

# 八蒙辉锑矿的标型特征与矿床成因

张 绮 玲

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037)

**主题词** 八蒙 辉锑矿 标型特征 矿床成因

**提 要** 辉锑矿是贵州省八蒙锑矿床的主要矿物。本文研究了辉锑矿的产状、化学成分、物理性质、光学性质和晶体结构标型特征以及辉锑矿的同位素组成和石英的流体包裹体特征, 指出八蒙锑矿床是大气降水成因的热液脉状矿床。

地壳中锑的平均丰度约为 $0.2 \text{ g/t}$ , 属于较稀少的金属元素<sup>[1]</sup>, 锑的矿物虽有上百种, 但具有工业价值的矿物很少。辉锑矿是最主要的锑矿石矿物, 因此, 它是寻找锑矿最明显的标志。

## 1 矿床地质背景概况

八蒙锑矿床地处贵州省榕江县兴华水族自治乡。从构造图上看, 它分布在松桃—榕江深断裂的次级羽状断裂区<sup>[2]</sup>。容矿岩石为下江群沸石绢云母绿泥石板岩和沸石绿泥石绢云母板岩, 遍布区内, 厚度达 $7 \text{ km}$ 。矿床周围方圆百公里未见有中、酸性火成岩活动迹象, 仅有少量煌斑岩。

矿体沿北东向和北北东向高角度的穿层断裂分布, 定位在断层岩、硅化岩比较发育的地段。矿石的矿物组成以辉锑矿、石英为主, 黄铁矿、毒砂和方解石次之, 闪锌矿、黄铜矿、辉锑铁矿、硫铜锑矿、锌锑黝铜矿很少。主要矿物组合为辉锑矿+石英, 辉锑矿+石英+方解石, 辉锑矿+石英+黄铁矿。

与成矿有关的热液活动有三次。第一次热液活动范围在脉两侧 $1-10 \text{ m}$ 之内, 使围岩硅化而变硬, 并有细粒辉锑矿产出。第二次热液活动范围窄, 但强度大, 叠加于第一次热液活动之上, 形成的石英及辉锑矿颗粒粗大、集中。第三次热液活动沿断裂两旁的岩石或矿石裂隙进行, 生成毫米级至厘米级的脉状矿石。

八蒙锑矿是雷山—榕江锑矿带的组成部分, 各矿床(点)及矿脉呈北东向雁行状排列。控矿的主要地质条件是断裂构造、断层岩和蚀变岩。

## 2 辉锑矿的标型特征

辉锑矿是八蒙锑矿床极为重要的矿石矿物, 几乎都分布在北东向和北北东向断裂内, 围

岩是下江群沸石相变质岩。辉锑矿与石英紧密共生, 反映出硅化作用与矿化的关系很密切。

据野外和室内观察, 可把该矿床的辉锑矿划分为三期: 第一期辉锑矿颗粒细小, 粒径0.01—0.1mm, 与之相伴的石英颗粒细, 透明度差; 第二期辉锑矿颗粒粗, 粒径0.5—5mm, 自形一半自形, 同期的石英自形程度和透明度好; 第三期辉锑矿呈细脉状、薄膜状或细小的毛发状沿矿石或岩石的裂隙分布。

## 2.1 化学成分标型

该矿床中辉锑矿的锑和硫含量之和大于97% (表1), 含有少量铁、铅和锌。铅含量变化比较大, 为0.02%—1.28%, 平均值达0.37%。从表2可见八蒙辉锑矿的铅比大厂辉锑矿的铅约高出1/3, 比其他几个锑矿床的辉锑矿高23倍至150倍; 也就是说, 铅是八蒙辉锑矿中含量最高的杂质元素。电子探针分析表明, 辉锑矿的铁和锌含量较高 (表1); 这往往是由

表1 八蒙辉锑矿的化学成分

Table 1 Chemical composition of stibnite from Bameng

	样品号	BM-1	BM-2	BM-3	PD-1	PP-1	BM 1 C	BM 2 C	BB-5*	PD-42*
主要元素 (wt%)	Sb	71.37	70.49	71.23	71.26	71.25	70.90	69.23	70.71	71.42
	S	27.66	27.03	27.49	27.18	27.71	27.80	27.03	27.87	28.06
	Fe	0.11	0.24	0.044	0.025	0.023	0.08	0.41		0.33
	Pb	0.12	0.35	0.12	0.38	0.32	0.02	1.28		
	Zn	0.003	0.004	0.006	0.002	0.001	0.002	0.012	0.95	
微量 元素 ( $\times 10^{-6}$ )	Cu	170	40	100	320	170	50	80		
	Sn	0	53	9	0	0	32	20		
	Bi	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
	As	250	15	110	84	27	540	23		
	Au	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
	Ag	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5		
	Cd	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5		
	Hg			0.09	0.13					
共生矿物	石英等	石英等	石英等	石英等	石英等	石英等	石英等	石英等	闪锌矿	黄铁矿

