

# 江西岩背斑岩锡矿蚀变分带及其主要 蚀变岩的地球化学特征\*

熊小林 朱金初 刘昌实 沈渭洲

(南京大学地球科学系,南京)

**提 要:**通过对野外11条勘探线剖面、72个钻孔岩心的地质编录和室内500多块薄片的系统观察,将岩背锡矿围岩蚀变自下而上划分为三个蚀变带,即黄玉石英化带、绿泥石黄玉石英化带和绢云母石英化带,并对各蚀变带主要蚀变岩进行了系统的岩石化学、微量元素和稀土元素的研究结果表明,蚀变岩氟含量很高,热液中氟的存在有利于Sn、W、Cu及REE的迁移和富集,含氟流体是导致蚀变岩Sn、W、Cu的富集和REE含量增加的主要因素。

**主题词:** 蚀变分带 蚀变岩 地球化学特征 斑岩锡矿 岩背

江西会昌岩背大型斑岩锡矿位于武夷山南段西侧稀有金属成矿带南段,邵武-河源断裂(江西境内为石城-寻乌断裂)与会昌环形断裂的交汇复合部位。矿区内围岩蚀变广泛发育,蚀变类型及其发育程度有效地控制了矿化强度。因此,划分矿区围岩蚀变带,并对各蚀变带主要蚀变岩进行详细的地球化学研究,无疑对认识蚀变与矿化的内在联系以及对指导本区乃至华南斑岩类锡矿的找矿勘探均具有重要的意义。

## 1 矿床地质特征概述

岩背火山盆地(图1)基底地层为寒武系浅变质岩系,出露于盆地东部,盆地东北侧为晚白垩世红层。火山盆地内的岩石为一S型火山侵入杂岩体, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.712\sim 0.716$ ,Rb-Sr等时线年龄为 $(136\sim 126)\times 10^6\text{a}$ <sup>①</sup>。杂岩体由两个喷发-侵入旋回构成:第一旋回为流纹质喷发-侵入岩,是火山侵入杂岩的主体,其中火山岩岩性为钾长流纹斑岩、熔结凝灰岩和凝灰岩;侵入岩(包括密坑山、岩背和其它四个小岩体,图1)岩性均为含黄玉花岗岩(斑)岩,出露于盆地中心和盆地东南边部,火山岩环绕主侵入体密坑山岩体分布。第二旋回英安流纹岩,属次火山岩,沿盆地东南侧的环状断裂分布。

与岩背锡矿有关的岩体为第一旋回岩背花岗岩斑岩体,它的出露面积为 $0.35\text{km}^2$ ,呈岩瘤状。主要矿物为石英(30%~40%)、条纹长石(30%~40%)、钠更长石(10%~15%);次

\* 国家自然科学基金资助项目

熊小林,男,生于1963年3月,现攻读博士学位,从事矿床地球化学专业 邮编:210008  
1993-3-8收稿,1993-4-13修改回。陶景连、刘浩龙编辑

① 熊小林,1992,江西岩背S型火山侵入杂岩的演化及岩背锡矿床矿化特征研究(硕士论文)

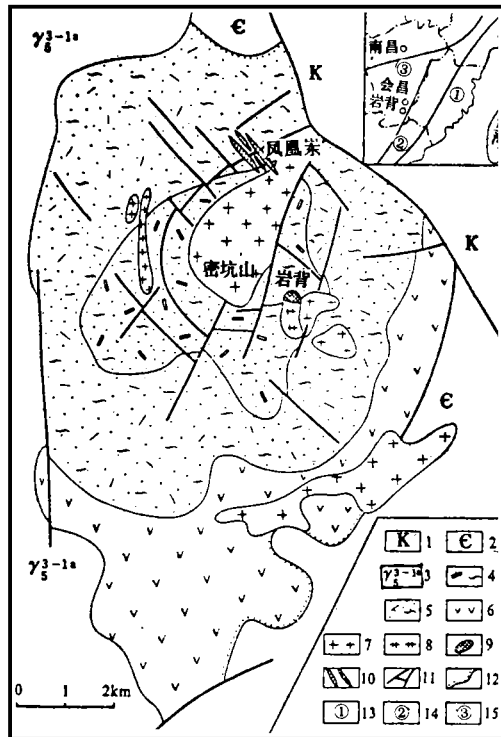


图 1 岩背火山盆地地质简图

1—白垩系；2—寒武系；3—燕山早期黑云母花岗岩；4—钾长流纹斑岩；5—熔结凝灰岩及凝灰岩；6—英安流纹岩；7—含黄玉花岗岩；8—含黄玉花岗斑岩；9—锡矿体；10—含锡黄英岩脉；11—放射状、环状断裂；12—不整合界线；13—政和-大浦断裂；14—邵武-河源断裂；15—萍乡-绍兴断裂

Fig. 1. Diagrammatic map of the Yanbei volcanic basin.

