第19卷 贵州工学院学报 Vol.19 No.3
第3期 JOURNAL OF GUIZHOU INSTITUTE OF TECHNOLOGY 1990

黔西南赵家坪矿带地层中汞金地球化学研究

陈燊明 聂爱国 刘建康

（贵州工学院地质系） （贵州省铁合金公司）

摘 要 通过对地层中汞、金的某些沉积作用和地球化学特征的研究，认为赵家坪矿带内各地层中的汞、金曾参加了同生沉积作用。由于黔西南普遍存在着玄武岩喷发对地层中汞金含量在时间上和空间上的直接和间接控制作用，使地层中的汞、金含量达到了初始富集，即形成了矿源层。再经构造热液改造矿源层而成矿。

关键词 赵家坪；汞金矿带；沉积作用；地球化学；构造热液改造作用

0 引 言

被誉为“金三角”的黔西南微细浸染型金矿，是近几年我国发现的引人注目的金矿之一。其地质特征近似于美国的卡林型金矿。其中赵家坪汞、金矿带中的几个矿床(点)，在这一地区较具有代表性，它不仅有大型金矿和汞矿，而且有大型的汞铊共生矿床（滥木厂） 是一个成矿金属元素高度富集、成矿地质背景和成矿地质条件都很典型的矿带。

1 矿带区域地质背景

赵家坪汞金矿带位于上扬子准地台西南边缘，矿带主要受东西向的赵家坪背斜，以及背斜上众多的规模不等的横向和纵向断裂控制（图1）。此背斜长约18Km，宽约5Km，总体走向近东西展布，受后期构造影响，局部地段偏转为北西向。背斜核部地层为龙潭组，长兴组和大隆组，翼部地层为夜朗组和永宁镇组。地层倾角较缓，一般5—20度，两翼基本对称。

组成赵家坪背斜的地层以碳酸盐岩、粘土岩以及过渡性岩石为主，含有较多的火山物质（如玄武岩屑、斜长石、电气石等），除永宁镇组以外，上述地层均为赵家坪背斜上的汞金矿化地层，只是汞金的矿化强度各有侧重而已。

