

大厂锑矿田构造控矿特征及实验构造 地球化学初步研究

夏勇

张启厚 黄华斌

(中科院地球化学研究所·贵阳) (贵州工学院地质系·贵阳)

贵州省晴隆大厂锑矿床严格受地层和构造控制,属构造改造型锑矿床。本文从构造与成矿入手,通过野外观测和室内模拟实验,对构造改造和控矿特征、构造热动力作用下锑的地球化学行为、矿田内岩石的应力和应变、物质成分变化等对锑矿成矿作用的影响进行了探讨,对锑矿成矿规律、构造运动及物质运动间的关系有了进一步认识。

关键词 构造控矿 实验构造地球化学 锑矿田

矿田地质构造概况

矿田大地构造处于扬子板块西南边缘,区内北东向碧痕营背斜和右旋压扭性断层构成矿田的构造骨架。矿田主要展布于箐口断层和落水冲断层之间,出露地层有下二叠统茅口组灰岩,上二叠统大厂层、峨眉山玄武岩和龙潭组。构造和地层分布见图1。矿田内大厂层为锑矿含矿层,该层位系指位于茅口组灰岩与峨眉山玄武岩之间的复杂沉积变质层,其上部是角砾状强硅化岩;中部为角砾状硅化粘土岩和硅质岩;上部为凝灰质粘土岩。据其地质产状和岩石特征,认为该层可能属海底热水沉积和火山沉积成因,后又遭受了构造—热液活动的改造,使其面貌极为复杂。该层Sb含量很高($40 \times 10^{-6} \sim 390 \times 10^{-6}$),是锑矿的主要矿源层(陈豫等,1984)。锑矿就是在已有的矿源层基础上,经构造运动及其伴随的热液活动进一步改造,使Sb及其伴生元素进一步富集所形

成的。

构造控矿特征

1. 古岩溶貌控矿特征

茅口组灰岩顶部古岩溶侵蚀面直接控制着矿源层——大厂层的厚度变化,侵蚀面凹部大厂层厚,锑的成矿物质丰富;侵蚀面凸部,大厂层薄。部分产于侵蚀面上的小矿体也位于侵蚀面凹部。同时,侵蚀面又为一弱构造面,常被后期层间滑动所利用,并因其起伏不平,导致后期构造运动中应力局部集中,是构造发育的重要因素,对成矿热液活动提供有利环境。

2. 褶皱控矿特征

大厂矿田以发育短轴褶曲为特点,其主体方向为北东向,控矿褶曲主要位于古岩溶潜丘部位的次级背斜构造。如矿田内由西向东分布的后坡背斜、西舍背斜等分别控制了相应矿床的产出(见图1);矿体主要分布于背斜转折端及近背斜转折端的两翼(图2A)。

