第14卷 第1期 岩石矿物学杂志 Vol. 14, No. 1
1995年2月 ACTA PETROLOGICA ET MINERALOGICA Feb. 1995

浙江燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体的地球化学特征

胡永和 朱兴盛 徐有浪
(浙江省地质矿产研究所，杭州 310007)

主题词 稀土和微量元素 稳定同位素 地球化学 Cu(Mo)矿化岩体 燕山期 浙江

提 要 本文系统研究了浙江省燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体的稀土、微量元素和稳定同位素地球化学特征。Cu(Mo)矿化岩体多属轻稀土富集型，一类铕异常不明显，多为矽卡岩型等矿床的成矿母岩；另一类负铕异常强烈，多为直接含矿斑岩体。Cu(Mo)矿化岩体多为I型，属火山弧和同造山碰撞形成。

据已知的铜、钼矿化和对一些岩体的Cu(Mo)含量测定资料分析，浙江省燕山期主要的Cu(Mo)矿化岩体约有十多个。这些岩体的岩性主要是花岗闪长岩、石英闪长岩、石英二长岩和花岗（斑）岩，它们大多分布在浙西北区及江绍断裂两侧，少数分布在浙东南区(图1)。

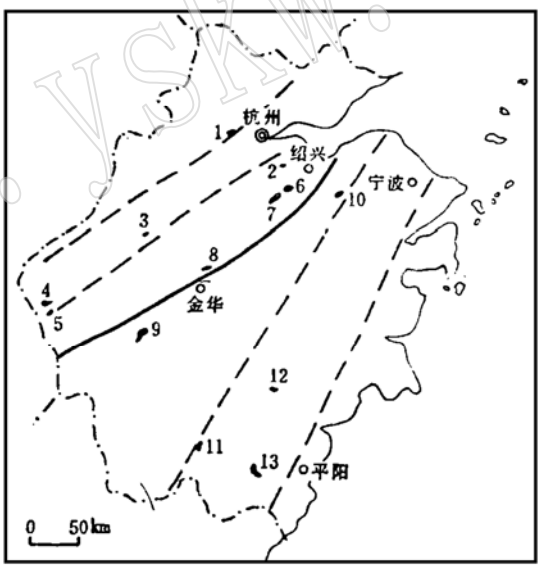

图 1 浙江省燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体分布示意图

Fig. 1 Schematic map showing distribution of major Yanshanian Cu(Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

1—东坞（长乐桥）花岗岩（γ_5^3）；2—马家地花岗斑岩（$\gamma\pi_5^3$）；3—岭后花岗斑岩（$\gamma\pi_5^3$）；4—桐村花岗闪长岩、二长花岗岩（$\delta\gamma_5^3$、$\eta\gamma_5^3$）；5—里山岭花岗斑岩（$\gamma\pi_5^3$）；6—栅溪花岗闪长岩（$\gamma\delta_5^3$）；7—广山花岗岩（γ_5^3）；8—山后石英闪长岩（δO_5^3）；9—沐尘花岗闪长岩、石英二长岩（$\gamma\delta_5^3$、ηO_5^3）；10—横塘花岗闪长斑岩（$\gamma\delta\pi_5^3$）；11—景宁二长花岗岩（$\eta\gamma_5^3$）；12—石平川花岗斑岩（$\gamma\pi_5^3$）；13—城门石英闪长岩（δO_5^3）

本文于1994年8月收到，1994年10月改回。

有关它们的岩石矿物学、岩石化学特征，已作过不少的研究[1]。本文侧重研究它们的稀土和微量元素及稳定同位素地球化学特征，进而探讨岩石的成因及它们与矿化的关系，为在省内寻找斑岩型、斑岩-矽卡岩型和斑岩-浅成热液型铜（钼）矿床提供理论指导。

1　稀土元素特征

浙江省燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体稀土元素含量的分析结果及其主要特征参数，如表1和表 2 中所列。表中数据反映出以下主要特征：

