

东至金矿化域Au—As—Sb组合中各元素 地质特征差异性研究*

杨书桐

(南京大学地球科学系)

对皖南东至金矿化域中Au、As、Sb组合特征研究表明,三者在不同矿化阶段及在矿体中的分布规律,不同地质背景的相关组合特征,以及各元素矿化的物化条件均存在很大差异性,在找矿实践中掌握各元素地球化学行为的差异,能更好地指导找矿。

关键词: 金矿化域;矿化元素组合;主矿化期;差异性

在很多卡林型金矿床中,Au、As、Sb等常呈矿化元素组合出现,有时Au与Sb形成金属互化物,多数乃至绝大多数Au呈次显微单体或不可见Au赋存于Fe、As、Sb的硫化物及其硫酸盐矿物中,故常把As、Sb等当作找金的指示元素来预测盲矿体,这是强调它们之间共性的一面。但地质环境的复杂性以及各元素地化性质的差异,又使它们显示诸多分异性特征。

在皖南东至地区,分布一些低品位的卡林型金矿化点,Au、As、Sb呈矿化元素组合出现,肉眼可见辉锑矿脉,70年代末至80年代初,不少地质单位把锑矿脉当作金矿找矿标志,结果遇到了不少困难。通过研究,Au、As、Sb多呈伴生关系,而非严格共生,反映在它们的矿化特征上具有分离性特点,这说明只有正确认识矿化元素之间的共性和异性,才能更好地指导找矿。

金、锑矿化空间的分异性

在皖南东至金矿化域,金常与辉锑矿伴生,在整体空间分布上,它们却呈分离特征。如该区较典型的花山金矿(图1),Au、Sb同沿东西走向的F₁展布,到断裂东端二者开始分离,Au矿转向北东方向,而Sb矿

则继续沿东西向断裂延伸。究其原因,金矿化受早期弧形层间滑动断层控制,F₁是在此断裂上的后期复活,金矿化是早期构造活动的产物,锑矿化则是晚期活动的产物。

Au、As、Sb矿化阶段的分异性

根据野外观察和室内矿相学研究,本区矿化阶段性明显,大致可分为5个阶段,各阶段矿物生成顺序见图2。

1. 成岩后生作用期黄铁矿—毒砂硫化物生成阶段

在此阶段,毒砂在地层中呈浸染状和稠密浸染状聚集,As呈独立矿物存在,是As的主矿化阶段。毒砂多为半自形和自形的柱状、针柱状颗粒,以放射状集合体产于细粒碎屑岩内,热液蚀变不发育。毒砂单晶As含量变化较大,原子百分比变化范围为32~29at%,反映出As矿化过程中温度的不均一性和毒砂快速结晶生长的特点(Delbove, 1990; 杨书桐, 1992)。