1—Cretaceous; 2—Cambrian; 3—Early Yanshanian biotite granite; 4—K-feldspar rhyolitic porphyry; 5—Ignimbrite and tuff; 6—Dacite rhyolite; 7—Topaz-bearing granite; 8—Topaz-bearing granite porphyry; 9—Tin orebody; 10—Stanniferous topazite dike; 11—Radial and ring faults; 12—Unconformity; 13—Zhenghe-Dapu fault; 14—Shaowu-Heyuan fault; 15—Pingxiang-Shaoxing fault.

要矿物为黑鳞云母 (3%~5%)、黄玉 (1%~4%)，黄玉和黑鳞云母均为填隙矿物，是岩浆最后结晶的产物；副矿物为锡石、磷钇矿、磷灰石和锆石。岩背岩体侵入于与它属同一旋回的钾长流纹斑岩中。钾长流纹斑岩斑晶为微斜长石、石英和更长石，含量10%~20%，粒径2~3mm，少量不透明矿物，基质成分为长英质，具潜晶结构和霏细结构。

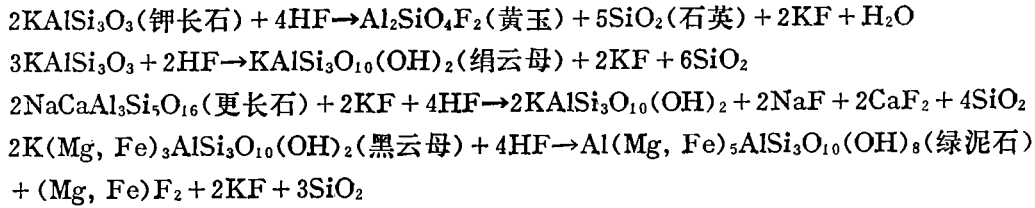
岩背矿区蚀变矿化发育于岩背斑岩体北端顶部与其围岩钾长流纹斑岩的接触带，钻孔揭露表明，主要蚀变矿化带发育于围岩钾长流纹斑岩中。本文首先阐述矿区蚀变类型和蚀变分带，然后详细研究各蚀变带主要蚀变岩的地球化学特征。

## 2 蚀变类型及蚀变分带

### 2.1 蚀变类型

本文作者曾在岩背矿区参加了三年的勘探工作，完整观察和编录了整个矿区11条勘探线剖面，共72个钻孔岩心，并系统对钻孔岩心进行了500多块薄片观察。岩背锡矿主要的蚀变类型可归结为石英化、黄玉化、绿泥石化、绢云母化、萤石化、碳酸盐化、粘土化和钾长石化。

(1) 石英化：热液蚀变形成的石英分布最为广泛，各蚀变地段均有发育，含量随岩石蚀变程度的增强而增加。其产出状态除原生石英的次生加大边外，主要呈它形粒状变晶布于各种蚀变岩石中。蚀变岩中石英含量比原岩要高得多 (达50%~70%)，因为长石的黄玉化、绢云母化及黑云母的绿泥石化均伴随有强烈的石英化：



(2) 黄玉化：蚀变黄玉的发育仅次于热液石英。主要分布于下部蚀变带，多呈细小它形粒状嵌布于石英颗粒之间或聚生在一起，个别呈变斑晶出现。黄玉化强烈地段，黄玉含量可达30%。

(3) 绿泥石化：主要分布于黄玉化的上部，多呈细小鳞片状集合体与硫化物聚生在一起或充填于石英颗粒之间，有的绿泥石与绢云母、石英、黄玉一同交代长石和黑云母而呈长石和黑云母的假象。绝大部分绿泥石形成于黄玉之后，常能见到绿泥石交代黄玉，使其呈不规则状。

(4) 绢云母化：发育于浅部蚀变带，少量产于下部和中部蚀变带，与绿泥石共生。绢云母均呈细小鳞片状集合体，分布不均匀。有的绢云母交代长石呈板状长石之假象，有的交代黄玉，常能见到黄玉中布满细小鳞片状绢云母。

(5) 粘土化：发育于矿床浅部，蚀变弱，常与绢云母化伴生。

(6) 萤石化：贯穿于整个热液蚀变过程的始终，各蚀变带均有萤石的零星分布。

(7) 碳酸盐化：主要矿物为菱铁矿，少量方解石和白云石。碳酸盐化虽较弱，但其分布却十分广泛，各蚀变带均有产出。

(8) 钾长石化：矿区钾长石化十分微弱，仅在岩体顶部局部有零星分布，不构成单独的钾长石化带。

### 2.2 蚀变分带

由上述蚀变类型的阐述，可用图2归纳出矿区蚀变矿物的垂直分布特点。蚀变矿物的分布受接触带控制，微弱的钾长石化仅发育于岩体顶部，石英化、黄玉化在接触带界面附近发育最强，向上逐渐减弱，绿泥石化、绢云母化和粘土化主要发育于外接触带，萤石化和碳酸盐化分布规律不明显。