（1）浙江省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体大多为轻稀土元素富集型。其中，一些较大的中酸性岩体（如栅溪$\gamma\delta_5^2$、沐尘ηO_5^3、桐村$\gamma\delta_5^3$、城门δO_5^3等），LREE/HREE 比值一般大于 4，曲线呈平缓的右倾斜，与德兴和长江中下游 Cu(Mo)岩体的稀土元素配分曲线相似；而一些花岗（斑）岩体（如广山γ_5^2、里山岭$\gamma\pi_5^2$、石平川$\gamma\pi_5^3$等），LREE/HREE 比值一般较小（1—2），重稀土元素含量增高，负铕异常强烈，曲线呈V字型（图 2）。

（2）浙江省内负铕异常较弱的轻稀土元素富集型岩体，一般不直接含矿，但多为矽卡

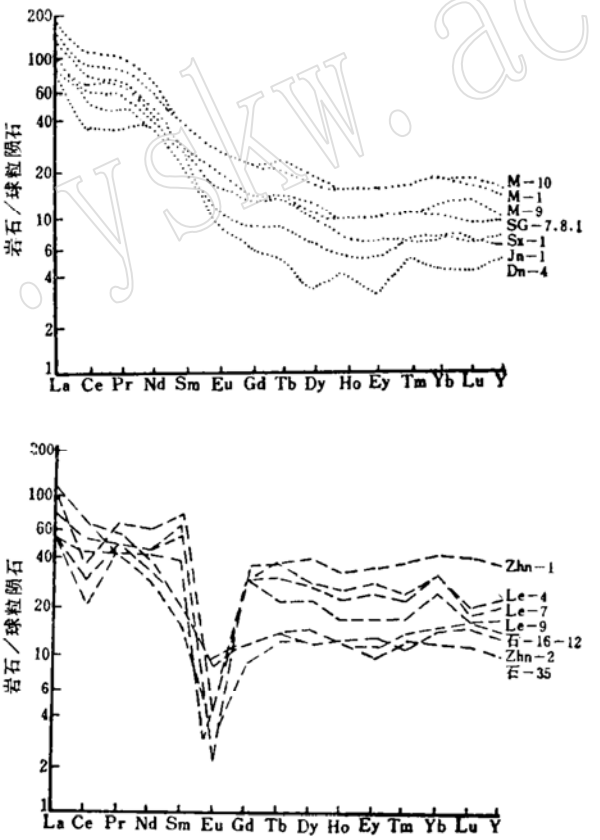

图 2　浙江省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体的稀土配分模式

（样品编号与表 1 同）

Fig. 2　Chondrite-normalized REE patterns of major Yanshanian Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

www.yskw.ac.cn

表 1 浙江省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体稀土元素含量

Table 1 REE contents of major Yanshanian Cu(Mo)mineralized intrusives in Zhejiang Province