1989—05—30收稿。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

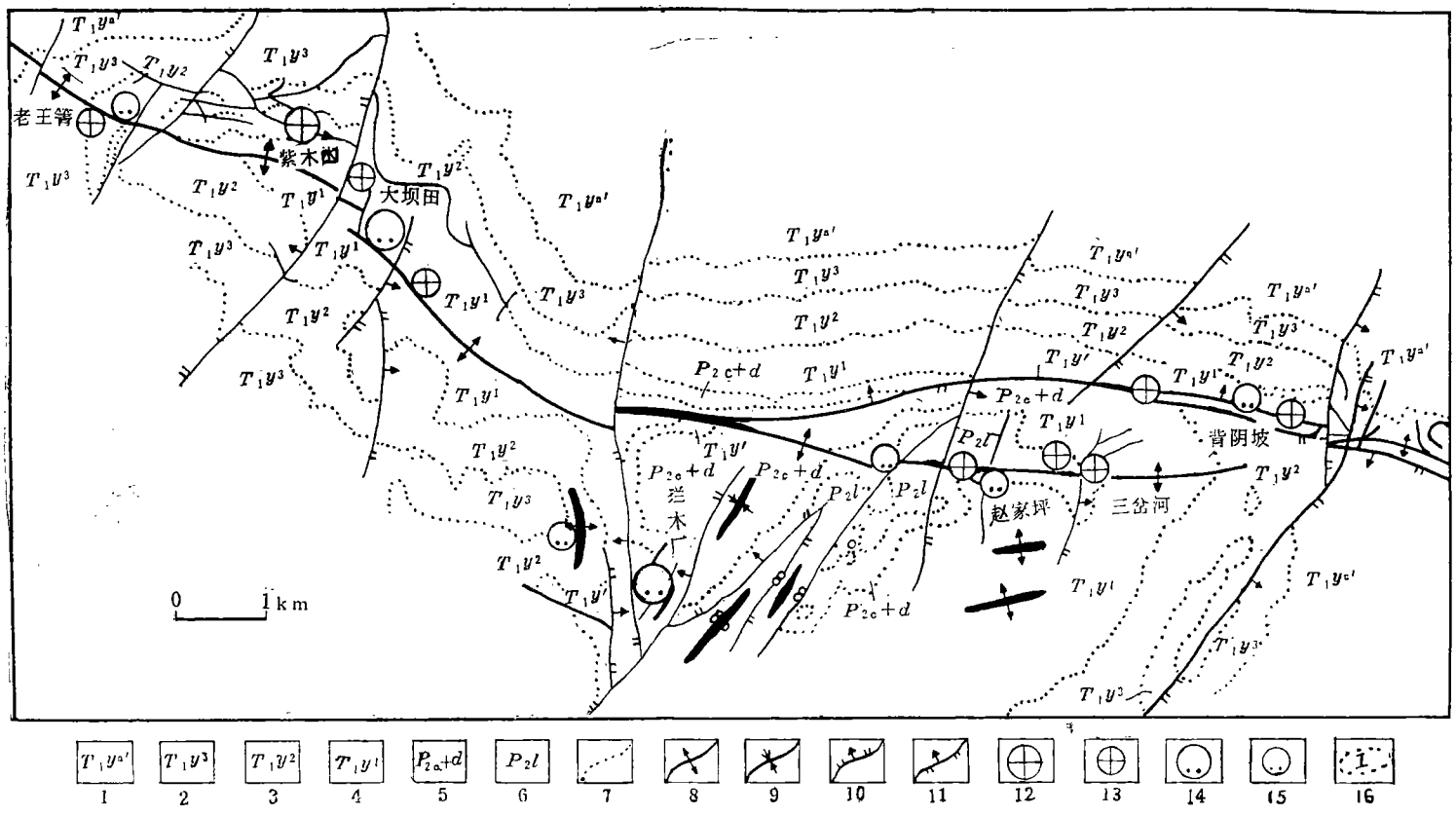


图 1　赵家坪矿带地质矿产略图（据贵州 105 队）

1—永宁镇组第一段　2—夜郎组第三段　3—夜郎组第二段　4—夜郎组第一段　5—长兴，大隆组　6—龙潭组　7—地层界线　8—背斜　9—向斜　10—正断层　11—逆断层　12—金矿床　13—金矿点　14—汞矿床　15—汞矿点　16—土壤化探异常带及编号

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

矿带从东向西分布着十几个汞金矿床（点），且多数分布在背斜轴部或近轴部的两翼地层中，严格受构造控制，汞金矿床（点）多沿断裂呈带状分布，而且多数控制汞矿床（点）的断裂也是控制金矿床（点）的断裂。断裂以北东向、南北向和东西向较为发育，多为压扭和张扭性质，具多期活动的特点。在矿带中，多数汞金矿化和矿体的分

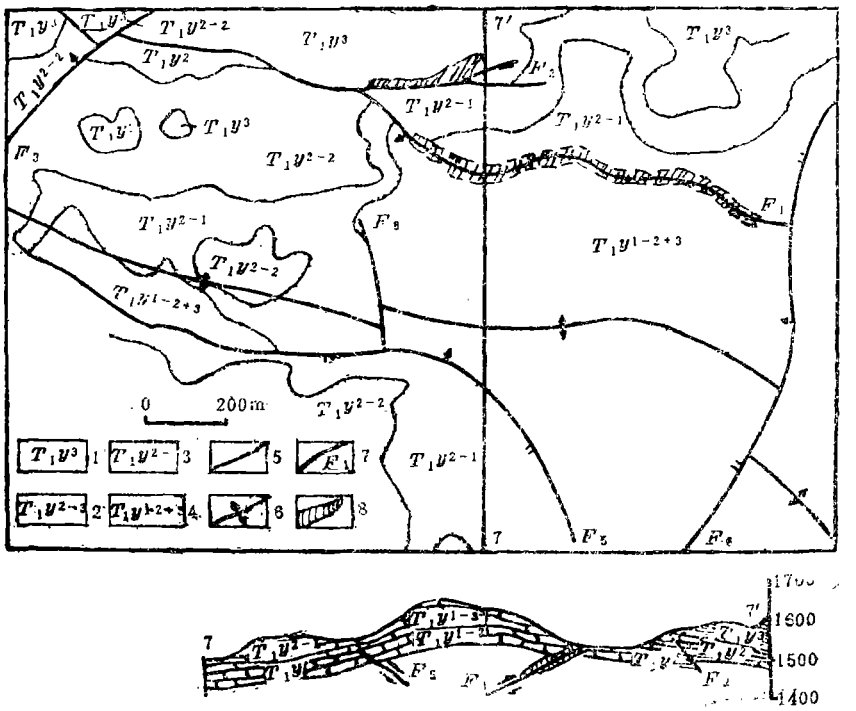


图 2　紫木凼金矿床地质略图（据贵州 105 队）

1 一夜郎组第三段　2 一夜郎组第二段第三层　3 一夜郎组第二段第一层　4 一夜郎组第一段第三层第二层上分　5 一地层界线　6 一背斜轴　7 一断层及编号　8 一金矿体