本文1992年9月收到,同年11月修回。李春兰编辑。

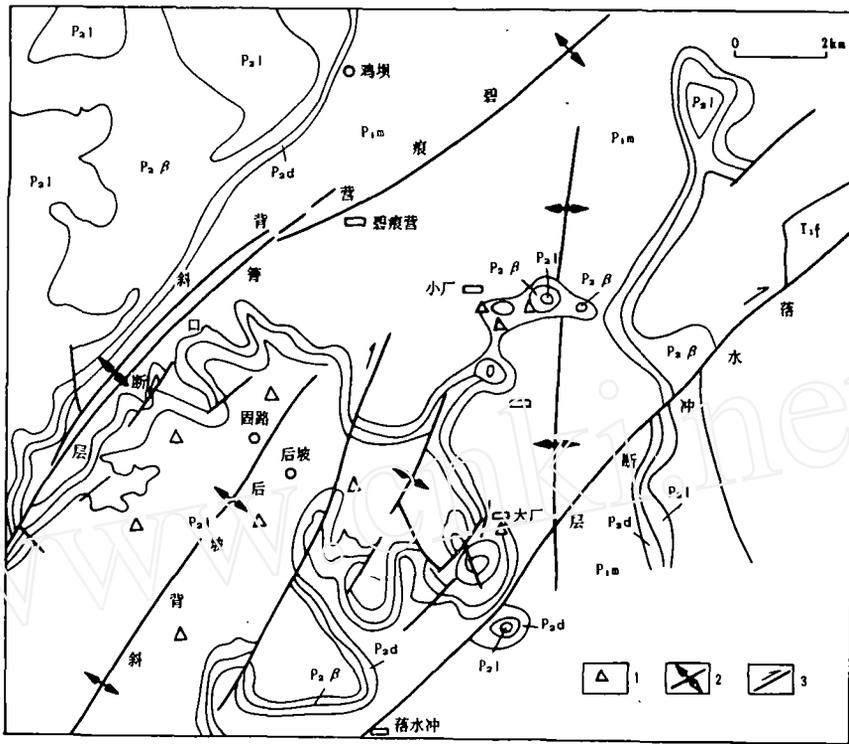


图1 晴隆大厂钒矿田地质略图

T_{1f}- 下三叠统砂页岩; P_{2l}- 龙潭组砂岩、灰岩、页岩及煤夹层; P_{2β}- 峨眉山玄武岩;
P_{2d}- 大厂层; P_{1m}- 茅口组灰岩; 1- 辉钒矿床(点); 2- 背斜; 3- 断层

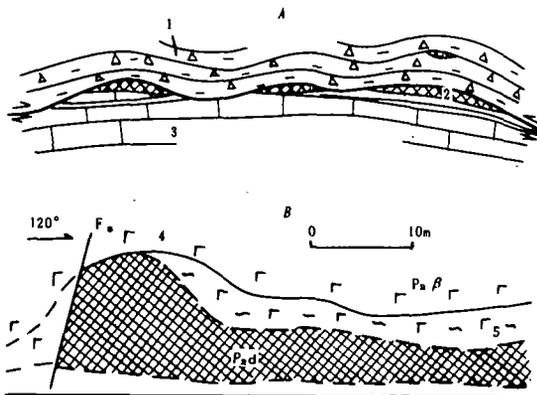


图2 小背斜控矿素描(A)及断层控矿实测剖面(B)

1- 角砾状硅化粘土岩; 2- 钒矿体; 3- 含萤石硅化灰岩; 4- 玄武岩; 5- 蚀变玄武岩
向斜中矿化和岩石蚀变均较弱。

3. 断裂控矿特征

断裂构造和层间滑动破碎带是矿田内最重要的控矿构造, 致使矿体主要呈脉状, 矿

体与断裂构造的关系主要表现在: 北北东向压扭性断层和隐伏断层附近矿体厚度大, 品位富, 延伸长。如沿北北东向 F₉ 隐伏断层产出的矿体延伸长达数百米, 厚度达 20 余米 (图 2), 矿石品位高出矿床平均品位的 1 倍以上。另外, 在断裂比较破碎地段, 沿节理和张性裂隙有较富的矿体充填。

层间滑动可以认为是一特殊断层, 在矿田内广泛发育, 主要是古岩溶不整合面的存在以及大厂层岩性与上、下岩层差异较大所致。不整合面和不同岩性岩石接触面均为构造软弱面。在区域应力作用下, 褶皱形成过程中, 沿这些软弱面产生滑动, 形成大量层间破碎, 尤其是层滑遇到古岩溶潜丘、低缓小石芽而受阻造成局部应力集中时, 则更有利于层间破碎带产生。这些层间破碎带是良好的容矿空间, 致使大部分矿体产于其中。大厂钒矿的层滑构造、派生构造以及与古岩