编号	岩体(代号)		样品数(样号)	稀土元素含量 (μg/g) La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	资料来源
4	桐村花岗闪长岩($\gamma\delta_5^2$)		(Dn-4)	32.1	35.6	4.23	21.8	5.04	0.64	1.96	0.26	1.08	0.31	0.66	0.17	0.86	0.14	10.1	本文
5	里山岭花岗斑岩($\gamma\pi_5^2$)	原岩	(Le-7)	17.3	19.4	6.00	27.6	13.1	0.19	9.76	1.51	8.55	1.69	5.41	0.75	6.39	0.61	41.0	
		蚀变	(Le-4)	22.6	34.2	8.23	36.3	15.7	0.23	11.6	1.90	9.37	1.93	5.84	0.82	6.54	0.65	48.1	
			(Le-9)	20.0	25.5	5.39	28.0	11.4	0.17	9.51	1.14	6.88	1.22	3.64	0.59	4.95	0.56	33.1	
6	栅溪花岗闪长岩($\gamma\delta_5^2$)		(Sx-1)	29.01	62.49	7.68	28.25	5.12	1.26	4.20	0.70	3.25	0.57	1.51	0.24	1.45	0.22	15.59	
7	广山花岗岩(γ_5^2)		(Zhn-1)	17.17	42.46	5.47	27.08	8.33	0.20	9.74	2.02	13.18	2.72	8.08	1.37	8.92	1.43	82.99	
			(Zhn-2)	25.42	51.06	6.41	22.54	4.61	0.77	3.97	0.75	4.67	1.00	2.95	0.42	2.98	0.51	28.77	
9	沐尘石英二长岩花岗闪长岩($\eta O_5^2\cdot\gamma\delta_5^2$)	原岩	(M-1)	45.50	87.61	10.69	38.36	7.13	1.75	6.13	1.06	5.20	1.02	2.89	0.49	2.92	0.49	26.96	
			(M-9)	42.15	75.15	8.82	29.26	5.09	1.39	4.10	0.64	3.65	0.69	2.02	0.33	2.24	0.37	19.31	
		蚀变	(M-10)	52.34	100.04	11.74	42.52	7.60	1.81	6.28	1.05	5.39	1.07	3.02	0.49	3.04	0.48	27.25	
11	景宁二长花岗岩($\eta\gamma_5^2$)		(Jn-1)	30.52	47.33	6.34	21.16	3.42	0.77	2.43	0.37	1.90	0.39	1.17	0.22	1.46	0.23	11.84	胡永和等，1990
12	石平川花岗斑岩($\gamma\pi_5^3$)	早期	(Jn-35)	32.36	66.53	6.90	23.42	4.87	0.60	3.76	0.71	3.64	1.00	2.38	0.46	2.40	0.38	20.31	董传万，1988
		晚期	(Jn-16-2)	32.26	60.43	5.27	17.40	3.30	0.23	2.77	0.63	3.53	0.99	2.41	0.58	3.48	0.55	31.44	
13	城门石英闪长岩(δO_5^3)	原岩	(S_G-7)	28.70	56.87	7.37	27.17	5.29	1.29	3.95	0.62	3.12	0.67	1.80	0.30	1.72	0.25	18.16	胡永和等，1990
			(S_G-8)	31.19	63.06	8.04	30.22	5.66	1.33	4.29	0.65	3.36	0.69	1.91	0.31	1.88	0.28	18.68	
			(S_G-C_{M4}-1)	29.48	58.56	7.82	25.78	5.55	1.18	4.80	0.71	3.67	0.74	2.01	0.34	1.93	0.29	16.20	
			3个平均	29.79	59.50	7.74	27.72	5.50	1.27	4.35	0.66	3.38	0.70	1.91	0.32	1.84	0.27	17.68	
		蚀变	14	30.60	54.01	7.55	27.01	5.44	1.43	4.28	0.64	3.23	0.66	1.81	0.30	1.76	0.26	15.97	

注：本文和胡永和等(1990)的分析成果均由湖北省地质实验研究所测定。

表 2　浙江省燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体稀土元素主要特征参数

Table 2　Principal characteristic parameters of major Yanshanian Cu(Mo)mineralized intrusives in Zhejiang Province

