

贵州晴隆大厂锑矿床成因探讨

陈 豫 刘秀成

张启厚

(贵州省晴隆锑矿)

(贵州工学院地质系)

晴隆大厂锑矿田是我国锑矿重要产地之一。我们在长期野外地质工作的基础上,结合近年来系统采集的岩矿、光谱、化学、包体、硫同位素及氢同位素等测试资料的综合研究,对大厂锑矿床的成因有一个初步认识,现撰写成此文。限于作者水平有限,谬误之处难免,敬请批评指正。

本文所用的测试资料,承蒙中国科学院地球化学研究所、贵州省地质局实验室、冶金工业部地质研究所协助分析,此外还引用了中国科学院地球化学研究所、贵州省地质局原112地质队有关本区的硫同位素测试资料,在此一并致谢。

一、矿田地质概况

矿田大地构造属黔桂地台黔西南凹陷带,按地质力学划分属普安旋卷构造体系碧痕营背斜南西翼^①。大厂锑矿床位于矿田中部。矿田受北东向构造控制,矿床与矿体则受北北东向(近南北向)断裂与北西西向(近东西向)断裂组成的“人”字型次一级构造控制。矿田内出露的地层由老至新为:下二叠统茅口灰岩(P_1m)、上二叠统“大厂层”(P_2d)、峨眉山玄武岩组($P_2\beta$)、龙潭煤组(P_2l)和第四系堆积物(Q)。三叠系沿矿田边缘呈环状出露。地层总体倾向南西,倾角10度左右(图1)。

二、含矿层“大厂层”特征

大厂锑矿田辉锑矿矿体产于“大厂层”中。该层是指下二叠统茅口灰岩之顶部、上二叠统峨眉山玄武岩底部与其间的火山碎屑沉积岩,该套岩石以强烈硅化和粘土化为特征。其层位习惯划为上二叠统,为一特定的含矿层位。“大厂层”按野外鉴定特征又可分三个岩性段,由下而上为:

(一) 强硅化岩(P_2d^1)

(1) 下部致密块状强硅化岩:岩石呈灰至灰白色,绝大部分为隐晶质玉髓(含量>65%)。重结晶明显但不均匀,具花岗变晶结构。局部见有鲢蚪 *Neoschwagerina* sp. *Verbeekina* sp. 等化石残留,并保留有灰岩原始层纹构造特征。