2. 早期构造岩浆活动期的金属硫化物—绢英岩化阶段

此阶段是层间滑动断层、同熔型花岗质岩浆及热液活动最密集的阶段,也是金的主

* 本研究为国家“七五”攻关项目子课题。

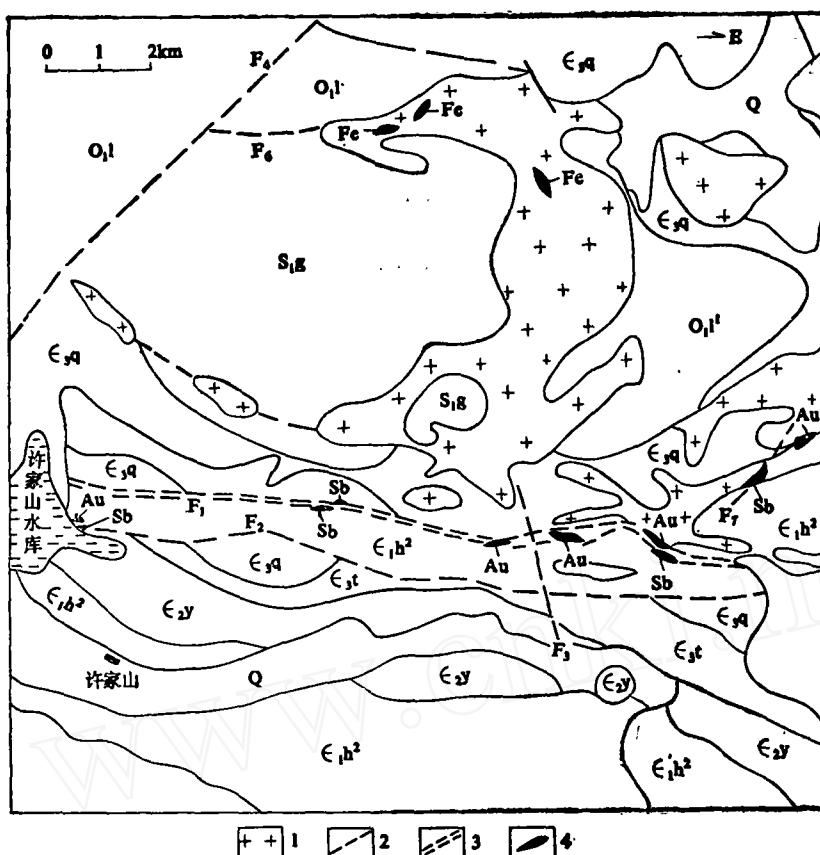


图 1 皖南东至金矿化域花山金矿地质图

Q—第四系；S_{1g}—高家边组粉砂岩；O_{1l}—伦山组白云岩；ε_{3q}—青坑组灰岩及白云岩；ε_{2t}—团山组灰岩；ε_{3y}—泥质条带灰岩；ε_{3h}—炭质页岩，顶部为泥灰岩；1—花岗闪长斑岩；2—断层；3—断裂破碎带；4—矿体

矿物	第一阶段	第二阶段	第三阶段	第四阶段	第五阶段
黄铁矿	▨	▨	▨	▨	
毒砂	▨	▨			
辉锑矿			▨		
石英	▨	▨	▨	▨	
碳酸盐			▨		
绢云母	▨	▨			
褐铁矿					▨

图 2 花山金矿各矿化阶段矿物生成顺序

矿化阶段。与金矿化有关的热液蚀变多为黄铁绢英岩化，呈团块状、条带状、块状以渐

进式交代碳酸盐岩围岩。有黄铁矿、毒砂、闪锌矿、黄铜矿等多种硫化物矿物形成，毒砂多呈脉状，少量的Sb(0.1~0.15%)开始以类质同象形式进入矿物。

3. 后期构造活动脉状辉锑矿矿化阶段

早期金矿化构造活动结束，角砾岩、金矿化蚀变岩亦形成，晚期构造活动使东西向断裂复活，伴之形成各种形状的次级裂隙和孔洞，为辉锑矿的充填提供了有利的空间。辉锑矿以脉状构造为主，针状晶形，解理发育，可见聚片双晶。有少量黄铁矿，毒砂已很少，As开始以类质同象形式进入辉锑矿晶格中，含As0.1~0.3%，但含Au量很少。此阶段以硅化为主，且先于辉锑矿矿

化, 见后者胶结前者。硅化以脉状或团块状为主, 系典型的酸性淋滤作用所致。

4. 第四、五矿化阶段分别为脉状硅化、碳酸盐化和表生氧化阶段

是大量脉石矿物和表生矿物形成阶段, 标志着原生矿化阶段结束。

不同地质背景中Au、As和Sb相关关系的差异性

为了探讨Au、As、Sb在不同地质背景中的相关关系, 作者对80个原生晕样品中Zn、Mn、Co、Cu、Ni、Sr、Ti、Pb、Ba、Cr、V、Au、As、Sb14个元素的光谱分析结果(由华东有色地质勘查局研究所实验室测试, 数据略)作数据处理。首先通过因子分析把样品分为两类来考虑, f_1 因子为Cr、V、Ti等基性元素组合, 为地层背景类; f_2 因子为Au、As、Sb组合, 为矿化背景类。

1. 地层背景中元素相关特征

在地层背景中的相关矩阵上(表1), Au与As的相关系数为0.92, 而与Sb的相关系数仅有0.28, 这说明在早期地层沉积成岩作用期, Au与As相关性更密切, 因为主要载金矿物黄铁矿在早期就与毒砂共生在一起了。另外在R型聚类谱系图上(图3), 成矿

元素Au、As、Sb组与地层背景元素Cr、V、Ti组分离还不明显, 它们之间还具有一定的相关性, 这说明成矿作用前元素之间的相关组合性不强, 彼此都很分散, 矿化元素还没有与其他元素分开。

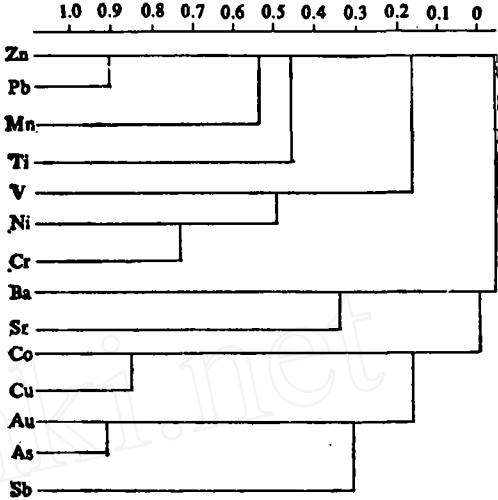


图3 地层背景中R型聚类分析谱系图
(南京大学现代分析中心测试)