编号	岩体（代号）		样品数（样号）	主要特征参数 ΣREE (μg/g)	LREE (μg/g)	HREE (μg/g)	LREE/HREE	δEu	δCe	La/Yb	La/Sm	(La)/(Sm)	Sm/Nd	资料来源
4	桐村花岗闪长岩($\gamma\delta_5^2$)		(Dn-4)	114.95	99.41	15.54	6.4	0.56	0.56	37.33	6.37	3.98	0.23	本文
5	里山岭花岗斑岩($\gamma\pi_5^2$)	原岩	(Le-7)	159.26	83.59	75.67	1.1	0.05	0.4	2.71	1.32	0.83	0.47	
		蚀变	(Le-4)	204.01	117.26	86.75	1.35	0.05	0.52	3.46	1.44	0.9	0.43	
			(Le-9)	152.05	90.46	61.59	1.47	0.05	0.51	4.04	1.75	1.1	0.41	
6	栅溪花岗闪长岩($\gamma\delta_5^2$)		(Sx-1)	161.54	133.84	27.73	4.83	0.88	0.86	20.01	5.67	3.54	0.18	
7	广山花岗岩(γ_5^2)		(Zhn-1)	231.16	100.71	130.45	0.77	0.07	0.91	1.92	2.06	1.29	0.31	
			(Zhn-2)	156.83	110.81	46.02	2.41	0.59	0.82	8.53	5.51	3.45	0.2	
9	沐尘石英二长岩、花岗闪长岩($\eta O_5^2\cdot\gamma\delta_5^2$)	原岩	(M-1)	238.2	191.04	47.16	4.05	0.87	0.81	15.58	6.38	3.99	0.19	
			(M-9)	195.21	161.86	33.35	4.85	0.98	0.78	18.82	8.28	5.18	0.17	
		蚀变	(M-10)	264.12	216.05	48.07	4.49	0.85	0.81	17.22	6.89	4.3	0.18	
11	景宁二长花岗岩($\eta\gamma_5^2$)		(Jn-1)	129.55	109.54	20.01	5.47	0.85	0.68	20.90	8.92	5.58	0.16	胡永和等，1990
12	石平川花岗斑岩($\gamma\pi_5^3$)	早期	(Jn-35)	169.72	134.68	35.04	3.84	0.45	0.89	13.48	6.64	4.15	0.21	董传万，1988
		晚期	(Jn-16-2)	165.37	118.89	46.38	2.56	0.25	0.89	9.27	9.78	6.11	0.19	
13	城门石英闪长岩(δO_5^3)	原岩	(S_G-7)	157.28	126.69	30.59	4.14	0.90	0.80	16.69	5.43	3.39	0.20	胡永和等，1990
			(S_G-8)	171.55	139.50	32.05	4.35	0.87	0.82	16.59	5.51	3.44	0.19	
			((S_G-CM_1-1)	159.06	128.37	30.69	4.18	0.75	0.79	15.27	5.31	3.32	0.22	
			3个平均	162.63	131	31.11	4.23	0.84	0.80	16.19	5.42	3.39	0.20	
		蚀变	14	154.65	126.04	28.91	4.36	0.96	0.72	17.39	5.63	3.52	0.20	

岩型和热液型铜（铁）矿的成矿母岩；负铕异常强的岩体，一般钾化或岩浆分异程度较高，则直接含铜（钼）矿。

（3）如据La/Yb—ΣREE 相关图（图3）来判别，浙江省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体仅少数投点落在大陆拉斑玄武岩和大洋拉斑玄武岩的过渡区，绝大部分则落在大陆拉斑玄武岩与碱性玄武岩及钙质泥岩的过渡区，表明岩体大部分形成在靠近大陆内部的陆缘构造环境，岩浆衍生于亏损的地幔源区，并受到较多地壳物质的混染。

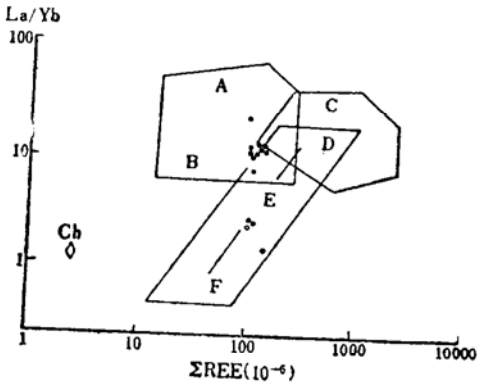

图 3 浙江省燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体 La/Yb—ΣREE相关图解

（据Allegre, C. J., 1980）

Fig. 3 La/Yb versus ΣREE diagram of major Yanshanian Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province.