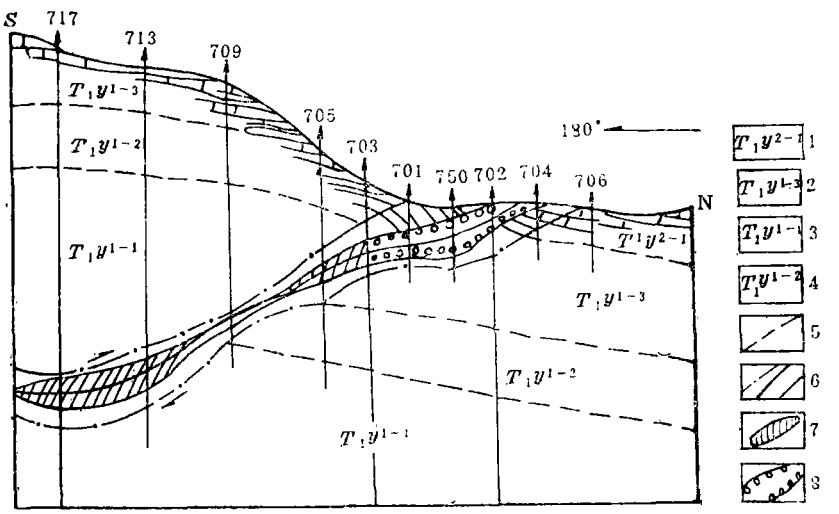


图 3　紫木凼金矿床 7 勘探线剖面图（据贵州 105 队）

1 一条带状灰岩含鲕粒灰岩　2 一粉砂质粘土岩、灰岩云灰岩　3 一灰岩、白云质灰岩　4 一粘土岩、粉砂质粘土岩　5 一地层界限　6 一$F1$断层破碎带　7 一金原生矿体　8 一金氧化矿体

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

布，是受断裂破碎带的展布方向控制，特别是金矿体尤为明显（见图 2、图 3）。矿体的形态变化和品位变化都与所处的断裂部位明显有关，且多数矿体与围岩之间无明显的界线，为渐变过渡关系。

2　地层中汞金含量的概率分布特征

中国地质大学于崇文教授等从 1981 年以来，在我国一些地区从事地层地球化学研究，验证和发展了*A.B.Vistelius* 所提出的“地球化学过程的基本定律”，进而提出了化学元素“丰度”的新定义和计算方法。他的研究表明，一个地质组(群段)内，同一岩类中化学元素的含量服从正态分布，而后期受成矿作用或其它地球化学作用迭加的地质体中，元素的含量频率分布偏离正态，且常为正偏。因此，利用柯尔莫各洛夫——斯米尔诺夫的非参数正态检验方法，可以对该元素是否参与沉积——成岩过程的同生沉积，或参与后期迭加的地质作用进行区分与判别。凡是元素含量的概率分布一次通过正态检验，则可认定曾参与了同生沉积作用，构成沉积背景或“初始本底”；而经剔除方能通过正态检验的元素，则可认定参与了后期迭加的地质——成矿作用。

表 1　地层中 Hg、Au 含量的正态检验统计结果及 Hg 与 Au 的相关关系

采样位置	层　位	样品数	元素	一次通过(+)	剔除通过(0)	未通过(−)	Hg与Au的相关系数(12)	相关性检验 $r(0.05)$
矿带外围	T_1y^2	26	Hg	+			0.36	0.38
			Au	+				
	P_1m	10	Hg	+			0.59	0.63
			Au	+				
矿带内	T_1y^1	13	Hg	+			0.35	0.55
			Au	+				
	P_2c+d	13	Hg	+			0.47	0.55
			Au	+				
	P_2l	12	Hg		0		0.71	0.60
			Au	+				
矿区内（偶见矿化）	P_2L-T_1y	30	Hg			−	−0.21	0.35
			Au		0			