(2) 上部角砾状强硅化岩:岩石呈黑色、灰黑色以及白色与灰白色相间组成的杂色,

① 据周启永1981年“普安旋卷构造体系及控矿规律的初步分析”。

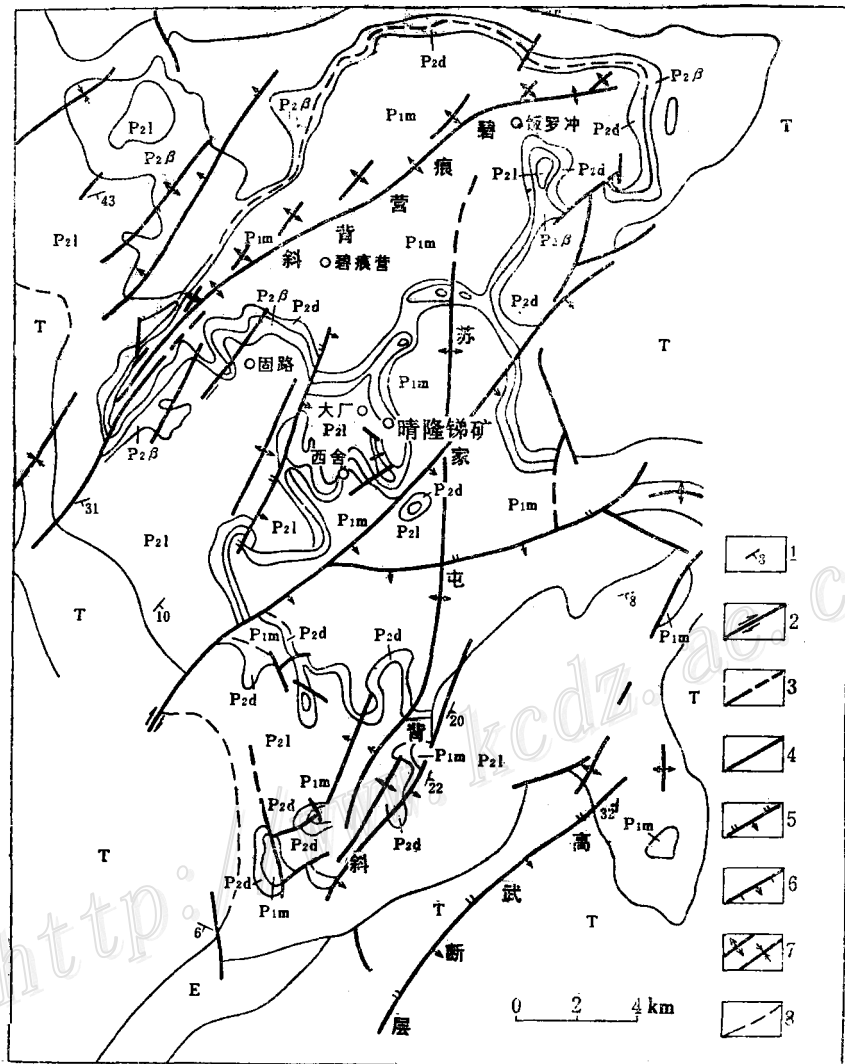


图 1 贵州省晴隆大厂锑矿田地质略图

E—老第三系, T—三叠系, P_{2l} —龙潭组, $P_{2\beta}$ —峨眉山玄武岩组, P_{2d} —大厂组, P_{1m} —茅口组, 1—岩层产状, 2—平推断层, 3—推测断层, 4—性质不明断层, 5—逆断层, 6—正断层, 7—背斜及向斜轴, 8—实测及推测地质界线

Fig. 1. Schematic geological map of the Dachang antimony ore field, Qinglong County, Guizhou Province.

E—Eocene; T—Triassic; P_{2l} —Longtan Formation; $P_{2\beta}$ —Emeishan basaltic Formation; P_{2d} —Dachang Formation; P_{1m} —Maokou Formation; 1—strike and dip of strata; 2—strike-slip fault; 3—inferred fault; 4—unknown fault; 5—reverse fault; 6—normal fault; 7—axes of anticline and syncline; 8—surveyed and inferred geological boundaries.

由微晶—隐晶石英组成花岗变晶结构。上部夹粘土岩角砾（主要为凝灰质），部分可见条柱状斜长石假象，石英晶粒间有黑色星点，似有机质。下部角砾全由强硅化岩组成，呈大小不等的棱角状，是经硅化的原岩又被后期梳状石英细脉穿切而成。当硅化稍弱时，有机质、钙质增多，可见生物碎屑假象或清晰的瓣蛭、腕足类、棘皮类、瓣鳃类的化石残余。角砾状强硅化岩上部为辉锑矿产出的重要部位。

该岩性段厚度为0—7米，变化较大，有时蚀变玄武岩直接与下部茅口灰岩接触。

（二）玄武质砾岩（ P_2d^2 ）

岩石呈暗绿、灰、灰白色。砾状构造，砾石为玄武岩，砾径从几毫米到几十厘米，大砾石滚圆度较好。砾石均遭到不同程度的蚀变，一般下部较强。主要成分的变化情况一般是：辉石、角闪石→绿泥石→铁质粘土；长石→绢云母、碳酸盐、帘石、石英、高岭土等。镜下观察，没有明显的矿物承袭关系，都可以部分地取代长石和保留长石外形。部分大砾石中见有气孔—杏仁状构造，其间充填有石英、水云母矿物。大砾石普遍有泥化边。镜下查明，其组构无明显变化，但边缘部分粘土化或绿泥石化较内部强。砾石的胶结物成分为硅质岩、碳酸盐、铁质粘土和硅质粘土，砂粒圆度较好。岩石中含细晶和粗晶黄铁矿。玄武质砾岩经强烈蚀变作用，成为强硅化角砾状粘土岩。其颜色为灰白色、铁灰色，角砾以粘土角砾为主。蚀变作用稍弱时，部分角砾可嵌合复原为玄武质砾石形状，并可见变余玄武结构。强硅化角砾状粘土岩是辉锑矿主要产出部位。

本岩性段厚度0—39米，一般为5—10米。

（三）粘土岩（ P_2d^3 ）

（1）下部硅化黄铁矿凝灰质粘土岩：岩石呈浅灰、灰白色，其砂粒、粉砂为凝灰岩屑、晶屑、玻屑（球粒状、骨棒状、弓形尖角状等），普遍被硅化，仅保留部分残余火山结构。基质是已重结晶为绢云母的凝灰质粘土。泥层和不同粒级的砂层交互而显层理特征。微至细粒黄铁矿呈稀疏星散状分布。岩石中石英辉锑矿脉、石英脉、粗晶碳酸盐脉、硅质高岭石脉较多。其上部碳质增多。在矿田某些部位（如水井湾等地）顶部有时夹有薄层碳质页岩。本岩层厚度为0—4米，变化较大。

（2）上部蚀变玄武岩：岩石呈灰白色致密块状。岩石蚀变强烈，蚀变产物与玄武质砾岩相同。它以结构较均一，铁质粘土、帘石均匀散布，有较多细长针状磷灰石和少许残留的长石板状轮廓等特征而与粘土岩相区别。玄武岩最主要的蚀变是绢云母化、绿泥石化、高岭土化、硅化，其次是碳酸盐化、帘石化、黄铁矿化，主要是自变质，脉状充填和交代少。与上覆淬碎角砾状和晕圈状拉斑玄武岩（ $P_2\beta$ ）呈过渡关系，是淬碎角砾状和晕圈状玄武岩蚀变产物。该岩层是辉锑矿的重要产出部位。本层厚0.2—5米。