A—沉积岩；B—钙质泥岩；C—花岗岩；D—碱性玄武岩；E—大陆拉斑玄武岩；F—大洋拉斑玄武岩；Ch—球粒陨石

2 微量元素特征

为了进一步研究并确证Cu(Mo)矿化岩体的成因，我们对具代表性的岩体作了 Ti、Ni、Cr、Zr、Nb、Rb、Sr、Ba、Th、Li、Cs、Hf、Ta 和 F、Cl、S 等16个元素的定量分析研究，分析结果见表3。与地壳平均含量（黎彤，1976）比较，各岩体的含量虽有差别，但总体处在同一个数量级内变化。其中 Ti、Ni、Cr 等（基性岩组分）含量普遍较低；而Rb、Ba、Hf和F、Cl、S 等元素的含量则普遍高于地壳平均含量。

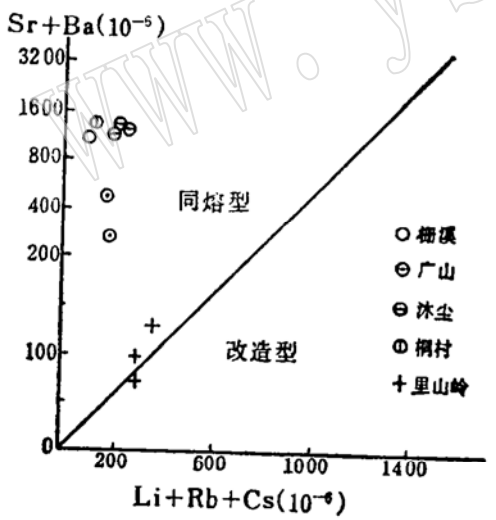

图 4 浙江省燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体 (Sr+Ba)—(Li+Rb+Cs)判别图

（据刘英俊等，1984）

Fig. 4 Discriminant diagram of (Sr+Ba)—(Li+Rb+Cs) for major Yanshanian Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

上述结果，如据 Sr+Ba—Li+Rb+Cs相关图（图4）判别，岩体大多为同熔型花岗（闪长）岩类，其中只有里山岭岩体的投点落在同熔型与改造型之间；如据 Nb—Y、Ta—Yb和Rb—Y+Nb 相关图（图5）来判别，除广山岩体的个别点落在板内花岗岩范围内外，绝大多数点均落在火山弧和同造山碰撞花岗岩区内，表明岩体都是在火山弧和造山碰撞构造环境内形成的；又据 Sr+Ba—Li+Rb+Cs—F 图解（图6），表明大部分岩体不直接含矿（为成矿母岩），只有里山岭岩体为含铜斑岩体，这与地质情况吻合。

www.yskw.ac.cn

表 3　浙江省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体的微量元素含量（定量分析成果）

Table 3　Trace element contents of major Yanshanian Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