\* 电子探针分析, 由北京有色冶金设计研究总院徐平、白志民分析。其余为化学分析, 由中国地质科学院岩矿测试技术研究所夏月莲分析; Hg元素由贵州省地质矿产局实验室分析

表2 一些矿区辉锑矿微量元素平均值( $\times 10^{-5}$ )

Table 2 Average values of minor elements in stibnite from some district ( $\times 10^{-5}$ )

产地	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Hg	资料来源
贵州八蒙	<0.5	<5	133	3700	47	150	0.12	本文
湖南锡矿山	0.093	3.83		24.6	30.2	333	100	林肇风等 <sup>[4]</sup>
湖南沃溪	63	<6	21	88	180	1600	1.7	梁博益 <sup>[9]</sup>
湖北徐家山	—	4.6	26	160	82	1006	—	愈惠隆 <sup>[5]</sup>
广西大厂	1.08	13.2	543	2243	714	714	2.68	黄民智 <sup>[10]</sup>

于与辉锑矿共生的矿物所致。例如, 样品BB-5就是与闪锌矿共生的辉锑矿, 锌含量高, 而样品PD-42则是与黄铁矿共生的辉锑矿, 铁含量较高。

微量元素分析表明, 八蒙的辉锑矿几乎不含金, 银、镉和铋的含量也小于检测值。砷含量的平均值为 $150 \times 10^{-6}$  (参见表2), 比湖南沃溪金锑矿床、锡矿山锑矿床和湖北徐家山锑矿床的辉锑矿低几倍至上百倍。八蒙辉锑矿的汞含量也非常低。

八蒙辉锑矿的稀土元素总量( $\Sigma\text{REE}$ )很低, 为 $1.82 \times 10^{-6}$ — $2.86 \times 10^{-6}$  (表3)。轻、重稀土比值(LREE/HREE)为3.3050—4.3771, 富集轻稀土。稀土配分曲线向右倾斜, Eu显示出负异常(图1)。Masuda等人<sup>[3]</sup>把稀土元素分为四组, 又把分布曲线分为W型和M型, 证实了不仅海洋生物存在稀土元素的四分组效应, 而且水作用下的产物也显示四分组效应。图1的分布曲线在Er和Yb处下凹, Tm处上凸, 正符合W型四分组效应, 表明八蒙辉锑矿的成因与水的的作用有关。

表3 八蒙辉锑矿的稀土元素组成 ( $\times 10^{-6}$ )

Table 3 REE contents of stibnite from Bameng ( $\times 10^{-6}$ )

样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
bm-2g	0.59	0.83	0.12	0.54	0.14	0.03	0.14	0.019	0.09	0.01	0.03
bm-3g	0.38	0.63	0.10	0.35	0.09	0.02	0.09	0.01	0.05	0.01	0.03
bj-1e	0.34	0.57	0.08	0.30	0.08	0.02	0.08	0.01	0.08	0.01	0.03
gp-3h	0.35	0.64	0.11	0.31	0.10	0.02	0.10	0.01	0.07	0.02	0.03
样品号	Tm	Yb	Lu	Y	$\Sigma\text{REE}$	LREE/HREE	La/Yb	La/Sm	Sm/Nd		
bm-2g	0.01	0.04	0.01	0.26	2.86	3.7318	16.389	4.211	0.259		
bm-3g	0.01	0.03	0.01	0.11	1.93	4.3771	12.667	4.318	0.251		
bj-1e	0.01	0.04	0.01	0.17	1.82	3.3050	9.444	4.018	0.280		
gp-3h	0.01	0.03	0.01	0.15	1.94	3.8618	10.294	3.365	0.335		