蚀变矿物在空间上的规律分布，造成了不同部位出现不同的矿物共生组合，自接触带向上，可依次划分出三个明显的蚀变带，即黄玉石英化带、绿泥石黄玉石英化带、绢云母石英化带(图3)。各带蚀变程度，以黄玉石英化带最强，向上依次减弱，黄玉石英化带和绿泥

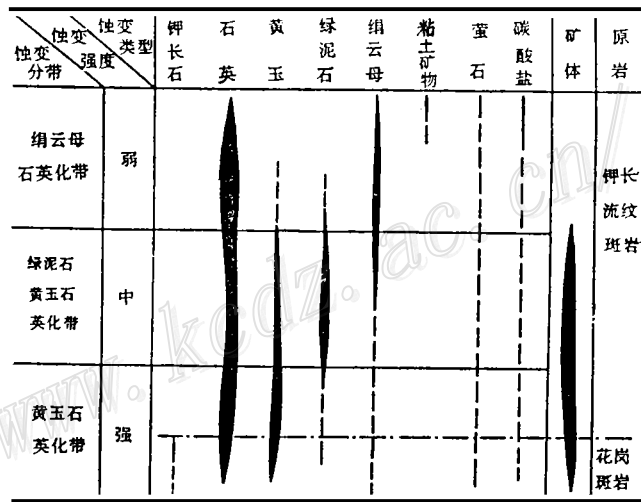


图2 岩背锡矿蚀变矿物垂直分带示意图  
Fig. 2. Vertical zoning of altered minerals in the Yanbei porphyry tin deposit.

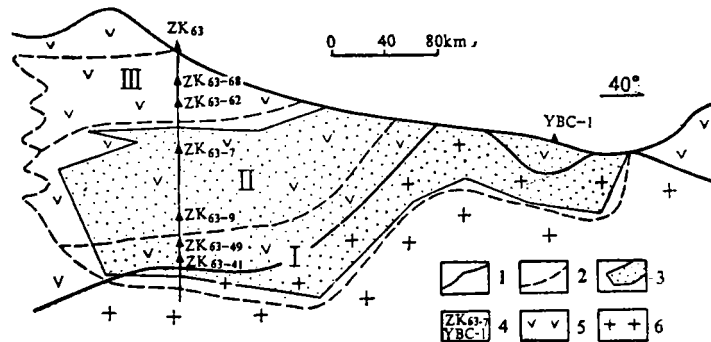


图3 岩背锡矿区08号勘探线蚀变分带剖面图

1—地质界线；2—蚀变带界线；3—矿体；4—取样位置及编号；5—钾长流纹斑岩；6—含黄玉花岗岩；I—黄玉石英化带；II—绿泥石黄玉石英化带；III—绢云母石英化带

Fig. 3. Geological section showing alteration zoning along the No. 08 exploration line of the Yanbei tin ore district.

1—Geological boundary; 2—Boundary of alteration zones; 3—Orebody; 4—Sampling location and serial number; 5—K-feldspar rhyolitic porphyry; 6—Topaz-bearing-granite Porphyry; I—Topaz-quartzification zone; II—Chlorite-topaz-quartzification zone; III—Sericite-quartzification zone.

石黄玉石英化带为赋矿蚀变带，锡石、黄铁矿、黄铜矿等金属矿物发育，绢云母石英化带不具工业矿化，但它是下部赋矿蚀变带的指示标志。

关于岩背锡矿蚀变分带，朱正书曾作过初步的划分<sup>[1]</sup>，他将岩背锡矿围岩蚀变自下而上划分为五个带，即钾长石化、钠长石化带、绿云母化带、黄玉化带、绿泥石化带和绢云母化带。本文作者经过系统而详细的野外编录及室内薄片观察认为，岩背矿区并不存在明显的钾长石化、钠长石化带及绿云母化带，但朱正书所划分的上部三个带则基本与本文的黄玉石英化带、绿泥石黄玉石英化带和绢云母石英化带对应，区别只是本文将各带主要蚀变矿物石英参与了命名。

上述岩背锡矿的蚀变分带模式，与广东银岩、湖南野鸡尾等斑岩锡矿蚀变分带模式基本一致，主要的矿化蚀变带为黄玉石英化带，这是华南斑岩锡矿围岩蚀变的普遍性特征。

### 3 主要蚀变岩的地球化学特征

岩背锡矿三个蚀变带的主要矿物组合可构成三种主要蚀变岩：黄玉石英岩、绿泥石黄玉石英岩和绢英岩（表1）。根据蚀变带的产出部位，黄玉石英岩在内外接触带均有发育，绿泥石黄玉石英岩和绢英岩则主要发育于外接触带钾长流纹斑岩中。为便于蚀变岩和原岩之间的对比研究，作者选择外接触带蚀变岩（原岩均为钾长流纹斑岩）系统取样，进行岩石化学、微量元素和稀土元素的分析测试，结果见表2、表3和表4。所有分析测试结果均由南京大学地球科学系中心实验室测定；铁采用化学分析法测定；氟采用比色分析法获得；其它微量元素采用X荧光光谱法测定；稀土元素采用全岩等离子光谱法测定。