“大厂层”在水平方向上的展布特点是矿田中部厚，边部渐薄。

三、对“大厂层”各种岩石的原岩及成因的看法

1. 强硅化岩是茅口灰岩古喀斯特面上的破碎堆积物及茅口灰岩顶部（0—5米）经不同程度硅化的结果，其硅质可能与玄武质岩浆的喷发和凝灰质的海解作用有关。

2. 角砾状强硅化岩上部是茅口灰岩碎块、砾石，以及本区第Ⅰ旋回淬碎玄武岩碎块、

砾石与凝灰质等混合物经不同程度硅化、粘土化的产物。

3. 玄武质砾岩是本区第Ⅰ旋回的玄武岩前锋进入水体淬碎, 经搬运, 在浅海条件下生成。

4. 强硅化角砾状粘土岩是玄武质砾岩在其粘土化过程中, 受构造应力和岩溶塌陷等作用而破碎, 其后在成矿过程中被石英网脉穿切而成。

5. 硅化黄铁矿凝灰质粘土岩是浅海相沉积, 它生成的时间随所处部位不同而异, 于矿田中部者是本区玄武岩第Ⅰ、Ⅱ喷发旋回间的产物。

6. 蚀变玄武岩是本区第Ⅱ旋回玄武岩的前锋形成物。第Ⅱ旋回的玄武岩在矿田所见, 仍是陆相喷发进入水体的产物, 在其边缘可见淬碎角砾构造和晕圈构造。在强烈粘土化过程中, 经蚀变, 它也生成角砾状粘土岩, 于部分地段可成为主要成矿部位。

7. 晴隆锑矿提出(1964)的“大厂组”(现改称为“大厂层”)的划分, 主要是从该层含矿角度出发, 是一个明显的找矿标志层, 对找矿勘探具有较大的地质意义。然“大厂层”是一个穿时的层位, 从地质时代划分角度看, 它是不够严谨的。

四、矿床成因标志

(一) 矿体产出的地质特征

辉锑矿体的产出严格地受“大厂层”的控制。整个矿田除在较大断层两侧的龙潭煤组中部的生物碎屑硅质岩(P_2l^2)中发现沿节理充填的少许辉锑矿外, 辉锑矿体都产于“大厂层”中。据统计, 当“大厂层”厚度较大时, 矿体亦厚。例如, 大厂矿床7号采场“大厂层”厚38米余, 矿体厚近27米, 当“大厂层”变薄时, 矿体也随之变薄, 其尖灭处矿化亦消失。

含矿体^①呈似层状产于“大厂层”中, 其产状与地层产状一致。含矿体由许多小矿体组成, 小矿体形态与围岩性质密切相关。蚀变玄武岩中的矿体主要沿原玄武岩流面剥离空间充填, 呈层带状和扁豆状。这类矿体一般不厚, 但品位高, 黄铁矿凝灰质粘土岩中一般不含矿, 只是在其上下层含矿较好时, 有少量的矿脉及小扁豆体产出。强硅化角砾状粘土岩及角砾状强硅化岩上部, 岩石明显破碎, 矿体多呈脉状、网脉状和团块状集合体产出。由它们组成的似层状含矿体, 是本区开采的主要工业矿体。角砾状强硅化岩下部和致密块状硅化岩中的矿化, 辉锑矿除少量为团块状集合体外, 大多数呈浸染星散状分布, 组成巢状小矿体, 一般不具工业价值。

本区地层产状平缓, 控制矿床一级的褶曲构造不明显, 控制矿体的小型褶曲比较常见(图2)。矿体与断裂构造关系密切, 特别是与北北东向压扭性断层和隐伏断层关系更为明显。在上述断层附近, 矿体厚度大、品位富、延伸长。如沿北北东向 F_9 隐伏断层, 含矿体延伸达数百米, 厚度达20余米, 品位高出矿床平均品位1倍以上(图3)。另外在比较破碎的地段, 沿较大的张性裂隙有较富的矿体充填, 在节理交叉处也形成矿体。

断裂构造控矿的另一突出事例是, 凡是“大厂层”之下茅口灰岩中发现有卡斯特漏斗时, 在漏斗附近的“大厂层”中几乎都有富矿体。在地表大型卡斯特漏斗附近的“大厂层”

^① 含矿体系指有含矿系数的矿体。

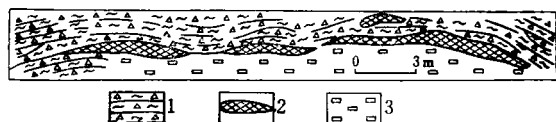


图2 小褶曲控矿素描图

(水井湾黄家洞)

1—强硅化角砾状粘土岩; 2—辉锑矿体; 3—萤石

Fig. 2. Sketch of minor folds controlling ore bodies (Huangjiadong, Shuijingwan).

1—heavily silicified brecciated clay rock; 2—stibnite ore body; 3—fluorite.