测试者: 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所 张九勋

## 2.2 晶体结构标型

辉锑矿属斜方晶系。对八蒙矿床的第一期和第二期辉锑矿单矿物样品分别进行了X射线粉晶衍射谱测定, 计算出了这两种辉锑矿的晶胞参数(表4)。其 $a_0$ 值比 $b_0$ 值大,  $a_0/b_0$ 比值大于1, 与锡矿山和徐家山的辉锑矿相反, 后两者的 $a_0$ 比 $b_0$ 小,  $a_0/b_0$ 比值小于1。出现这种情况的原因很可能是有其它元素混入八蒙辉锑矿的晶格中。鉴于铅在八蒙辉锑矿中含量高, 平均值为0.37%, 因而, 可能是铅占据了锑的位置。 $\text{Pb}^{2+}$ 的离子半径(1.26 Å)大于 $\text{Sb}^{3+}$ 的离子半径(0.90 Å), 若 $\text{Pb}^{2+}$ 占据部分 $a_0$ 方向上 $\text{Sb}^{3+}$ 的晶格位置, 就会使晶胞参数 $a_0$ 变大, 这与实测结果相符。

八蒙的粗粒和细粒辉锑矿的晶胞体积相近, 前者略小于后者; 而锡矿山粗粒辉锑矿的晶胞体积大于细粒辉锑矿的晶胞体积。

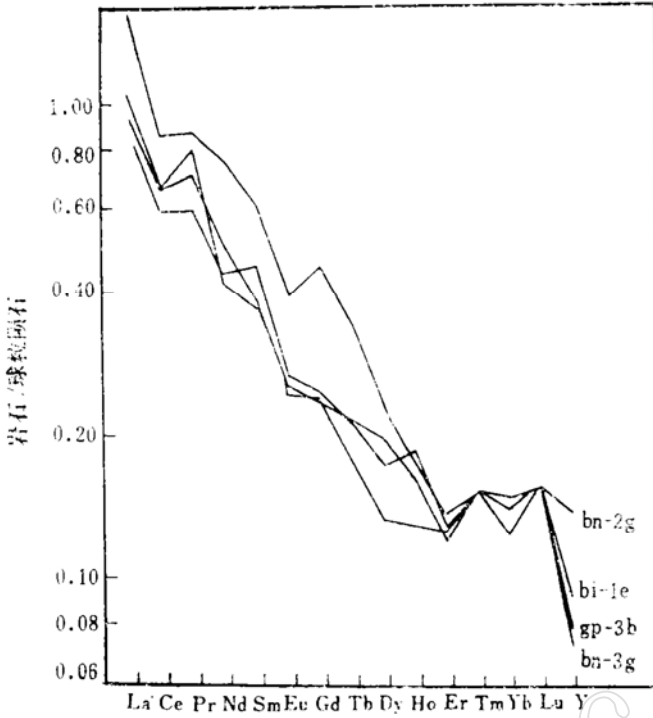


图 1 八蒙辉锑矿的稀土元素模式

Fig. 1 Chondrite-normalized REE patterns of stibnite from Baimeigou

表 4 一些矿区辉锑矿的晶胞参数

Table 4 Unit cell parameters of stibnite from some district

产地	$a_0$ (Å)	$b_0$ (Å)	$c_0$ (Å)	$V$ (Å <sup>3</sup> )	$a_0/b_0$	粒度
八蒙	11.31006	11.19132	3.82567	484.23	1.011	粗
八蒙	11.31814	11.22855	3.82691	486.35	1.008	细
锡矿山 <sup>(4)</sup>	11.2296	11.3241	3.8385	488.13	0.992	粗
锡矿山 <sup>(4)</sup>	11.0427	11.1800	3.8132	470.77	0.988	细
徐家山 <sup>(5)</sup>	11.275	11.313	3.829	488.40	0.997	

测试者：中国地质科学院矿床地质研究所 林月美

### 2.3 物理性质标型

所研究的辉锑矿为钢灰色，黑色条痕，不透明，强金属光泽，(010)解理完全。用原苏联产的JMT-3型显微压入硬度计测量了 9 个辉锑矿颗粒共 38 个测点的硬度，其值域为 73—115 kg/mm<sup>2</sup>，平均值为 97 kg/mm<sup>2</sup>。

八蒙辉锑矿的密度是根据公式  $D = (MZ \times 1.6608 \times 10^{-24}) \div V$ ，用晶胞参数计算得出的。第一期（细粒）辉锑矿的密度为 4.64 g/cm<sup>3</sup>，第二期（粗粒）辉锑矿的密度为 4.66 g/cm<sup>3</sup>，后者稍大。

## 2.4 光学性质标型

所研究的辉锑矿在反光显微镜下反射多色性显著,非均质性强,浅棕色—灰蓝色色调。反射率实测值见表5,样品PD-1为第二期辉锑矿,样品PD52-27B为第一期辉锑矿,前者的反射率值大于后者。