#### 3.1 岩石化学

各蚀变带岩石化学含量用巴尔特氧法进行了计算，为研究各蚀变带主要元素的带进和带

表 1 岩背锡矿主要蚀变岩矿物组成

Table 1. Mineral composition of main altered rocks in the Yanbei tin deposit

蚀变带	蚀变岩	矿 物 组 成		
		主要矿物	次要矿物	主要金属矿物
黄玉石英化带	黄玉石英岩	石英、黄玉	绢云母、绿泥石、萤石	锡石、黄铁矿、黄铜矿
绿泥石黄玉石英化带	绿泥石黄玉石英岩	石英、黄玉、绿泥石	绢云母、萤石	黄铁矿、锡石、黄铜矿、闪锌矿
绢云母石英化带	绢 英 岩	石英、绢云母	黄玉、萤石	黄铁矿、闪锌矿

表 2 岩背锡矿蚀变岩岩石化学 (%)

Table 2. Petrochemical composition of altered rocks in the Yanbei tin deposit

蚀变带	样号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	烧失量	Σ <sup>②</sup>
黄玉石英化带	ZK63-41	76.91	0.04	11.57	0.59	2.10	0.05	0.00	2.91	0.23	0.52	0.00	2.23	97.15
	ZK63-49	66.65	0.04	13.37	7.01	3.00	0.06	0.01	1.15	0.11	0.38	0.00	5.46	97.20
	YBC-1	72.17	0.01	12.19	6.70	0.80	0.03	0.00	0.32	0.04	0.90	0.00	4.16	97.30
	1 <sup>①</sup>	69.24	0.08	13.63	3.15	4.41	0.09	0.04	1.30	0.06	0.09	0.03	3.06	96.18
	2 <sup>②</sup>	73.48	0.08	12.58	1.13	5.32	0.17	0.51	0.63	0.06	1.20	0.03	2.28	97.47
绿泥石、黄玉石英化带	ZK63-9	66.95	0.05	12.37	2.48	11.86	0.17	0.06	1.12	0.26	0.53	0.00	3.51	99.36
	ZK63-7	64.90	0.04	15.15	3.32	9.06	0.09	0.03	1.06	0.15	0.49	0.00	2.97	97.34
绢云母石英化带	ZK63-62	76.94	0.02	13.20	0.71	1.50	0.10	0.09	1.04	0.04	4.35	0.00	2.33	100.32
	ZK63-68	71.93	0.00	15.76	0.94	3.67	0.06	0.01	1.08	0.07	2.63	0.00	2.74	98.89

① 1、2样品来自岩背勘探报告；② ZK63-41、ZK63-49、YBC-1、1、2、ZK63-7 取自矿体内部，其岩石化学总量小于98%是由于含较高的矿化元素 Sn、Cu、Zn 等

出，将蚀变岩巴尔特值与原岩巴尔特值进行了对比，如表 5 和图 4 所示，各种主要元素在三个蚀变带中具基本一致的变化趋势：

(1) K、Na 明显带出，且蚀变越强，带出量越大，表明热液对 K、Na 起淋滤作用。

(2) Al、Fe<sup>3+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Ca、Mn、Mg、Ti 和 P 在各蚀变带均有不同程度的增加，以 Al、Fe<sup>3+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Ca 增加较为显著，表明热液中这些元素含量丰富，这可由蚀变岩中含丰富的热液矿物黄玉（富 Al）、绿泥石（富 Fe<sup>3+</sup>、Fe<sup>2+</sup>）、黄铁矿和黄铜矿（富 Fe<sup>2+</sup>）及萤石（富 Ca）得到反映。

(3) 从表 5 和图 4 看，Si 似乎是带出元素，但这可能是一种假象，造成蚀变岩比原岩 SiO<sub>2</sub> 含量低的主要原因是：大量原子质量比 Si 大的主要元素 Al、Fe<sup>3+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Ca 及成矿元素 Sn、Cu 等的加入，必然造成蚀变岩中 SiO<sub>2</sub> 质量百分含量的相对下降。

### 3.2 微量元素

表 3 岩背锡矿蚀变岩微量元素含量(10<sup>-6</sup>)