注：由安树仁、陈桑明等取样，贵州省地矿局109队测试。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

赵家坪汞金矿带及外围各地层中汞金含量的正态检验结果如表1。从表中可知，在矿带外围和矿带内矿区外围的各地层中（Prm、P_2L、P_2c+d、T_1y），其汞金含量都是一次通过正态检验，说明汞金元素在整个矿带的地层中参与了同生沉积作用，即汞金等与沉积物一起经历了沉积成岩作用。而在矿区内地层中的汞金含量分布形式，则需经剔除方能通过正态检验，或根本就不能通过正态检验，反映汞金受到了后期的成矿作用影响。这与我们在采样时偶见辰砂矿化，并有不同程度的硅化、黄铁矿化、高岭石化等蚀变现象相吻合（因为黔西南的金多为不可见金，肉眼更难确定其金矿化的强弱），说明汞金等元素在地层中受到了成矿热液的改造，发生了迁移和富集。

汞、金元素的地球化学性质很接近，在成矿作用中，它们常常相互伴生，但在空间分布上，又有一定的差别。汞金的这种既相联系又有区别的特性，主要由它们的元素地球化学特征所决定，同时，还反映了与一定的地球化学环境有关。表1各地层中汞金的相关关系表明，在各地层的沉积过程中，除龙潭组中汞与金的相关性显著以外，其它地层中汞与金的相关性都不显著，而且有由龙潭组→长兴组→夜郎组地层中汞与金的相关系数逐渐降低的趋势(0.71～0.47～0.35)。这可能与玄武岩喷发对地层中汞金来源的控制作用有关，因为在茅口晚期和龙潭期地层沉积时，黔西南地区广泛出现玄武岩喷发，从而提供了大量的汞金等成矿物质（汞金在基性超基性等地慢岩中的含量，较地壳中其它类岩石都高。根据我们在晴隆大厂采集的几个玄武岩样品的等离子光谱测试结果证明，汞与金的含量有正相关的趋势，见图4），由于汞与金具有相同的物质来源和沉积环境，因而它们之间的关系密切，相关性较显著。而它们之上的地层，如长兴组和夜郎组等在沉积时，由于火山作用对它们的直接影响相对较小，所提供的汞、金等成矿物质亦相对较少（可能靠玄武岩的风化剥蚀作用提供），同时，其它陆源物质带来的较多汞、金元素的混合，使它们的相关关系变得疏远。因此，从这一点出发，也可以反映玄武岩对地层中汞金含量影响的直接和间接控制作用。另外，在明显矿化的地层中，汞与金的相关系数为负值（－0.21），反映了后期的热液改造成矿作用使汞与金在一定程度上发生分离，这与汞、金矿床（点）在空间分布上有一定距离，也与矿石中一般汞含量高，金含量较低的地质事实相吻合（图5）。

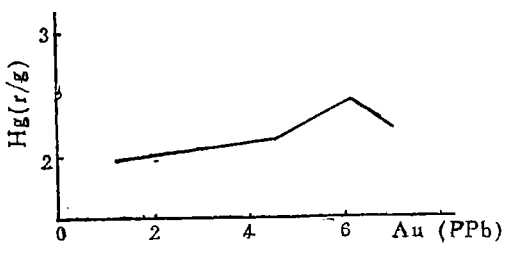


图4 玄武岩中Hg、Au相关图
（安树仁和笔者送样，地化所测试）

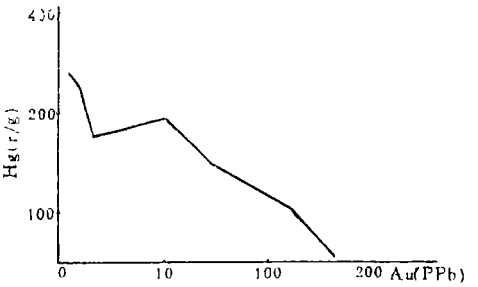


图5 滥木厂汞矿矿石中Hg、Au相关图
（安树仁和笔者送样，地化所测试）

3 汞金元素的丰度

根据于崇文教授等（1986）提出的化学元素丰度的新定义和计算方法，即通过非参

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

数的正态检验，剔除不服从正态分布的离群样品，就可以消除后期迭加作用的影响，从而求出沉积岩中某一元素的最佳近似值。笔者根据此方法计算了本区各地层中汞金的丰度值（见表 2 ）。