表5 八蒙辉锑矿的反射率  
Table 5 Reflectance of stibnite from Bameng

样品号	PD-1		PD 52-27 B	
	波长 (nm)	$R_{\mu}'$	$R_{\rho}'$	$R_{\mu}'$
405	49.7	43.3	35.7	29.2
436	47.3	38.9	42.3	30.7
480	44.7	36.9	41.3	29.4
526	44.1	36.0	40.0	29.3
546	42.8	35.7	39.0	28.7
589	40.9	34.5	37.2	27.7
644	39.2	34.4	34.7	26.2
656	39.1	34.7	33.7	26.2

测试者: 中国地质科学院矿床地质研究所 曹亚文

## 3 辉锑矿的同位素组成及石英的流体包裹体特征

### 3.1 辉锑矿的硫同位素组成

所研究的6个八蒙辉锑矿样品(第一期两个样品,第二期三个样品和第三期一个样品)的 $\delta^{34}\text{S}$ 均在 $-0.5\%$ — $2.1\%$ 之间。由图2可见,八蒙辉锑矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值与湘西沃溪金锑矿床辉锑矿的相似,但范围更窄;与湘中锡矿山辉锑矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值部分重叠;而与湘中板溪辉锑矿和陕南公馆辉锑矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值不同。

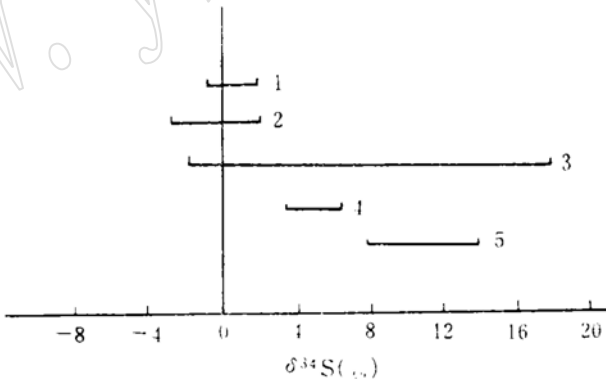


图2 一些矿区辉锑矿的硫同位素组成特征

Fig. 2 Sulfur isotope composition of stibnite from some district

1—贵州八蒙; 2—湖南沃溪<sup>(1)</sup>; 3—湖南锡矿山<sup>(2)</sup>; 4—湖南板溪<sup>(3)</sup>; 5—陕南公馆<sup>(6)</sup>

八蒙辉锑矿的硫同位素组成虽然落在岩浆硫区域,但由于本区火山及岩浆活动微弱,因此,属火山及岩浆来源硫的可能性不大;来自海水硫酸盐还原硫的可能性也不大;而可能是

来自混合硫,循环地热水把富 $^{32}\text{S}$ 的硫带入赋矿围岩,并在溶解迁移地层硫及成矿元素的过程中使硫同位素发生均一。

### 3.2 辉锑矿的铅同位素组成

表6列出了八蒙的5个辉锑矿样品和3个板岩样品的铅同位素组成。据研究<sup>[1]</sup>,只有岛弧火山环境中火山-沉积岩系内某些整合块状硫化物矿床的矿石铅才适合于计算模式年龄,所以,此处未列出没有明确意义的模式年龄。

从辉锑矿与板岩的铅同位素对比来看(图3,表6),板岩的铅同位素比值 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的变化都比较小,而辉锑矿的铅同位素比值则变化大,这表明辉锑矿中铅的来源比板岩的复杂。