Table 3. Minor element contents of altered rocks in the Yanbei tin deposit

蚀变带	样号	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Sn	Hf	Ta	Ga	W	Pb
黄玉石英化带	ZK63-41	47	24.6	61.5	134.7	19.8	6682	7.3	—	13.5	8.0	60.9
	ZK63-49	25.4	9.8	39.0	115.6	14.5	3385	2.2	—	10.6	27.4	50.6
	YBC-1	109.6	3.5	47.8	148.9	46.4	2992	22.7	15.0	5.0	31.8	68.4
绿泥石、黄玉石英化带	ZK63-9	75.8	112.9	26.7	120.7	16.2	685	7.9	—	129.7	10.5	22.1
	ZK63-7	18.9	106.9	34.9	110.2	20.1	4782	3.9	—	171.4	23.2	64.5
绢云母石英化带	ZK63-62	635.9	12.3	39.6	131.0	22.1	42.0	8.6	—	19.1	9.2	25.5
	ZK63-68	350.9	41.6	52.2	118.6	20.4	24.6	6.8	—	21.7	6.5	23.4
钾长流纹斑岩	1	332	33.2	33.4	132.7	22.3	22.3	6.7	—	12.5	2.3	58.6

蚀变带	样号	Zn	Cu	Ni	Ti	V	Cr	Fe <sup>①</sup>	Mn	F <sup>①</sup>	Cl	Sc
黄玉石英化带	ZK63-41	68.5	945.6	1.3	0.05	9.2	231.6	2.03	0.01	5.16	33.6	2.6
	ZK63-49	51.5	767.8	5.2	0.05	—	200	6.8	0.024	4.65	24.0	1.6
	YBC-1	51.5	2978	6.5	0.06	1.4	307	4.72	0.012	3.56	36.0	0.33
绿泥石、黄玉石英化带	ZK63-9	156.8	80.9	2.6	0.06	12.5	321	10.47	0.032	3.10	44.8	3.2
	ZK63-7	243.2	162.9	3.1	0.06	6.2	362	9.06	0.052	4.20	51.2	10.3
绢云母石英化带	ZK63-62	87.2	12.7	8.4	0.05	11.7	43	1.65	0.068	0.652	20.8	7.00
	ZK63-68	159.3	50.4	6.2	0.05	1.8	102	3.43	0.037	2.72	30.4	2.60
钾长流纹斑岩	1	122	28.6	3.5	0.032	9.5	62.5	1.25	0.032	0.11	33.4	6.5

① 为百分含量

表 4. 岩背锡矿各蚀变带稀土元素含量(10<sup>-6</sup>)

Table 4. REE contents of altered rocks in the Yanbei porphyry tin deposit

	未蚀变原岩 <sup>①</sup>		黄玉石英化带				绿泥石化, 黄玉石英化叠加带		绢云母石英化带	
	含黄玉花岗斑岩	钾长流纹斑岩	Hf507 <sup>②</sup>	YBC-1	ZK63-41	ZK63-49	ZK63-9	ZK63-7	ZK63-62	ZK63-68
La	56.00	30.70	86.13	55.80	26.50	28.80	30.40	57.00	32.40	34.40
Cc	88.00	63.20	136.58	124.00	60.80	59.70	60.30	114.00	69.10	74.20
Pr	14.30	7.50	17.38	14.70	7.60	7.30	7.10	12.20	8.20	9.90
Nd	47.00	29.90	51.32	53.60	31.90	29.90	27.40	45.00	33.30	41.10
Sm	12.90	7.00	10.36	12.10	8.60	7.50	5.40	9.90	8.00	11.80
Eu	0.13	0.36	0.14	0.19	0.20	0.59	0.25	1.10	0.38	0.70
Gd	10.80	6.10	6.77	8.20	8.40	6.70	4.10	8.40	6.70	10.80
Tb	2.20	1.00	2.09	1.40	1.40	1.10	0.67	1.50	1.10	1.80
Dy	15.40	6.30	8.28	9.00	8.90	6.80	4.20	9.80	7.30	11.20
Ho	3.60	1.30	2.44	1.90	1.90	1.40	0.87	2.10	1.60	2.20
Er	11.20	3.70	9.61	5.40	5.10	3.90	2.40	6.00	4.50	6.00
Tm	2.29	0.59	1.49	0.97	0.88	0.60	0.40	0.92	0.70	0.92
Yb	15.20	4.00	8.80	7.10	5.90	4.20	2.80	5.80	4.70	5.90
Lu	2.10	0.63	1.49	1.10	0.93	0.68	0.52	0.91	0.76	0.89
Y	109.00	32.43	85.01	44.60	63.00	36.02	26.60	58.40	41.90	51.10
ΣREE	390.14	194.71	428.76	340.06	232.01	194.89	178.41	333.03	220.64	262.91
L/H	1.27	2.46	2.40	3.27	1.41	2.77	3.47	2.55	2.19	1.90
δEu	0.03	0.176	0.05	0.15	0.17	0.22	0.16	0.36	0.15	0.19