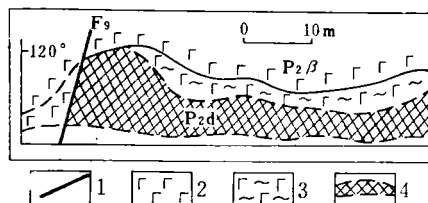


图3 压性隐伏断层及小背斜控矿实测剖面

1—断层及编号; 2—玄武岩; 3—蚀变玄武岩; 4—辉锑矿体

Fig. 3. Surveyed section of concealed compressive fault and minor anticlines controlling ore body.

1—fault and its serial number; 2—basalt; 3—altered basalt; 4—stibnite ore body.

中, 如西舍矿床、大厂矿床、固路矿床等均有富矿体成群出现。其原因是这些漏斗是沿大小断裂展布的。

茅口灰岩顶部古卡斯特岩溶侵蚀面与矿化的关系也比较密切。侵蚀面凹部“大厂层”厚; 凸起部分“大厂层”薄。矿体大都富集于侵蚀面凹部(图4)。

(二) 矿物组合特征

矿床中矿物组合简单, 辉锑矿为主要矿石矿物。石英(含地开石)-辉锑矿和粘土矿物(含黄铁矿)-石英-辉锑矿为主要工业矿石类型。次要矿石矿物为萤石、黄铁矿、贵翠(绿色石英)以及辉锑矿的氧化物——锑华、锑赭石、黄锑华、锑铁矿等。脉石矿物主要为石英、高岭石, 其次有方解石、重晶石、石膏、菱沸石、自然硫等。此外尚见有少量黄铜矿、蓝铜矿、黄钾铁矾、高岭石、基矾石、水铝英石、三水铝石以及有机质和碳质。

(三) 围岩的物质成分

大厂矿田矿体围岩的化学成分见表1。从表1可以看出, 本区玄武岩成分与贵州西部I、II旋回玄武岩成分基本相同。玄武质砾岩及其蚀变的产物——强硅化角砾状粘土岩与贵州西部第I旋回玄武岩相比, SiO_2 平均高10%以上, Fe_2O_3 显著增高, CaO 、 MgO 显著降低。在贵州西部, 第I旋回玄武岩 K_2O 比 Na_2O 低, 而玄武质砾岩及强硅化角砾状粘土岩 K_2O 比 Na_2O 高出10倍以上。

矿体围岩微量元素含量见表2。分析表2可知, 玄武质砾岩的微量元素与强硅化角砾状粘土岩微量元素组合一致, 含量基本相同, 可进一步证实强硅化角砾状粘土岩的原岩是玄武质砾岩。

(四) 围岩蚀变

矿床围岩蚀变较单一, 普遍为强烈的硅化、粘土化, 次为黄铁矿化、萤石化, 另外还见

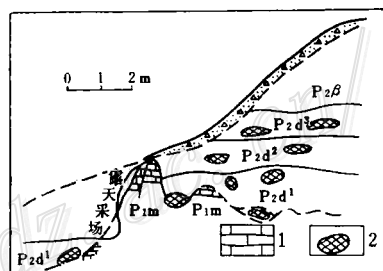


图4 辉锑矿赋存于古侵蚀洼地素描图

1—茅口组灰岩; 2—辉锑矿体;
地层代号同图1

Fig. 4. Sketch of stibnite ore bodies occurring in ancient erosion depressions.

1—limestone of Maokou Formation;
2—stibnite ore body (Symbols of strata as in Fig. 1).

表 1 大厂矿田矿体围岩与贵州西部玄武岩化学成分对比表

地 区	时代 层位	岩 石 名 称	主 要 化 学 成 分 含 量 (化学分析%)										备 注		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	MnO		Sb	
大 厂 矿 田	P ₂ β ²	致密块状玄武岩	47.65	14.40	5.26	3.57	6.79	3.19	0.5*	0.99	3.15	0.19	0.03*	* 为光谱半定量资 料, 其余均为化学全 分析资料	
	P ₂ β ¹	蚀变玄武岩	58.71	10.86	13.34	2.24	0.71	0.44	0.24	1.49	0.02	0.06	0.025—3.90		
	P ₂ β ²	玄武质砾岩	61.50	16.47	6.83	2.88	0.43	0.18	0.044	3.16	0.12	0.02	0.02—10.00		
	P ₂ β ¹	强硅化角砾状粘土岩	53.34	7.63	11.74	1.28	5.68	0.24	0.18	0.23	0.02	0.09	0.02—13.87		
	P ₂ β ¹	强硅化岩	80.22	1.90	4.40	0.20	3.55	0.08	0.47	0.15	0.01	0.12	0.01—10		
	P ₂ β ¹	大厂层平均含量	63.44	9.22	9.08	1.65	2.61	0.24	0.23	1.26	0.043	0.073			
贵 州 西 部 矿 田	P _{1m}	茅口灰岩	5.80	1.76	1.96	0.42	49.40	0.30	0.066	0.23	0.14	0.13			
	P ₂ β ²	Ⅱ旋回玄武岩	48.212	13.38	5.027	4.245	8.24	4.49		1.28	2.28	0.202		贵州省地质局 108 地质队资料	
	P ₂ β ¹	Ⅰ旋回玄武岩	48.18	13.75	5.72	3.93	9.50	4.61		0.97	1.81	0.14			25ppm
	P ₂ β	Ⅰ、Ⅱ旋回玄武岩	48.196	13.57	5.37	4.09	8.92	4.55		1.125	2.05	0.171			