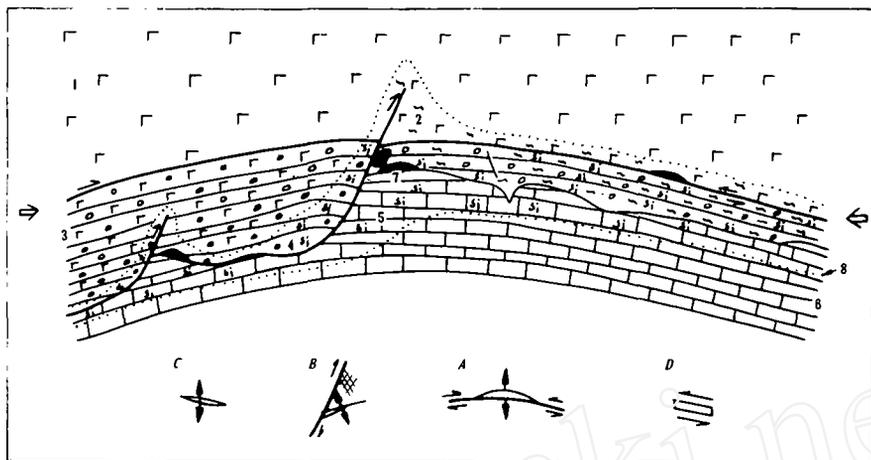


图3 大厂矿田层间滑动构造及派生构造模式图

A-背斜鞍部剥离构造及控矿; B-古潜丘背力面的裂隙及控矿; C-低缓小石芽背力面的张性拉开构造; D-不同岩性接触面的剪切开张; 1-玄武岩; 2-粘土化玄武岩; 3-角砾状硅化粘土岩、硅质岩; 4-强硅化等蚀变岩; 5-硅化灰岩; 6-灰岩; 7-锑矿体; 8-强蚀变界线

溶的关系可归纳为图3模式。

因此,构造运动是使锑迁移和富集的重要因素,构造改造强度不同,既影响了成矿环境,也导致了物质分异和分带,在宏观上表现为从应力强带到弱带(即从隐伏高角度断层到远离断层),其分带为辉锑矿→白色石英、辉锑矿→绿石英、辉锑矿,外围是萤石。另外,在矿物结晶习性、微量元素含量等方面也有变化。

构造地球化学实验研究

为深入研究大厂锑矿成矿条件和验证野

外观察所得出的认识,在中国科学院地球化学研究所构造地球化学实验室,从构造热动力条件与物质运动相联系的构造地球化学方面进行了成矿实验。

实验所用模具是柱塞式和活塞圆筒式三轴实验模具,有关实验装置、实验方法和实验条件的选择已由吴学益(1984)、夏勇(1990)作了介绍。实验中所用的样品是来自大厂矿田不同部位和类型的围岩、矿源岩、矿化围岩和矿石制成的干样和湿样,以及岩、矿石的粉末制成的粉末组合样,实验条件见下表。

晴隆大厂锑矿田岩、矿构造地球化学实验初步结果表

样品名称	样品编号	使用模具	实验条件					实验后样品变化特征		
			轴压 10 ⁶ Pa	围压 10 ⁶ Pa	温度 ℃	溶液	时间 h	纵向应变速率	破裂、变形特征	物质变化
石英-辉锑矿-矿石	Q-1	柱塞式	1.29	0.32	350	干样	50	10 ⁻³	张性破裂	见文字说明和照片
	Q-2		1.48	0.45	450	清水浸泡,吸水率1.92%	21		可见剪切破裂和部分流变现象	
	Q-3	活塞圆筒式	4.06	1.06	350	干样	5		张性破裂为主,可见局部流变现象	
岩、矿石混合样	QF-1	活塞圆筒式	4.06	0.59	550	15%NaCl溶液与样品粉末混合,吸水率8.5%	5	10 ⁻⁵	见流变和剪切破裂	见文字说明和照片
	QF-2		2.28	0.59	350		6		见流变和剪切破裂	

(1) 样品成分及粒径分别为: 含矿岩石粉末1.67cm; 凝灰岩1.5cm; 矿石1.0cm; 玄武岩1.5cm。

实验初步结果及地质意义

本次实验重点是通过各种条件的实验,模拟晴隆大厂铋矿田由于构造热动力作用引起的岩石、矿物结构、成分改变,某些化学反应的进行,成矿元素受应力和热作用后的活化迁移或重新分配,以及岩石应力应变与岩性、成分关系等,以探讨晴隆大厂铋矿田矿床地球化学及成矿作用特征。根据多次实验所选择的条件(见表),进行了一系列中温中压成矿实验,对有关问题进行了观察研究。

1. 构造热动力条件下岩、矿石变形及结构变化特征

(1)大厂铋矿田强硅化的岩、矿石及玄武砾岩在较低的温度和围压条件下,均表现为脆性破裂,破裂面常平行于主压力轴,代表性样品如 Q-1、Q-3。随着温度升高、围压和轴压加大,则由脆性向塑性转变,体积应变增大,开口裂隙减少。由此推断,由于构造运动演化,地壳上升及上覆岩层的剥蚀,造成温度降低、差异应力加大,岩层则易破裂形成张性空间,如上覆有一定遮挡时,矿质极易在这些空间中沉淀形成富集。