2. 矿化背景中元素相关特征

在矿化背景中的元素相关矩阵上(表3), Au与As的相关系数为0.36, 与Sb的相关系数为0.53, 两者相差不大, 说明在矿化过程中三元素显同类型特点。在R型聚类谱系图上(图4), 矿化元素Au、As、Sb组与地层

东至金矿化域地层背景中元素相关矩阵 表1

	Zn	Mn	Co	Cu	Ni	Sr	Ti	Pb	Ba	Cr	V	Au	As	Sb
Zn		0.53	0.17	-0.06	0.21	-0.17	0.50	0.91	-0.09	0.10	0.14	-0.05	-0.09	-0.08
Mn			0.21	-0.01	0.08	-0.26	0.45	0.58	-0.05	-0.16	-0.06	-0.21	-0.15	-0.06
Co				0.88	0.29	-0.20	0.22	0.17	-0.24	-0.02	0.24	-0.06	0.25	0.15
Cu					-0.01	-0.13	-0.20	-0.02	-0.13	-0.22	0.15	-0.01	0.31	0.20
Ni						-0.14	0.55	0.05	-0.10	0.74	0.28	0.05	0.09	0.07
Sr							-0.19	0.36	-0.18	-0.36	-0.23	0.26	0.22	0.24
Ti								0.33	-0.13	0.34	0.21	-0.06	-0.14	0.00
Pb									-0.10	0.00	0.09	-0.06	-0.09	-0.12
Ba										-0.06	-0.04	-0.03	-0.06	0.08
Cr											0.64	-0.09	-0.14	0.24
V												-0.06	0.02	0.34
Au													0.92	0.28
As														0.33
Sb														

东至金矿化域矿化背景中元素相关矩阵

表 2

	Zn	Mn	Co	Cu	Ni	Sr	Ti	Pb	Ba	Cr	V	Au	As	Sb
Zn		0.26	0.25	0.57	-0.26	-0.11	-0.33	0.04	-0.11	-0.17	-0.21	-0.12	0.17	-0.00
Mn			0.21	0.40	-0.17	-0.10	0.06	0.27	-0.42	-0.14	-0.18	0.40	0.13	0.33
Co				0.01	0.10	-0.12	0.68	0.28	0.53	0.38	0.68	0.40	0.13	0.01
Cu					0.31	-0.08	0.24	0.54	-0.34	-0.42	-0.26	-0.27	-0.02	-0.17
Ni						-0.02	0.79	0.12	0.79	0.61	0.92	0.23	0.07	-0.18
Sr							-0.22	-0.49	-0.00	-0.26	-0.09	-0.09	-0.05	-0.25
Ti								0.31	0.57	0.53	0.87	0.17	-0.02	-0.06
Pb									-0.17	-0.12	0.05	0.01	0.17	0.12
Ba										0.60	0.81	-0.05	0.07	-0.22
Cr											0.64	0.09	0.23	-0.05
V												0.01	-0.06	-0.30
Au													0.36	0.53
As														0.40
Sb														

背景元素Cr、V、Ti组分离开了，相关性也小了，这说明成矿作用使Au、As、Sb发生了改造和富集，与地层背景元素分离开来。

以上特征说明Au、As、Sb在不同地球化学作用系统中显示不同的地球化学性质。在沉积作用背景中，As、Au得到较好的初始富集，二者具明显的地球化学亲合性；在后期成矿作用过程中，三元素为同一组合，“脱离”地层地球化学背景，Sb加入Au、As组合，显示矿化背景特征。

Au、Sb成矿作用物 化条件的差异

1. 包裹体成分特征(表3)

由表3可以看出，含Au石英脉之石英包裹体中含As、S相对高，Cl、F相对低

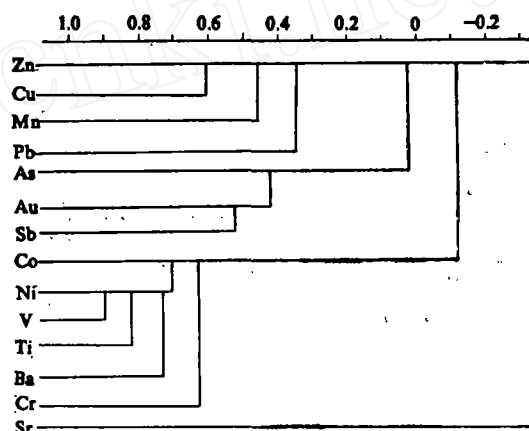


图 4 矿化背景中R型聚类分析谱系图

些， $K/Na > 1$ ，且盐度不高(2.85equiv. wt%)，Au浓度(0.8ppb)不饱和，pH值显示中性或弱酸性，Eh值较辉锑矿低的多。表明Au矿化是在弱酸性、弱氧化溶液系统