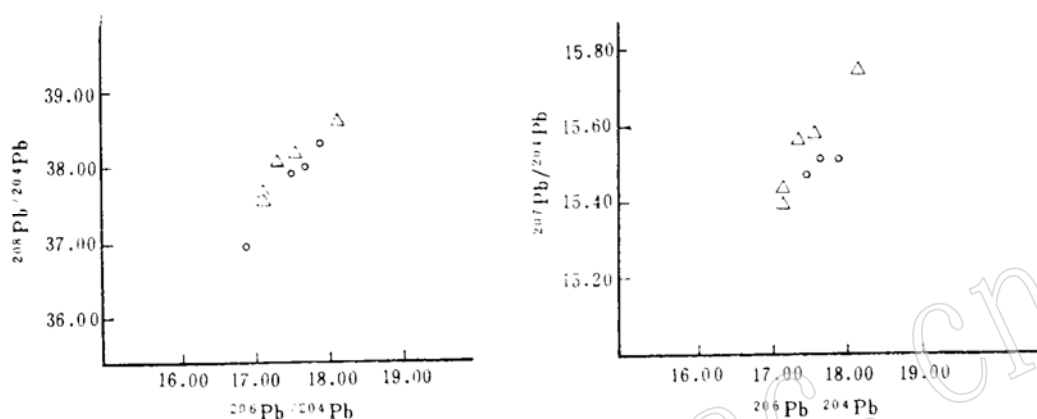


图3 八蒙辉锑矿与板岩的铅同位素坐标图

Fig. 3.  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  versus  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  and  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  versus  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diagrams of stibnite and slate from Bameng

△—辉锑矿; ○—板岩

表6 八蒙辉锑矿和板岩的铅同位素组成

Table 6 Lead isotopic data for stibnite and slate from Bameng

样品号	样品名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
BM-3	辉锑矿	18.184	15.734	38.602
BM-4	辉锑矿	17.211	15.397	37.617
BM-8	辉锑矿	17.653	15.564	38.191
BM-1 C	辉锑矿	17.416	15.556	38.128
BJ-1	辉锑矿	17.231	15.431	37.599
2282	板岩	17.910	15.501	38.331
2303	板岩	17.586	15.476	37.942
2325	板岩	17.797	15.505	38.009

测试单位:中国地质科学院宜昌地质矿产研究所同位素室

### 3.3 流体包裹体特征

八蒙锑矿床的成矿过程不仅是辉锑矿的形成过程,也是共生矿物石英的形成过程,所以研究石英的包裹体对了解辉锑矿的形成有一定的意义。这里的石英所含包裹体数量多,密度

大, 类型有3种: 气液包裹体、气体包裹体和含子矿物的多相包裹体。包裹体的均一温度为270—90℃; 利用冰点求出的盐度为 $6.2-0.8\text{wt}(\text{NaCl})/10^{-2}$ ; 成矿流体的密度为 $0.82-0.97\text{g}/\text{cm}^3$ 。所测算的pH值为5.38—5.82, 表明辉锑矿是在弱酸性溶液中析出。包裹体液相成分以 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CO}_2$ 为主,  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{F}^-$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 含量少; 气相成分中 $\text{CO}_2$ 含量高,  $\text{H}_2\text{S}$ 和 $\text{CH}_4$ 较少<sup>[8]</sup>。

该矿床石英内包裹体水的氢同位素组成 $\delta\text{D}$ 为 $-56\text{‰}-75\text{‰}$ , 氧同位素组成 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $-0.67\text{‰}-2.1\text{‰}$  (表7), 碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 为 $-7.1\text{‰}-9.7\text{‰}$ 。这些数据显示出八蒙锑矿床的成矿热液主要来自大气降水, 与大气降水成因的锡矿山锑矿床相似, 大气降水沿断裂带渗入地下深处变热, 然后上升, 形成对流, 一方面从板岩中淋滤出锑等成矿物质, 另一方面发生氧同位素平衡交换。沃溪金锑矿床的 $\delta^{18}\text{O}$ 值很高, 明显富集 $^{18}\text{O}$ , 属于海底沉积岩源海水热液矿床<sup>[6]</sup>。

表7 热液锑矿床中石英内包裹体水的氢氧同位素组成

Table 7 Hydrogen and oxygen isotopic composition of  $\text{H}_2\text{O}$  in quartz inclusions from hydrothermal antimony deposits

矿 区	围岩及时代	$\delta\text{D}(\text{‰})$	均一温度(℃)	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ (计算)	资料来源
八 蒙	板岩Pt	-56—-75	90—270	-0.67—2.1	魏家秀 <sup>[8]</sup>
锡 矿 山	灰岩O		185—260	-3.3—7.6	张理刚 <sup>[8]</sup>
沃 溪	板岩Pt	-64—-81	200—280	7—10	张理刚 <sup>[6]</sup>

#### 4 八蒙锑矿床的成因

多年来, 人们按成因把锑矿床分为许多类型, 包括岩浆热液成因, 海底热液成因, 火山成因, 热泉成因, 外生成因等等; 按矿床的地质特征又分出若干类型, 比如碳酸盐岩型, 碎屑岩型, 海相火山岩型, 陆相火山岩型, 外生堆积型等等。显然, 不能把八蒙锑矿床简单地划为某一类型, 因为它与大多数锑矿床有共同点 (矿体赋存于断裂破碎带, 辉锑矿化与硅化紧密相联等), 但它又具有独特性。