分析单位: 贵州省地质局实验室

表 2 矿石围岩微量元素表

矿 名 称		化 学 分 析 %					光 谱 半 定 量 分 析 (%)							
		Cu As	Co Ni	Gc Tc	Zn Pb	Nb ₂ O ₅ Ta ₂ O ₅	Hg	Ba Be	Ga Cr	Mo V	Zr Y	Ag Yb	Sc Sn	W
玄武岩	(P ₂ β)	0.004	0.0011*		<0.01*			0.0026	0.003	<0.001	0.009	<0.0001	<0.001	—
蚀变玄武岩	(P ₂ β ¹)	0.11*	0.005*		<0.001*			<0.001	0.002	0.014	<0.003	<0.001	<0.001	
	(P ₂ β ²)	0.011	0.004	0.0006	0.003	0.0047	0.00	0.03	0.003	<0.001	0.016	<0.0001	0.001	
玄武砾岩		0.13	0.004	0.0001	0.001	0.0006		<0.001	0.018	0.03	<0.003	<0.001	<0.001	<0.01
	(P ₂ β ¹)	0.01	0.002	0.0002	0.004	0.0066	0.00	0.01	0.021	<0.001	0.03	<0.001	0.0012	
	(P ₂ β ²)	0.25	0.003	0.0001	0.001	0.0003		<0.001	0.008	0.037	<0.003	<0.0001	<0.001	—
强硅化角砾状粘土岩(P ₂ β ²)		0.02	0.004	0.0006	0.004	0.0028	0.00	0.026	0.0017	<0.001	0.014	0.00016	<0.001	<0.01
	(P ₂ β ¹)	0.093	0.006	0.0001	0.002	0.0006		<0.001	0.0012	0.014	<0.003	0.001	<0.001	
强硅化岩		0.01	0.002	0.0011	0.002	0.0000	0.00	0.023	<0.001	<0.001	0.0053	<0.001	<0.001	—
	(P ₂ β ¹)	0.035	0.003	0.0001	0.001	0.0000		<0.001	0.017	0.007	<0.003	<0.001	<0.001	—
茅口灰岩		<0.01	0.002	0.0002	0.01	0.0005	0.00	0.01	<0.001	—	—	—	—	—
	(P _{1m})	0.005	0.003	0.0001	0.003	0.0000		<0.001	0.003	—	—	<0.001	—	—

* ——光谱半定量分析资料 分析单位: 贵州省地质局实验室

重晶石化。

1. 硅化：“大厂层”硅化十分强烈，向上向下均迅速减弱。根据野外与镜下观察，硅化可分三期。

第一期硅化，表现为硅质交代灰岩形成玉髓及少量石英集合体。在本期硅化作用下形成强硅化岩，同时形成浸染状、针状辉锑矿。

第二期硅化，主要表现为白色石英、绿色石英成脉状充填于“大厂层”的层间裂隙、断裂、构造破碎带、岩溶和岩溶塌陷部位，伴有少许交代作用。白色石英多于脉之边缘形成梳状明净的晶体。绿色石英以玉髓为主（含少量地开石），大都以团块状产于脉之中部。两种石英呈渐变关系。本期硅化与矿化关系密切，辉锑矿呈放射状、星点状、板柱状、晶簇状、致密块状充填在石英晶粒之间。另外还发现含辉锑矿白色梳状石英脉穿切早期矿化梳状石英脉，它们属同期不同成矿阶段产物。

第三期硅化，为白色显微粒状石英脉，为表生阶段玄武岩粘土化过程中析出的 SiO_2 所形成。与成矿关系不密切。

2. 粘土化：淬碎玄武岩、玄武质砾岩及砂质凝灰质粘土岩在酸性热液作用下产生粘土化。辉石、角闪石→绿泥石→铁质粘土，斜长石→高岭土等。蚀变过程析出的硅质是成矿过程中硅质的重要物源。

3. 黄铁矿化：矿床中所见黄铁矿有两种。一是呈细粒星散状密集分布在凝灰质粘土岩中，颜色较浅，由沉积作用形成。由热液蚀变生成的黄铁矿呈深黄色粗晶六面体，晶粒棱长0.3—0.5厘米，主要发育在硅化角砾状粘土岩的上部，其次发育于强硅化岩中，多被第二期梳状石英脉切穿。

4. 萤石化：分两期。早期多沿强硅化岩上部分布，呈不规则透镜状、团块状产出，颜色为褐黄色、紫色、杂色，结晶程度差，含Si、Fe、Mn等杂质，局部富集可构成萤石矿体。早期萤石分布地段，辉锑矿化弱。晚期萤石呈淡绿色、紫色、白色，晶形完整，纯净透明，呈粗大的脉状、团块状产出，或分布于洞穴中。晚期的萤石脉有交代第二期石英脉现象，与成矿无关。