含金石英脉和辉锑矿包裹体成分特征

表 3

矿 物	试 液 分 析 结 果 (%)													
	pH	Eh (mV)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ³⁺	(10 ⁻⁶)			HCO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
								Au	Sb	As				
石 英	6.94	44.43	1.35	0.84	1.12	0.85	0.39	0.8	215	2000	6.03	0.021	0.31	12.26
石 英	6.70	58.63	0.57	0.23	25.73	0.31	0.31	0.6	370	1500	5.44	0.42	0.25	4.55
辉锑矿	2.85	286.39	0.48	0.76	5.12	1.48	1.50	2.3	1200	30	—	0.48	0.37	259.67

中沉淀富集;而辉锑矿则在强酸性($\text{pH}=2.85$)、强氧化($E_h=286.39\text{mV}$)的溶液中沉淀富集。

2. 红外光谱特征

将与辉锑矿共生的硅化脉制成厚 0.8mm ,长、宽分别为 1.5 和 1cm 的薄片,对其进行 $2000\sim 4000\text{cm}^{-1}$ 的红外光谱扫描(图5)。图5中 2230cm^{-1} 为石英本身的吸收峰; $3360\sim 3390\text{cm}^{-1}$ 为 H_2O 的吸收带; 2350cm^{-1} 为 CO_2 的吸收带。它们的吸收光度分别标为 D_0 、 D_1 和 D_2 ,用 $D=I_0/I$ 求得吸收度,结果发现其 $D_2/D_0=0.03$,明显小于1,反映Au矿化很差(吴尚全,1987);

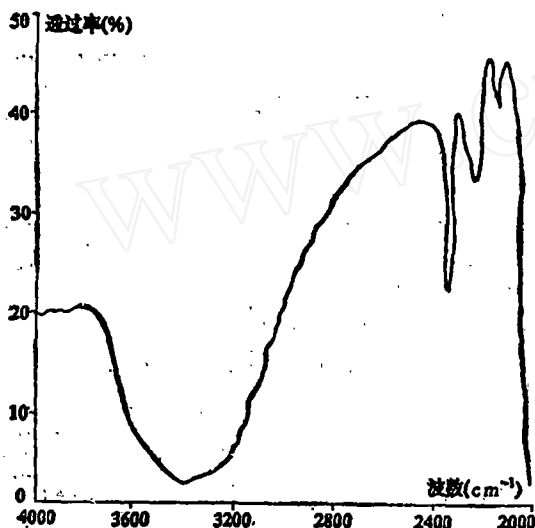


图5 与辉锑矿共生石英的红外光谱图

$D_1/D_0=1.23>1$,反映此硅化脉在超浅成富水条件下形成。

以上资料表明,Au、As具有不同的矿化期,其矿化作用的物化条件有明显不同,金矿成矿在先,锑矿在晚期形成,是不同地球化学旋回阶段的产物。

结 论

皖南东至金矿化域中微细粒浸染型金矿化点较多,矿化元素组合多为Au—As—Sb,以往找矿中只注意到它们的共性和共生规律。本次则通过对其空间分布规律、主矿化阶段、不同地质背景中元素的相关关系以及矿化作用物化条件等的系统研究,发现它们之间的差异性主要是。其主矿化阶段从早到晚依次为 $\text{As}\rightarrow\text{Au}\rightarrow\text{Sb}$;在地层背景中Au与As相关性很强,在矿化背景中Au、As、Sb才更近于统一。这反映了Au、As矿化更具有沉积改造型矿床特征,而Sb矿化则多具后生矿床性质,此结论与地质事实相符合。

工作中得到徐克勤和胡受奚教授的耐心指导和关心,安徽省地科所嵇复元总工程师等给予大力支持,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 涂光炽,《中国层控矿床地球化学》,第一卷,科学出版社,1984年。
- [2] 胡受奚等,《矿床学》,上册,地质出版社,1981年。

Geological Characteristics of Different Elements in the Au-As-Sb Assemblage of the Dongzhi Gold Mineralized Area

Yang Shutong

A study has been made on geological characteristics of different elements in the Au-As-Sb assemblage of the Dongzhi gold mineralized area, Southern Anhui. The results demonstrate that large differences have been found in following aspects: distribution regularities of the elements in ore bodies and in different metallizing phases, their related association features of different geological settings, and physico-chemical conditions for mineralization of different elements. Making a skillful use of these differences in geochemical behaviour will more effectively guide ore prospecting in practice.