①、② 来自笔者硕士论文, 其中含黄玉花岗斑岩为11个样的平均值, 钾长流纹斑岩为6个样的平均值

表 5 岩背锡矿蚀变岩及原岩的平均化学成分和巴尔特值  
Table 5. Average petrochemical composition and Barth parameters of altered rocks in the Yanbei tin deposit

化学成分	①钾长流纹斑岩		②黄玉石英岩		③绿泥石、黄玉石英岩		④绢英岩		带进 (+) 带出 (-)		
	含量(3)	巴尔特值	含量(5)	巴尔特值	含量(2)	巴尔特值	含量(2)	巴尔特值	②与①	③与①	④与①
SiO <sub>2</sub>	76.92	670.38	71.69	655.16	65.93	619.80	74.44	657.33	-15.22	-50.58	-13.05
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.33	0.05	0.34	0.05	0.35	0.01	0.07	+0.01	+0.02	-0.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.87	132.20	12.66	136.36	13.76	152.46	14.48	150.70	+4.16	+20.26	+18.50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.49	3.21	3.72	25.58	2.90	20.52	0.83	5.52	+22.37	+17.31	+2.31
FeO	0.85	6.41	3.13	23.92	10.46	82.24	2.59	19.13	+17.51	+75.83	+12.72
MnO	0.05	0.37	0.08	0.62	0.13	1.04	0.08	0.60	+0.25	+0.67	+0.23
MgO	0.00	0.00	0.31	4.22	0.05	0.70	0.05	0.66	+4.22	+0.70	+0.66
CaO	0.22	2.05	1.26	12.34	1.09	10.98	1.06	10.03	+10.29	+8.93	+7.98
Na <sub>2</sub> O	2.17	36.67	0.10	1.77	0.21	3.83	0.06	1.03	-34.90	-26.84	-35.64
K <sub>2</sub> O	5.09	56.59	0.62	7.23	0.51	6.12	3.49	39.32	-49.36	-50.47	-17.27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	+0.08	0.00	0.00

表中钾长流纹斑岩石化学成分数据来自笔者硕士论文，括号内的数字为样品数

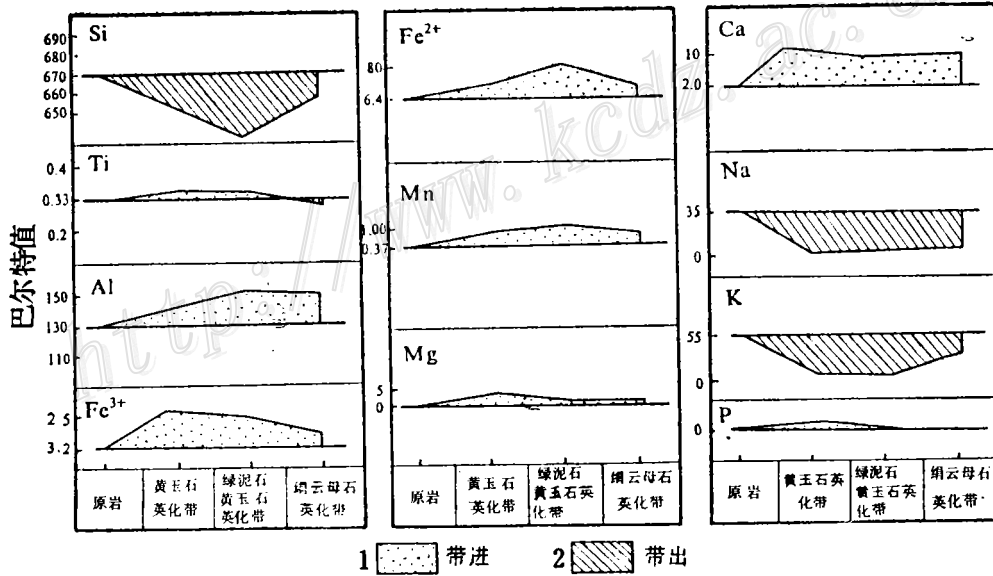


图 4 岩背锡矿各蚀变带造岩元素变化图

Fig. 4. Variations in rock-forming elements of various alteration zones in the Yanbei tin deposit.

1—Brought in; 2—Taken out.