5. 重晶石化：分三期。早期量少，重晶石呈星点、浸染状产于强硅化岩中；中期重晶石多呈团块状与第二期石英脉共生；晚期重晶石常呈板状晶体产在晚期萤石晶体表面，尤其在萤石晶洞中最为常见。

（五）成矿物质来源

为了研究成矿的物质来源，我们调查了本区的茅口灰岩以及其中的断裂，证实其无辉锑矿化和热液蚀变的现象。为此我们又对玄武岩进行了分析。

据贵州省地质局108地质队对织金、纳雍等地77件上二叠统峨眉山玄武岩光谱分析资料，Sb的平均含量为25ppm（表1），较基性岩（玄武岩）中的丰度0.1ppm（A. П. 维诺格拉多夫，1962年）和Sb的克拉克值0.5ppm（A. E. 费尔斯曼）高50—250倍。

1980年我们对“大厂层”之上的玄武岩采了15件岩心样作化学分析，Sb的含量最低为0.004%，最高为0.039%，平均为0.014%，为玄武岩Sb丰度的400—3900倍，为Sb的克拉克值的80—780倍，平均为280倍，足以证明本区的玄武岩是锑的异常体。

矿田硫同位素测试资料（表3）表明：14件辉锑矿 δS^{34} 值均为负值，变化范围狭窄，为

表3 矿田硫同位素组成表

采样单位	测试单位	样号	岩性	层位	测试矿物	$\delta S^{34}\%$
晴隆锦矿	中国科学院地球化学研究所 冶金部地质研究所	E 80-008	蚀变玄武岩	P_2d^2	辉锑矿	-1.0
		E 80-009	玄武砾岩	P_2d^2	辉锑矿	-2.6
		E 80-014	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^2	辉锑矿	-1.1
		E 80-017	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^2	辉锑矿	-0.8
		E 80-013	绿色石英	P_2d^2	辉锑矿	-0.7
		E 80-033	角砾状强硅化岩	P_2d^1	辉锑矿	-0.6 -0.8
		E 80-015	强硅化岩	P_2d^1	辉锑矿	-0.7
中国科学院地球化学研究所		晴-3	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^2	辉锑矿	-0.6
	晴-4	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^2	辉锑矿	-2.2	
112地质队	中国科学院地球化学研究所	E 24	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^2	辉锑矿	-0.8
		E 23	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^1	辉锑矿	-1.8
		E 22	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^1	辉锑矿	-1.7
		E 21	角砾状强硅化岩	P_2d^1	辉锑矿	-2.7
		E 20	强硅化岩	P_2d^1	辉锑矿	-2.8
晴隆锦矿	中国科学院地球化学研究所 冶金部地质研究所	E 80-004	凝灰质玄武岩	$P_2\beta$	黄铁矿(粗晶)	-0.5
		E 80-007	蚀变玄武岩	P_2d^3	黄铁矿(粗晶)	-0.5
		E 80-12	角砾状粘土岩	P_2d^2	黄铁矿(粗晶)	-0.8
		E 80-18	强硅化岩	P_2d^1	黄铁矿(细晶)	+3.6
		E 80-32	茅口灰岩	P_{1m}	黄铁矿(粗晶)	-5.3
中国科学院地球化学研究所		晴-1	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^2	黄铁矿(粗晶)	-6.9
	晴-2	强硅化角砾状粘土岩	P_2d^2	黄铁矿(粗晶)	-4.6	
112地质队	中国科学院地球化学研究所	E-27	蚀变玄武岩	P_2d^3	黄铁矿(粗晶)	-2.9 -2.4
		E-28	黄铁矿化粘土岩	P_2d^3	黄铁矿(细晶)	+8.1
		E-29	黄铁矿化粘土岩	P_2d^3	黄铁矿(细晶)	+10.9
		E-30	角砾状强硅化岩	P_2d^1	黄铁矿(细晶)	+4.5

-0.6—-2.7‰。上述数据反映硫显然不是来自地壳的上部，而是来自于同位素成分较均一的地壳深部或上地幔。

11件黄铁矿 δS^{34} 值变化范围较大，由-6.9—+10.9‰。其中粗晶黄铁矿的 δS^{34} 值均为负值，变化范围是-0.50—-6.9‰，极差为6.4；细晶黄铁矿 δS^{34} 值都为正值，变化范围是+3.6—+10.9‰，与二叠系海洋硫同位素值(+9.7‰)相近。上述资料反映细晶黄铁矿是沉积形成，粗晶黄铁矿是热液作用形成。

本区两个旋回的玄武岩均属玄武岩浆前锋进入水体的产物。郑淑芳等人研究指出：“这些厚度薄的玄武岩流，进入水盆或浅水海域中，……炽热的熔浆突然遇水，在低温的水体环境下骤然而迅速凝结形成了淬碎玄武岩”；“由于玄武岩流的前锋流入水体，……带来了大量的F、Cl、S、Fe、Cu、Pb、As、Au、Sb等元素，……水体对它们起了暂缓的封闭作用，使这些元素不易逸散”；“在一定的物化条件下形成矿源层或直接产生火山沉积矿床”^①。因此，本区的玄武岩中不但含锑高，而且由于淬碎玄武岩的特殊形成条件，可以提供丰富的成矿物