表 2　地层中汞金丰度及浓集系数一览表

主要岩性	层位	本区丰度		沉积岩平均含量		浓集系数（K）		富集(+)或贫化(−)	
		Hp(ppm)	Au(ppb)	*Hg(gpm)	**Au(ppb)	Hg	Au	Hg	Au
碳酸盐岩	T_1y^2	0.248	2.746	0.04	2	6.2	1.4	+	+
碳酸盐岩、粘土岩	T_1y^1	0.32	2.370	0.22	2.5	1.47	0.95	+	
碳酸盐岩	P_2c+d	0.459	2.274	0.04	2	10.47	1.13	+	
砂岩、页岩、粘土岩	P_2L	0.913	3.02	0.21	2.7	4.35	1.08	+	
碳酸盐岩	P_1m	0.385	3.473	0.04	2	9.63	1.74	+	

*据涂和费，**据维德波尔，1974。

某元素的浓集系数反映了该元素在某一地区的相对富集和贫化程度。浓集系数K等于本区某岩类中某元素的丰度除以全球该岩类中此元素的平均含量。据于崇文教授等（1986）多年的经验总结，一般，当$K>1.5$时为显著富集；$0.5\leqslant K\leqslant 1.5$，为该元素与全球某岩类中的平均含量近似；$K<0.5$为显著贫化。从表 2 中可知，汞在本区出露的地层中，其浓集系数多大于1.5，表现为明显富集。总的看金与全球沉积岩的平均含量相当。如果单独考虑本区粘土岩中汞的含量，其富集程度也是明显的。根据贵州地矿局105队的资料，夜郎组粘土岩类金的平均含量为 15ppb；而我们在本区夜郎组粘土岩中取样分析的结果，金含量在1.9～8.7ppb之间，平均为4.84ppb，其浓集系数为1.94（但我们所取龙潭组粘土岩样品中金含量平均为 13.4ppb），可见本区地层中汞金的相对富集作用是较明显的，说明在沉积作用的过程中汞金已初始富集，即形成了矿源层。

4　地层中汞金的物质来源及其与峨嵋山玄武岩的关系

地质历史时期的任何一次火山喷发，对以后的沉积作用和沉积环境都必然产生极大的影响。喷发的大量火山物质不但在沉积地层中可以找到痕迹，而且它使沉积地层的化学成分也相应发生变化，形成地层中的某些元素显著增加或减少。黔西南众多的汞、金、砷、锑矿床（点）多赋存在P_2和T_1地层中，从矿床产出的空间位置和成因联系上看，玄武岩喷发时直接成矿的可能性不大，但火山活动对成矿的间接控制作用是不能否认的。

大量的岩石薄片鉴定资料（表 3 ）表明，赵家坪汞金矿带沉积地层中，都不同程度地含有火山物质，无论是碳酸盐岩还是粘土岩，其中所含玄武质成分主要有斜长石和玄武岩屑，并有少量的黑云母和电气石等，而这些成分又在粘土岩和砂岩中居多，有的可达40%左右（各种岩石所含玄武质成分的多少，与岩性本身及所处的岩相古地理环境有

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

关）。另外，我们在滥木厂汞铊矿床，所取的岩矿薄片送地矿局检测结果表明，其中有的细矿岩（如$MR-3$，P_2L层位）中玄武岩屑达45%(多已发生蚀变)，长石达2%，故岩石应定名为玄武岩屑细砂岩。

表 3 各地层主要矿物含量统计表

采样地点	层位	岩石类型	方解石	白云石	粘土矿物	斜长石	玄武岩屑	黄铁矿	赤铁矿	有机质
紫木凼*	T_1y	灰岩、泥质灰岩	70—95	0—5	0—15	0—10	<1	<1	5—10	
		泥灰岩、云灰岩	40—80	0—53	0—25	0—25	0—3	<1		
		白云岩、泥云岩	0—15	45—85	10—30	0—15	0—3	<1		
		钙质、泥质粉砂岩	0—35	0—35	0—30	30—60	0—20	<1	5—20	
		钙质粉砂质粘土岩	5—25	0—25	35—65	10—30	<1	<1		<1
		黑色粘土岩	0—5		>70	0—1	<1	0—5		10—20
	P_2d	钙质粘土岩	20—40		50—70	1—2		<1		
王家山	P_2c	泥质灰岩	65		20		15			<1
		泥质灰岩	65	<5	20	1—2	15			
		粘土岩	15		40	25	15			<5
	P_2L	生物碎屑灰岩	80			5	10		<1	<5
		白云岩	10	60	5		25	0—5		
滥木厂		玄武岩屑细砂岩	10		25	2	45	<1		10
		粉砂岩	<10		30	35	5—30			<1

注：偶见白云母、黑云母、电气石、锆石等未列入表中；*据郭振春及笔者送样品鉴定.