(2)矿田中凝灰质粘土岩在实验中极易塑性变形。粉末成型组合样和单样实验表明,随着压力的增加,主要表现为压缩和流变,未见明显的张裂隙(如 QF-1 样,照片 3)。因此该层的存在使构造作用下有较好的封闭条件,矿质在其下大量沉淀富集而不流失。

(3)实验中,随着温度、压力的增加,一些矿物的结构和物理性质发生有规律的变化。如弱改造的矿石样品,在实验中随着温度、压力(尤其是压力)的增加,石英波状消光越趋明显(照片 1),并在压力作用下石英长轴逐渐向垂直主压力方向调整;辉铋矿聚片双晶也越发育,甚至出现揉皱聚片双晶、“X”聚片双晶结构等多种类型(照片 2)。这些特征

正好与强改造作用形成的铋矿石所反映出来的特征一致;表明这些特征与构造改造强度呈一定正相关关系。利用这些标志,配合其他条件特征划分矿床改造强度和成矿环境是可行的方法之一。

(4)随着温度增高、围压加大和样品流变增强,岩、矿石剪切破裂的剪裂角有所变大,石英及围岩透镜体和辉铋矿透镜体在较高温度和压力下也可形成,其透镜体长轴垂直或近垂直主压力轴(照片 3)。

2. 构造热动力条件下物质成分变化特征及辉铋矿改造成矿条件

(1)辉铋矿的分解温度与压力有关。一般情况下,当温度高于 300℃ 时,辉铋矿开始分解,出现金属铋和方铋矿(张宝贵等,1984)。当矿石在一定压力条件下(本次实验轴压 $1.3 \times 10^8 \sim 4.0 \times 10^8 \text{ Pa}$ 、围压 $0.3 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^8 \text{ Pa}$),辉铋矿在 350℃ 以上才有分解,在 400 ~ 450℃ 有明显分解(照片 4),分解产物方铋矿和铋呈小柱状、八面体粒状和其他不规则粒状。因此,成矿温度与地应力和成矿时的构造和埋深条件等密切关系,正是由于这些条件的不同,所以同是铋矿床,成矿温度可有所差异。

(2)辉铋矿在 350 ~ 400℃、轴压 $1 \times 10^8 \text{ Pa} \sim 4 \times 10^8 \text{ Pa}$ 、围压 $0.3 \times 10^8 \text{ Pa} \sim 1.0 \times 10^8 \text{ Pa}$ 条件下具有较大活动性,辉铋矿有明显的迁移并在新生裂隙中的沉淀(照片 5 等)。新生辉铋矿呈细粒状分布于新生的构造裂隙中,尤其是张性节理弯曲部位和两组节理交汇处等,有较多新生辉铋矿赋存。实验前后的光、薄片对比表明,在干样实验中,辉铋矿主要以气态形式进行迁移和再沉淀。在样品新生开放性裂隙中仅有辉铋矿,呈细粒状分布于裂隙壁上,裂隙其余部分则无其他物质(如 Q-1、Q-3)。湿样实验表明(Q-2、QF-1、QF-2),辉铋矿除以气态迁移外,还可以以热液为介质进行迁移,再沉淀发生在裂隙穿过角砾状粘土岩石时,可有隐



照片 构造热动力条件下岩、矿石变形及结构和物质成分变化特征

(各照片均为目镜 $\times 10$, 照像放大 $\times 2$)

照片 1— 实验后石英呈花岗变晶结构和波状消光, 辉锑矿迁移到新裂隙中重新沉淀 (裂隙中的小黑点), 薄片, 正交偏光, 物镜 $\times 10$; 照片 2— 实验后辉锑矿形成的聚片双晶结构和裂隙处的扭折现象, 光片, 正交偏光, 物镜 $\times 5$; 照片 3— 实验后辉锑矿 (黑色团块) 贯入凝灰岩中, 并形成透镜体, 其长轴垂直轴压方向, 薄片, 正交偏光, 物镜 $\times 10$; 照片 4— 实验后由样品向外, 在柱塞上形成锑矿分带现象, 内带 (I) 为放射状辉锑矿和粒状方锑矿; 中间带 (II) 为八面体粒状和小柱状方锑矿 + 锑华, 外带 (III) 为不规则细粒状锑华 + 方锑矿, 实物照像; 照片 5— 实验后样品内部新生断裂中充填的辉锑矿 (裂隙中细粒亮色者), 光片, 单偏光, 物镜 $\times 5$; 照片 6— 实验后在角砾状粘土岩中产生的新裂隙及辉锑矿 (裂隙中黑色部分) 和伴随的隐晶质 (裂隙中微弱消光部分) 沉淀, 薄片, 正交偏光, 物镜 $\times 10$