① 引自郑淑芳等1981年“贵州西部淬碎玄武岩的特征及形成机理”。

源。这就是“大厂层”中不仅有丰富的铋矿，而且还有萤石、硫铁矿、金等多种矿产的原因所在。

(六) 热液作用

1. 矿床中辉锑矿与绿色石英(含地开石)紧密共生,而地开石大部分在热液矿床的矿脉中产出^[1]。据曹俊臣、陈豫等人对本矿床中贵翠(绿色石英)的研究^[2]:贵翠中的地开石与石英相互包裹或穿插。由此可以判断,贵翠中的地开石与石英是在相同介质、温度和压力条件下几乎同时结晶的。玄武岩在酸性溶液作用下的蚀变反应可以用下式表示(以斜长石为例):



显然, 矿化层主要脉石矿物组成与此相似, 证明矿化溶液有可能来自围岩。

2. 辉锑矿石中 Sb 与 Se 成正相关 (图 5)。本矿床中锑矿石的 S/Se 比值最高为 26267, 最低为 12000, 平均为 8511, 而 S/Se 比值为 1 万左右可看成是热液成因^[3]。

3. 矿体产出受构造控制明显, 是矿床受热液作用的显著特征。

(七) 成矿温度

矿床中辉锑矿爆裂法测温（4件样品），温度为155—165℃。经压力校正后，估计为135—145℃。辉锑矿的最佳结晶临界温度可能在140℃左右，说明辉锑矿在低温条件下形成。用均一法测定的白色石英气液包体温度为315℃（一件样品），如经压力校正将低于300℃。初步推测矿液曾经历了一个从中温到低温的过程。矿物的生成顺序为粗晶黄铁矿、梳状白色石英→绿色石英、辉锑矿。

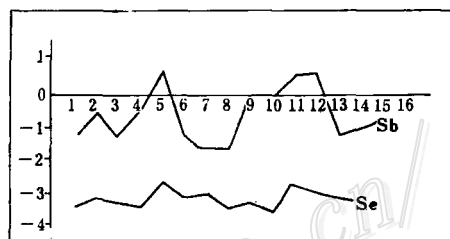


图 5 铈硒相关曲线图

(据晴隆锑矿组合分析资料)

Fig. 5. Diagram showing correlation between antimony and selenium.

(八) 矿液的物质成分

对与辉铋矿密切共生的白色梳状石英中的包裹体的化学成分和氢同位素进行了测定(表4), 包体是气液包体, H_2O 含量为16.4mg。从表4中可看出:

表 4 白色石英包裹体测试结果表

样 号	矿 物 名 称	产 状	水含量 (mg)	CO ₂ (× 10 ³ ppm)	主要成分含量 (× 10 ³ ppm)							浓 度 (%)	δD‰ (SMOW)
					Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻		
N 80-011	白色石英	梳状脉 (P ₂ d ²)	16.4	0.77	52.4	10.4	3.5	5.1	98.8	17.0	6.1	18.8	-123.2

中国科学院地球化学研究所施继锡、李本超分析

1. 石英包体中未见火山气体中的典型成分 CH_4 、 CO 等, 在岩浆水与火山气体中为主要成分的 CO_2 , 包体中含量仅 $7.7 \times 10^2 \text{ ppm}$, 说明成矿热液与岩浆和火山作用无明显联系。

2. 石英包体中的阳离子主要是 Ca^{2+} 、 Na^{+} ，次为 Mg^{2+} 、 K^{+} ；阴离子以 SO_4^{2-} 为主，次为

F^- 、 Cl^- ，总浓度为18.8%。一般认为总盐度 $>5\%$ 为卤水，据此认为成矿热液为硫酸盐型热卤水。矿床中存在重晶石化，是热卤水成矿的又一证据^①。

3. 表4中 δD (SMOW) 实测值为 -123% ，根据 δO^{18} 与海拔高度的经验关系式^[4]：

$$-\delta O^{18}\text{‰} = [0.0026 \times H + 7.75]\text{‰} \quad (1)$$

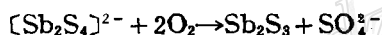
式中 H 为高程，按1600米计算，将结果代入(1)

$$\delta D = 8 \times \delta O^{18} + 10\text{‰} \quad (2)$$

求得本区大气 δD 的计算值为 -85.28% ，而石英包裹体的 δD 值与大气值相近，说明矿液中有天水加入。

结 语

大厂辉锑矿床产于“大厂层”中，受地层和岩性控制明显，矿体产状与地层产状一致。推测其成矿作用为下列过程。在下二叠统茅口灰岩遭受长期剥蚀之后，本区一度下降为半封闭的海盆。海西期喷发的玄武岩流前锋流入海盆时，带来了大量的成矿物质，在一定的物化条件下形成矿源层。嗣后在强烈的燕山运动和地热增温作用下，“大厂层”中的锑等元素活化，同时形成热卤水。热卤水在压力差的作用下携带锑（主要可能呈 $[Sb_2S_4]^{2-}$ 络离子形式）沿茅口灰岩古卡斯特面之上的“大厂层”，向呈半封闭系统的层间剥离空间、节理、裂隙、断裂等方向运移。在运移过程中不断有天水加入，由于天水中氧与 $[Sb_2S_4]^{2-}$ 作用生成 Sb_2S_3 与 $[SO_4]^{2-}$ ，其反应方程式可能是：