从以上资料看出，上二迭统和下三迭统地层中，含玄武质成分是普遍的现象。从上二迭统到下三迭统各地层中所含玄武质成分有逐渐降低的趋势，这种趋势对各地层中汞金的含量产生了一定的影响（见表4）。表中我们统计的数据与105队的数据基本吻合，汞金含量都在峨嵋山玄武岩中最高，向上向下都降低，而且汞含量随地层中玄武质成分含量降低而降低的趋势较明显。

微量元素之间的相互关系往往能较好地反映出地层中初始物质来源的某些信息。滥木厂汞铊矿床微量元素的R型聚类分析（图6，$N=43$）表明，与汞关系最密切的是Ni、P、Co、Zr、W等，其中Ni、Co、Zr、W等为过渡族元素，是基性岩中分布较广、含量较高的元素，而且它们在沉积围岩（$P_2L\sim T_1y$）中的含量都很高，相对于沉积岩的克拉克值，它们分别富集了Ni8.4倍、Co54倍、Zr1.4倍和W1.9倍。P也是在矿带中高度富集的元素，在围岩和矿石中分别为1762 ppm和2100ppm，比玄武岩中P的含量（1300ppm）还高。所以，Hg与Ni、P、Co、Zr、W等密切相关，从一个侧

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　地层中Hg、Au含量

采样位置	层位	样品数	Hg(ppm)	Au(ppb)	采样位置*	层位*	样品数*	Hg(ppm)*
						T_2g	14	0.119
赵	T_1y^2	26	0.248	2.746		T_1yn	17	0.212
家	T_1y^1	13	0.289	2.327	黔	T_1fn	9	0.214
坪	P_2c+d	13	0.459	2.274	西	P_2c	17	0.832
矿	P_2l	12	0.913	3.02	南	P_2w	126	1.41
带	$P_2\beta$	33		5.42		$P_{1-2}\beta$	16	2.23
	P_1m	10	0.385	3.473		P_1m	18	1.59

*据李良玉等.

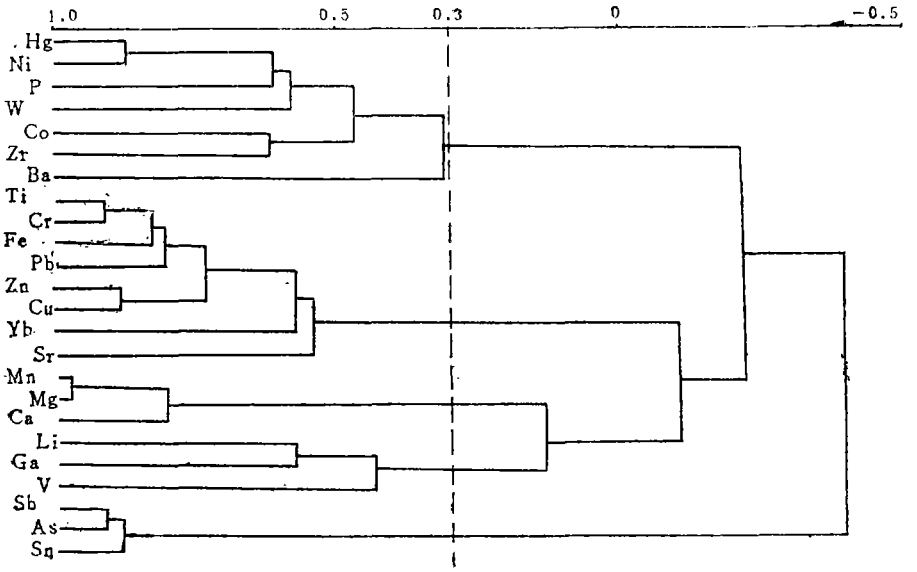


图 6　滥木厂汞矿R 型聚类分析谱系图

面也反映出地层中汞金的高含量与峨嵋山玄武岩的内在联系。

图 7 是赵家坪矿带中滥木厂汞铊矿床矿石和围岩的稀土配分模式。不难看出，辰砂——重晶石矿石与灰岩的稀土模式相似，而辰砂——高岭石矿石则与页岩的模式大体一致，说明成矿物质来自赋矿地层中的岩石（页岩、砂岩和灰岩等），成矿为就地取材，赋矿层即为矿源层（P_2和T_1）。且将滥木厂页岩的稀土模式与晴隆大厂的玄武岩和煤系中的页岩的稀土模式进行对比，三者大体相似，说明本区矿源层的形成与玄武岩有关，是玄武岩的喷发及其以后的剥蚀作用，使地中汞金等成矿物质到达了初始富集，