各蚀变带中微量元素的变化趋势如图 5 所示：

(1) F 与金属元素 Sn、W、Fe、Cu 的变化趋势近似，均表现为在赋矿蚀变带含量很高，这种变化趋势反映了热液中 F 的存在有利于 Sn、W、Fe、Cu 的迁移和富集。

(2) Zn、Gd 在各蚀变带中的变化趋势相同, 这是因为它们是地球化学性质类似的元素, Gd 可能以类质同象的形式进入了闪锌矿的晶格。

(3) Zr、Hf、Nb、Y、Sc、Pb、Cl、Ti、V、Cr、Mn、Ni 的含量与原岩相比变化幅度不大, 说明热液体系中基本不含这些元素, 同时说明热液对这些元素不具显著的淋滤作用。

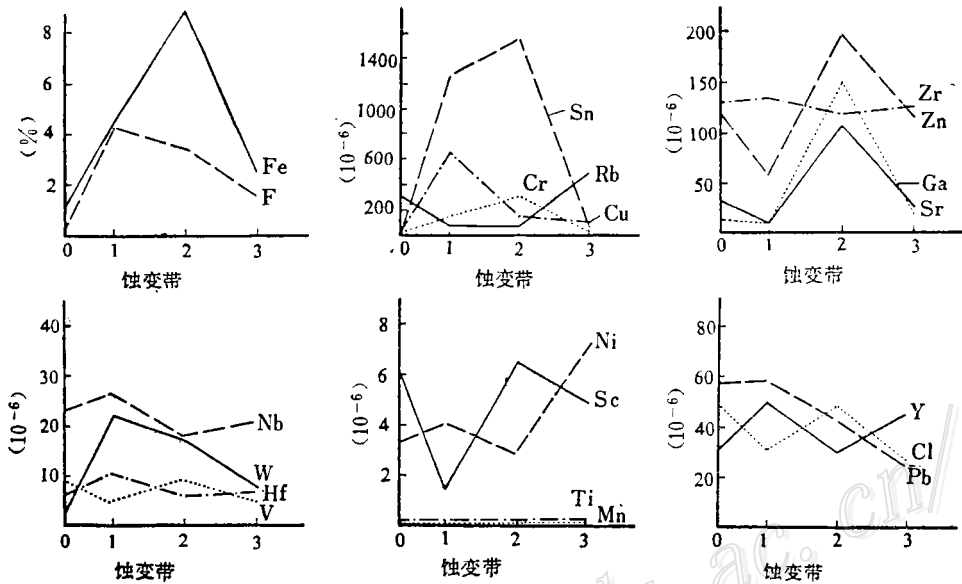


图 5 岩背锡矿各蚀变带微量元素变化趋势图

0—钾长流纹斑岩 (原岩); 1—黄玉石英化带; 2—绿泥石黄玉石英化带; 3—绢云母石英化带

Fig. 5. Variation trend of minor elements in various alteration zones of the Yanbei tin deposit.

0—K-feldspar rhyolitic porphyry (protolith); 1—Topaz quartzification zone; 2—Chlorite-topaz quartzification zone; 3—Sericite quartzification zone.

(4) Rb、Sr 具相反的变化趋势, 这是由它们的地球化学性质决定的, Rb 与 K 类质同象, 因而在绢云母石英化带 Rb 含量高; Sr 与 Ca 类质同象, 故在萤石含量稍高的绿泥石黄玉石英化带含量高。

### 3.3 稀土元素

稀土元素含量见表 4, 配分曲线见图 6。蚀变岩球粒陨石标准化配分曲线继承了原岩的特点, 但蚀变岩的稀土总量大部分高于原岩。蚀变岩样品 Hf507 的  $\Sigma\text{REE} = 428.16 \times 10^{-6}$ , 其原岩含黄玉花岗斑岩  $\Sigma\text{REE} = 390.14 \times 10^{-6}$ ; 其它蚀变岩样品  $\Sigma\text{REE} = (178.41 \sim 340.06) \times 10^{-6}$ , 其原岩钾长流纹斑岩  $\Sigma\text{REE} = 194.71 \times 10^{-6}$ 。蚀变岩稀土总量高于其原岩, 反映成矿热液中含较高的稀土元素。如前所述, 热液中含很高的挥发组分氟, 成矿流体是一种富氟流体, 在这种岩浆热液体系中, 稀土元素与氟形成络合物, 氟的存在有利于稀土元素进入含水流体 (Flynn 等<sup>[5]</sup>, 朱金初等<sup>[2]</sup>), 蚀变岩中稀土元素含量的增加是含稀土热液作用的结果 (Mitropoulos<sup>[6]</sup>, Johnston 等<sup>[7]</sup>)。氟对锡和其它矿化元素有如同对稀土元素一样的影



响,显然, F 对 REE、Sn 及其它矿化元素的富集起着决定的作用。

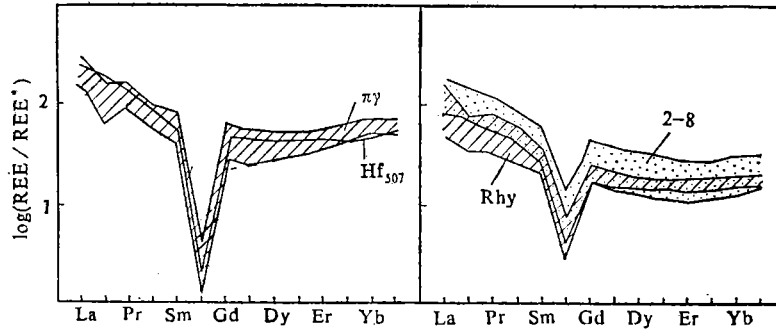


图 6 岩背锡矿蚀变岩及原岩稀土配分曲线

(Rhy、 $\pi\gamma$ 资料来自作者硕士论文)