反应结果使溶液逐渐成为硫酸盐和卤化物混合酸性溶液（此时热液温度推测在 $300^\circ C$ 左右， Sb_2S_3 还不能沉淀）。酸性热液使玄武质砾岩及玄武岩底部发生蚀变，蚀变中析出的硅是第二期硅化的主要物源。随着温度逐渐下降，热卤水中的 H_2S 溶解度也随之增加，这样就促使 Sb_2S_3 在上述有利空间以充填方式为主沉淀出来形成辉锑矿床，成矿温度在 $140^\circ C$ 左右。

综上所述大厂辉锑矿床是由火山碎屑沉积形成矿源层，后经有天水加入的热卤水再造形成的层控矿床。

参 考 文 献

- [1] 华南化工学院等合编 1961 结晶学矿物岩石学基础 中国工业出版社
- [2] 曹俊臣、律广才、刘德昌、刘豫、刘秀成 1983 贵翠的染色机制及成因 矿物学报 第3期
- [3] 成都地质学院矿床学编写组 1978 矿床学（下册）地质出版社
- [4] 曹俊臣、吴大清、施继锡、李本超 1981 贵州晴隆锑矿石膏晶洞的成因及其晶体的结晶特征 地球化学 第4期

① 姜齐节等1980年“渗流卤水成矿作用的意义与成因标志”。

A TENTATIVE DISCUSSION ON THE GENESIS OF THE DACHANG ANTIMONY DEPOSIT, QINGLONG COUNTY, GUIZHOU PROVINCE

Chen Yu and Liu Xiucheng

(Qinglong Antimony Mine, Guizhou Province)

Zhang Qihou

(Department of Geology, Guizhou Technology Institute)

Abstract

The Dachang antimony ore field is one of the important antimony resource area of China and the Dachang deposit is located in the middle of this ore field. The rocks containing ore bodies are called "Dachang bed" which refers to the top of Lower Permian limestone of Maokou Formation and the bottom of the Upper Permian Emeishan basaltic lava intercalated with volcanoclastic sedimentary rocks; this ore-bearing bed is characterized by alteration—heavy silicification and argillization—and is habitually assigned to Upper Permian.

Field lithological characteristics divide the Dachang bed into three members, they are in upward succession intensely silicified rocks, basaltic conglomerate or intensely silicified conglomeratic clay rocks, and clay rocks.

Basaltic conglomerate, believed to be the ore source bed of this area, was formed as a result of deposition of the first cycle basalt transported into the shallow sea after it was quenched and broken up in the water body. During the argillization of basaltic conglomerate, substantial amounts of siliceous material was released and then served as an important source for silicification of the Dachang bed; the eruption of basaltic magma and the halmyrolysis of tuffaceous material also gave off some siliceous material.

Assuming the stratoid form, the stibnite ore accumulations occur concordantly in the Dachang bed; they are made up of quite a lot of minor ore bodies which are mainly banded and lenticular in form and in less occasions take the shape of vein or mass aggregates. Lithological characters have had much to do with the configuration of ore bodies; the distribution of ore bodies are closely related to the paleokarst erosion surface of Maokou limestone and are evidently governed to some extent by fractures.

Mineral association in the deposit seems quite simple with stibnite as the

major ore mineral and quartz and kaolinite as the major gangue minerals. Dickite-bearing quartz-stibnite and pyrite-bearing clay minerals-quartz-stibnite make up the major industrial ore types.

Wall rock alterations are also not complicated; they are predominantly intense silicification and argillization accompanied by pyritization, fluoritization and baritization. Silicification played a significant role in mineralization.

An analysis of inclusions in white comb quartz associated intimately with stibnite reveals that ore-forming fluids were hot brine with some added meteoric water (δD being -123.2% and concentration 18.8%). Stibnite has sulfur isotope value of -0.58% — -2.7% and S^{32}/S^{34} of 22.233 — 22.244 .

The Dachang stibnite deposit is a typical stratabound deposit. Plenty of ore-related elements such as F, Cl, S, Fe, Cu, Pb, As, Au, Sb were brought by the Hercynian basaltic lava flow into and then retained in a water body. Under suitable physico-chemical conditions, a source bed was formed. Later, intensive Yenshanian orogeny and geothermal gradient activated antimony as well as other elements and produced a sulfate type hot brine with added meteoric water at about 300°C . Loaded with antimony and other elements, this hot brine moved along the paleokarst surface of Maokou limestone and filled in exfoliation space, joints, cracks and fractures to form the stibnite deposit approximately at the temperature of 140°C .

<http://www.kcdz.ac.cn/>