude: one is gently conformable stratiform, stratoid and lenticular deposit stretching naturally along ore-hosting strata; the other is steeply-dipping cross veinlike deposit stretching along the fault structure of ore-hosting strata. Both sorts of ore deposits are associated with gold.

The ore deposits occur in specific ore-hosting horizon or lithologic portion, and the metallogenic substances probably came from the depth of the crust and were related to volcanic effusion. The metallogenesis was closely associated with regional metamorphism and strictly controlled by structures, belonging to volcanic deposition-metamorphic hydrothermal type. Their lead model ages and K-Ar isotopic ages correspond mainly to early Caledonian orogeny and are consistent with the formation time of the regional ore-controlling structure—Xuefeng uplift.