晶质物质 (双偏光下微弱消光) 伴辉锑矿充填于裂隙中 (照片 6), 而在石英集中部位,

裂隙中仍无其他物质充填,为空隙,这可能是角砾状粘土岩吸附的硅、钙等和锑在一些裂隙中沉淀有关。另外,辉锑矿还可以固态流动进行迁移,主要在粉末成型样中见到,其特点是在较大压力下辉锑矿挤入围岩裂隙形成透镜状(照片3)。

(3) 实验表明,辉锑矿的沉淀与环境的封闭程度, f_{O_2} 、 f_{S_2} 等密切相关,往往在较大的封压条件下,在样品的内部沉淀辉锑矿,而在较小封压条件下,在样品的外部沉淀锑华、方锑矿。X粉晶分析结果显示样品从内向外依次为辉锑矿→辉锑矿+方锑矿→八面体粒状方锑矿+柱状锑华→不规则细粒锑华+方锑矿(照片4)。从该分带序列可以看出,从样品中心向外, f_{O_2} 增高、 f_{S_2} 降低,结晶条件逐渐变差。由实验可知,这些条件直接或间接受封压(即构造条件和埋深)控制。一般在张性裂隙发育、深度较浅条件下,环境 f_{O_2} 较高;而岩石应变较强或深度较大时,环境 f_{O_2} 较低,温度较高。纵观晴隆大厂锑矿田矿物组合特征,以及实验结论,反映了锑矿形成的构造—热液改造期和表生期成矿环境。

(4) 在含辉锑矿的粉末样和岩样实验中,可见含辉锑矿硅质岩、硅化角砾状粘土岩和玄武岩在 $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、差异应力 $1.4\times 10^8\text{ Pa}$ 和氯化钠溶液: $W(\text{NaCl})=15\%$ 作用下,辉锑矿可在局部形成集中。因此在高背景值的这些矿源层中的锑是在构造热动力条件下活化迁移和富集成矿的。

几点主要结论

1. 大厂层火山沉积和热水沉积岩石中含有丰富的锑。由实验结果推测,在构造热液的改造作用下,锑可以迁移,提供成矿物

质,是本区的主要矿源层。同时,锑背景值较高的玄武岩经变形和热液作用也可提供部分锑。

2. 实验表明,辉锑矿有较强挥发性和活动性,与挥发性和活动性较强的元素有一定关系,大厂层及相邻玄武岩中挥发组分较集中、热液蚀变较强的部位,即是锑矿成矿有利部位,如硅化、萤石化、粘土化等均是找锑矿有利标志。

3. 锑矿的形成是在一定的构造热动力条件下进行的,构造控制了成矿环境。宏观上表现为矿床赋存在成矿有利构造中,并且不同的构造条件有不同矿物组合。成矿总体在温度不高,压力较低条件下进行,所以成矿预测应注意在矿源层发育基础上,寻找有利构造部位,如次级褶皱和断裂较发育的地段。

4. 凝灰质粘土岩和角砾状硅质岩、硅化粘土岩及强硅化岩组合是一套有利岩性组合。硅质岩、硅化岩有利于在层间滑动过程中形成层间破碎带,而粘土岩则形成局部遮挡,造成矿质在之下破碎带中集中。

最后,非常感谢吴学益研究员对笔者在实验和成文过程中的大力支持和帮助。感谢矿床地球化学开放研究实验室和国家自然科学基金的资助。

参考文献

- (1) 涂光炽,大地构造与成矿学,1984,第8卷,第1期,1~6页。
- (2) 涂光炽等,《中国层控矿床地球化学》(第一卷),科学出版社,1984。
- (3) 陈豫等,矿床地质,1984,第3卷,第3期,1~10页。
- (4) 吴学益等,大地构造与成矿学,1984,第8卷,第8期,251~260页。
- (5) 夏勇,地球化学,1990,第2期,187~196页。

On the Tectonic Control Feature and Experimental Tectonic Geochemistry of the Dachang Sb Orefield, Qinglong, Guizhou

Xia Yong Zhang Qihou Huang Huabin