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

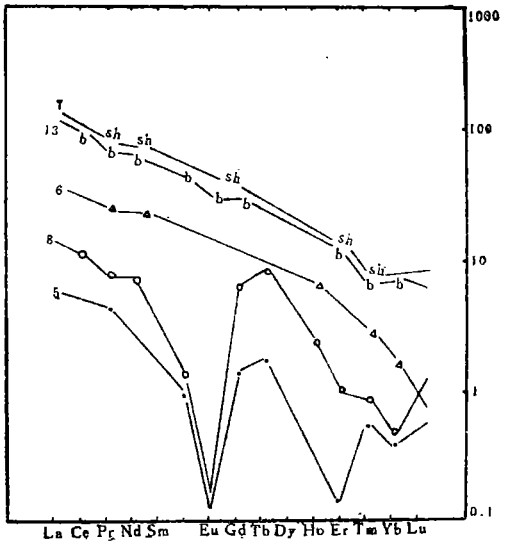


图 7 滥木厂汞铊矿各类样品REE模式（据陈代演）
5－辰砂重晶石矿石 6－辰砂高岭石矿石 7－页岩 8－灰岩 13－大厂暗色致密玄武岩

5 构造—热液改造成矿作用初探

赵家坪汞金矿带与我国南方众多的微细浸染型金矿（如滇黔桂“金三角”地区的其它金矿、川西北地区、长江中下游地区和湘中地区的金矿）一样，构造在其形成和演化过程中起了重要的作用，它们是断裂——中低温热液微细浸染型层控矿床（晏久平，1989）。

构造地球化学的发展，为我们对受断裂控制，特别是赋存在韧性剪切带中金矿的研究提供了前景。广东河台金矿是赋存在韧性剪切带中的大型金矿。众多的专家学者（如马金龙、吴学益、凌井生、陆建军、王鹤年、周崇智、段嘉瑞等，1989）对其做了详细的研究。结论表明，随着韧性剪切带的发展，Au、Ag、Cu、As等元素发生活化迁移，并随着糜棱岩化作用的加强金逐渐富集，在应变最强的超糜棱岩内最富集，而且“矿体规模与控矿韧性剪切带规模及应变强度有关，一般韧性剪切带规模大且应变强，则矿体规模大；反之规模小。”他们的研究结论与邹焕炎（1989）对受韧性剪切带控制的江西金山金矿的研究结论完全一致。

实验构造地球化学为构造成岩成矿理论提供了实验依据。地化所吴学益和夏勇等所做的大量高温高压实验表明，在一定的温度和压力下岩石将发生变形、破裂和重结晶，同时，岩石中的成分(如Au、Ag、Cu、Fe、Pb、Zn、Sb、Hg等)也将发生活化转移，并在一定的裂隙系统中重新富集（如对贵州板其微细浸染型金矿的构造成岩成矿模拟实验，其含微细金的细砂岩、粉砂岩在温度为550～600℃，围压为2—3Kbar，轴压为3—6Kbar，时间为30—40小时以上的实验条件下，能使样品中的Au活化迁移，并以细脉的形式充填在新生裂隙中。又如对龙水含金石英脉型金矿构造控矿模拟实验，三轴高温高压下，试样中Au产生活化迁移，Au、Si分离，金相对富集，金粒多充填在新生

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的裂隙或裂隙附近）。不但对汞金矿床如此，对其它矿床（如夏勇等对晴隆大厂锑矿邱小平对凡口铅锌矿、刘亮明对海南石录铁矿等的实验）也有类似的结论。这些实验都有力地证明了涂光炽先生(1984)关于“构造是完成某些地球化学作用的驱动力”的结论。

耗散结构理论在地质领域的研究（孙岩等，1988；杨国清、李强等，1989）表明，断裂系统具备形成耗散结构的完备条件，断裂是一种相对的开放系统，可处于远离平衡状态而形成一种非平衡体系，且存在着随机涨落，会产生非线性相干效应。“既然矿体是一种耗散结构，那么断裂成矿作用就是断裂活动的一种必然结果”（李强，1989）。耗散结构理论为构造成岩成矿作用提供了一定的理论依据。