Hf507—黄玉石英化蚀变岩,其原岩为含黄玉花岗斑岩;2~8—除 Hf507 以外的其它蚀变岩样品,其原岩均为钾长流纹斑岩; $\pi\gamma$ —含黄玉花岗斑岩;Rhy—钾长流纹斑岩

Fig. 6. Chondrite-normalized REE patterns of altered rocks and their protoliths in the Yanbei tin deposit.

Hf 507—Topaz quartzification rock whose protolith is—topaz-bearing granite porphyry;2—8—Samples of other altered rocks, whose protoliths are all K-feldspar rhyolitic porphyry;  $\pi\gamma$ —Topaz-bearing granite porphyry; Rhy—K-feldspar rhyolitic porphyry.

## 4 结 论

(1) 岩背锡矿围岩蚀变自下而上可分为三个蚀变带,即黄玉石英化带、绿泥石黄玉石英化带、绢云母石英化带。前两个蚀变带是赋矿蚀变带,后者是下部赋矿蚀变带的指示标志。岩背锡矿的这一蚀变分带模式反映了华南斑岩锡矿围岩蚀变的普遍规律。

(2) 对各蚀变带主要蚀变岩进行的岩石化学、微量元素和稀土元素研究表明:①K、Na在各蚀变带为明显带出元素,Al、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、Ca为明显带进元素。热液蚀变作用可使长石和云母分解形成黄玉、绢云母、绿泥石,同时伴随强烈的石英化及K、Na的淋失。②热液体系中富含F。F的存在有利于Sn、W、Cu等矿化元素及稀土元素的迁移和富集,Sn等矿化元素和稀土元素可能以氟基络合物形式迁移。蚀变岩中富含氟及较高含量的稀土元素是该类锡矿床的一种重要的指示标志。

## 参 考 文 献

- 1 朱正书,江西会昌岩背锡矿地质特征及矿床类型的划分.矿床地质,1990,9(4):325~331
- 2 朱金初,贾怀仁,叶俊,李振敏.华南某些含锡花岗岩的稀土配分及其成岩成矿意义.南京大学学报,自然科学版(地学增刊),1984,81~95
- 3 关勋凡,周永清,肖敬华.银岩斑岩锡矿——中国锡矿床的一种新类型.地质学报,1985,59(2):155~160
- 4 刘英俊,邱德同,李兆麟.元素地球化学.北京:科学出版社.1984,378~387
- 5 Flynn R T, Burnham C W. An experimental determination of rare earth partition coefficient between a chloride containing vapor phase and silicate melt. Geochim. et Cosmochim. Acta., 42: 685~701
- 6 Johnston C, Chappell B W. Topaz-bearing rocks from Mount Gibson, North Queensland, Australia.

- American Mineralogist, 1992, 77: 303~313
- 7 Mitropoulos P REE patterns of the metasedimentary rock of the Land's end Granite aureole (Southwest England). Chemical Geology, 1982, 35: 265~280
- 8 Alderton D H M, Pearce J A. Rare earth elements mobility during granite alteration: evidence from Southwest England. Earth and Plan. Sci. Lett., 1980, 49: 149~165

## ALTERATION ZONING OF THE YANBEI PORPHYRY TIN DEPOSIT IN JIANGXI PROVINCE AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ITS MAIN ALTERED ROCKS

Xiong Xiaolin, Zhu Jinchu, Liu Changshi and Shen Weizhou

(*Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu Province*)

**Key words:** alteration zoning, altered rock, geochemical characteristics, porphyry tin deposit, Yanbei

### Abstract

The Yanbei porphyry tin deposit is situated in the Yanbei volcanic basin and within the Shicheng-Xunwu deep fault belt. Based on detailed field geological work and systematic thin section observations, the authors have divided the wall rock alterations in the Yanbei tin deposit into three alteration zones, i. e. the topaz-quartzification zone, the chlorite-topaz-quartzification zone and the sericite-quartzification zone, and have made systematic studies on major altered rocks in various alteration zones in the light of petrochemistry, trace elements and rare earth elements. The results show that the altered rocks contain very high F, that the existence of F in the hydrothermal solution was favorable for the migration and enrichment of Sn, W, Cu and REE, and that the F-bearing fluids must have been the main factor resulting in the enrichment of Sn, W and Cu in the altered rocks and the increase in REE content.