八蒙锑矿床是单一的锑矿床, 矿体赋存在北东向和北北东向呈雁行状排列的断裂内。矿石矿物成分简单, 以辉锑矿为主。辉锑矿含铅高, 砷、汞、金、银等微量元素含量很低。铅很有可能占据了锑的晶格位置, 使辉锑矿的晶胞参数 $a_0$ 增大,  $a_0/b_0$ 比值大于1。

辉锑矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值虽然在0点附近, 但它来自混合硫的可能性很大。这种硫经过循环的热水溶液被带入围岩, 并与地层硫发生硫同位素均一。辉锑矿的铅同位素比值变化较大, 这是因为大气降水热液矿床中矿石铅同位素组成取决于被淋滤岩石的初始铅同位素组成及U/Th体系的变化<sup>[7]</sup>。看来, 八蒙锑矿的成矿物质主要来源于围岩下江群浅变质岩。下江群浅变质岩的锑丰度为 $15.77 \times 10^{-6}$ <sup>[2]</sup>, 是地壳中锑丰度 $0.2 \times 10^{-6}$ <sup>[1]</sup>的近80倍, 况且它厚度大, 完全可以提供锑源。

流体包裹体研究表明, 其成矿温度是中低温, 成矿溶液为一种含盐度低且呈弱酸性的流体, 溶剂是以大气降水为主的渗流水。

总之, 八蒙锑矿床是大气降水成因的中低温热液脉状矿床。大气降水沿断裂带和破碎带渗入地下, 在深部变热后上升, 形成对流体系。对流的热液不断从板岩中淋滤出锑等有用物质, 形成含矿热液。这种含矿热液在温度、压力、酸碱度和氧逸度等条件适宜时, 就发生沉淀, 形成辉锑矿体。

### 参 考 文 献

- 1 赵天从. 锑. 北京: 冶金工业出版社, 1987.
- 2 王书凤, 魏家秀, 张绮玲. 贵州省八蒙锑矿田的地质学和地球化学. 北京: 地质出版社, 1994.
- 3 Masuda A et al. *Geochemical Journal*, 1987, 21.
- 4 林肇凤等. 湘中地区锑矿地质. 湖南地质, 1987, 增刊第3号.
- 5 愈惠隆, 曹微. 湖北徐家山锑矿床特征、稳定同位素组成及其成矿机理的初步探讨. 地质论评, 1986, 32 (3).
- 6 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992.
- 7 张理刚. 铅同位素地质研究现状及展望. 地质与勘探, 1992, 28 (4).
- 8 魏家秀, 王书凤, 张绮玲. 八蒙锑矿成矿流体与矿床成因的讨论. 第五届全国矿床会议论文集. 北京: 地质出版社, 1993, 567—569.
- 9 梁博益, 张振儒. 湘西沃溪金锑矿床成因矿物学研究. 地质与勘探, 1988, 24 (8).
- 10 黄民智, 唐绍华. 大厂锡矿矿床学概论. 北京: 北京科学技术出版社, 1988.

## Typomorphic Characteristics of Bameng Stibnite and Genesis of the Ore Deposit

Zhang Qiling

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences,  
Beijing 100037)

**Key words:** Bameng; stibnite; typomorphic characteristic; genesis

### Abstract

The Bameng antimony deposit located in southeastern Guizhou is a medium-size vein type deposit, with its orebodies controlled by the NE- and NNE-trending faults that belong to the subsidiary fractures of the Songtao—Rongjiang deep faulted zone. The present paper deals mainly with typomorphic characteristics of stibnite, the most important ore mineral in the deposit, in such aspects as chemical composition, physical property, optical property, crystal structure, isotopic composition and quartz inclusions, with a discussion given on the genesis of the Bameng antimony deposit. Typomorphic studies show that the stibnite is rich in Pb and poor in As, Hg and Ag, and its unit cell parameter  $a_0$  is larger than  $b_0$ , attributed probably to the reason that  $Pb^{2+}$  has occupied some lattice sites of  $Sb^{3+}$  in  $a_0$  direction.

Sulfur and lead isotopic data have led the author to consider that the ore-forming materials were mainly derived from the wall rock—epimetamorphic rock of Xiajiang Group. Fluid inclusion studies show that the ore-forming solution of the Bameng antimony deposit must have been a kind of meteoric hydrothermal solution with low salinity and weak acidity. It is therefore concluded that the Bameng antimony deposit is of meteoric hydrothermal vein type.