成都地质学院的周济元等（1989）用构造地球化学的研究方法，对四川松潘县东北寨受跨石崖断裂控制的微细浸染型金矿的详细研究后，认为该矿床的成因“主要是构造动力激发元素活化驱动液运移、影响矿质聚集成矿”，并用此理论进行了成矿预测，取得了显著效果。赵家坪汞金矿带的控矿地质条件与东北寨金矿十分相似，断裂构造不但控制了矿体（矿化体）的展布，而且还控制了矿体的具体赋存部位和矿石的品位变化，因此，笔者认为赵家坪汞金矿带的形成，是同生沉积作用形成矿源层，构造运动和地热形成的应力场和热力场驱驶成矿元素活化，导致矿液的形成和迁移，然后在有利的构造部位富集成矿。

（上接33页）

国家教委科技司胡龙孙处长介绍了“八·五”攻关课题及争取立题的有关问题。

有 9 位代表就“东西部关系调整与西南开发”、“能源开发的资金的取向”、“开通南方丝绸之路对西南经济发展的战略意义”、“开发西南的金三角——攀西——六盘水地区的战略设想”、“西南教育发展战略”、“西南地区地方工业的育成问题的思考”、“西南交通发展战略”、“云南澜沧江流域的开发及国土规划的设想”等研究专题在大会上发了言。然后分专业组、分地区进行了小组交流研讨。

国家教委科技司李仁和处长就西南开发研究的指导思想、总体目标、工作重点、开发研究与决策的关系、基础与应用研究的关系等问题作了重要发言。

会议中协调组和学术组多次召开工作会议，讨论和研究了1990年度的工作。

通过会议，与会代表一致认为，三年来西南高校开展西南开发的战略研究的工作是有成绩的，但工作仍处于起步阶段，研究的问题还比较分散粗浅，有待于近一步深入。与会代表认识到，现在国家已把加速西南的开发正式提上议事日程，这就为研究提供了新的机遇和条件，应当充分利用有利形势，不失时机地抓住新的转机，在更高的层次和水平上把研究工作进一步开展下去。与会代表示，今后要在分层次、分专业、分省、区、分课题等分散研究的基础上，集中优势力量，加强综合性研究，尽快形成总体开发战略，尽快地、主动地向国家和地方政府汇报，加强对话，争取各级领导机关的支持和帮助，把西南高校这支科研队伍作为重要依靠力量，给任务，给条件，使西南高校的开发研究与各级政府的工作同步协调进行，及时地把开发研究的成果提供给各级政府作为决策的重要依据。

会议决定近期集中优势力量，在重庆大学尽快形成“关于西南开发若干问题的建议”的综合研究报告及农业、能源、交通、资源、教育、科技等支撑报告。年内编辑出版《西南开发研究》文集在内部发行。云、贵、川交界的“金三角”——攀西——六盘水区域开发的综合研究，争取立项，列入国家研究计划。1990年四季度国家召开“西部地区资源开发与经济发展战略学术研讨会”，西南各高校要积极撰写论文，争取有更多的同志参加这个重要的研讨会，交流西南高校的研究成果。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参考文献

1 郭振春. 贵州兴仁紫木凼金矿地质特征及成因初探. 贵州地质. 1988; (3): 1～19
2 陈代演. 我国汞铊共生矿床中富铊矿体的首次发现及其成因研究. 贵州工学院学报. 1689; 18(2): 1～19
3 王文广译编. 美国卡林金矿床的氧化带特征及其找矿意义. 国外火山地质. 1988(2): 1～5
4 程光华. 概率统计. 北京: 地质出版社, 1982

GEOCHEMISTRY OF MERCURY AND GOLD IN SEDIMENTARY STRATUM OF ZHAO JIAPING ORE ZONE IN SOUTHWESTERN GUIZHOU

Chen Xinming, Nie Aiguo

(Department of Geological Engineering)

Liu Jiankang

(Guizhou Ferroalloy Company)

Abstract On the basis of geochemistrical research on mercury and gold in the sedimentary process, the writers think that mercury and gold elements in strata of Zhao Jiaping ore zone have undergone a sedimentary process. Because of the control over the mercury and gold contents in strata by the basaltic exhalation existed widely in southwestern Guizhou directly and indirectly in time and space, the original enrichment of mercury and gold elements in strata of this ore zone -- source bed -- was formed. The ore-forming process resulted from the reform of source-bed by tectonics and hydrothermal action.

Key Words Zhao Jiaping Hg-Au Ore Zone; sedimentary geochemistry; tectonics and hydrothermal action

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net