编号	岩体（代号）	样品数（样号）	微量元素含量 (10^{-6})																资料来源
			Ti	Ni	Cr	Zr	Nb	Rb	Sr	Ba	Th	Li	Cs	Hf	Ta	F	Cl	S	
4	桐村花岗闪长岩 ($\gamma\delta_5^2$)	(Dn-4)	1800	5.5	167	248	6.3	93	516	836	10.3	17.4	3.3	5.0	<4.0	778	52	610	本文
5	里山岭花岗斑岩 ($\gamma\pi_5^2$)	(Le-7)	351	3.5	105	341	22.9	243	18.7	53.3	19.7	21.8	4.7	10.3	<4.0	916	101	70	
		(Le-4)	384	5.7	279	295	24.1	313	22.6	108	22.3	20.4	7.1	9.6	<4.0	418	86	760	
		(Le-9)	365	3.3	71.2	335	25.5	274	30.0	63.8	22.4	15.0	6.1	10.6	<4.0	1832	52	500	
		平均	367	4.2	152	324	24.2	277	23.8	75	21.5	19.1	6.0	10.2	<0.4	1055	80	443	
6	栅溪花岗闪长岩 ($\gamma\delta_5^2$)	(Sx-1)	3026	8.1	138	156	10.8	64	440	692	5.4	19.9	5.2	4.3	1.3	433	236	110	
7	广山花岗岩 (γ_5^3)	Zhn 1	841	8.4	231	120	37.5	171	42	257	15.0	10.8	3.8	6.6	3.0	105	66	980	
		(Zhn-2)	1960	7.3	141	129	15.7	138	177	348	8.1	17.0	6.6	3.2	1.7	380	48	190	
		平均	1401	7.9	186	125	26.6	155	110	303	11.6	13.9	5.2	4.9	2.4	243	57	585	
		6	1083	5.2	26.4	104.6	40.3	224.9	34	151	25.8	16.4				743			浙江省地球物化勘查院，1992
9	沐尘石英二长岩 (ηO_5^2)	(M-1)	4085	10.8	61	218	23.1	172	636	618	11.2	21.3	5.7	5.9	1.6	968	628	500	本文
		(M-9)	2685	8.6	71	219	18.7	176	513	839	10.8	19.8	7.5	5.5	1.8	694	424	590	
		(M-10)	4515	8.8	77	517	27.9	186	480	868	9.1	19.3	7.5	12.1	2.1	1185	868	1300	
		平均	3762	9.4	70	318	23.2	178	543	775	10.4	19.1	6.9	7.8	1.8	949	640	797	
11	景宁二长花岗岩 ($\eta\gamma_5^3$)	16	1710	4.6	33.1	119.6	19.5	196.0	194	518	16.2	17.4				433			浙江省地球物化勘查院，1992
		1		3.4	3.7	139	13.5	119.1	345		13.8								胡永和等，1990
13	城门石英闪长岩 (δO_5^3)	2		17.2	33.2	150	11.6	77.1	658.5		13.5					663			
地壳			6400	89	110	130	19	78	480	390	5.8	21	1.4	1.5	1.6	450	280	400	黎彤，1976

注：表中来自浙江省地球物化勘查院(1992)的数据，其中 Ti、Ni、Cr、Zr、Nb、Rb、Sr、Ba 八个元素为X射线萤光光谱法(XPF)分析成果，Th为激光萤光法(LF)、Li为火焰原子吸收法(AA)、F 为离子电极法(ISE)分析成果；本文及胡永和等(1990)的成果，则均由湖北省地质实验研究所的 ICP-AES 测定。

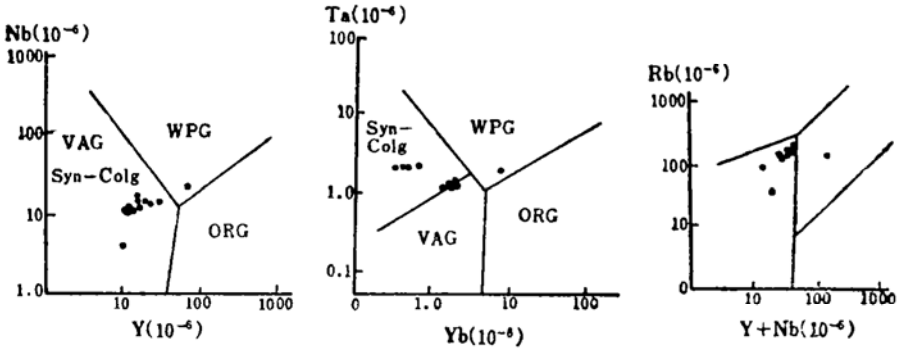

图 5 浙江省燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体Nb—Y、Ta—Yb和Rb—Y+Nb判别图
(据Pearce, 1984)

Fig. 5 Nb—Y, Ta—Yb and Rb—Y+Nb diagram of major Yanshanian Cu(Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

VAG—火山弧花岗岩；Syn—Colg—同造山碰撞花岗岩；WPG—板内花岗岩；ORG—洋中脊花岗岩

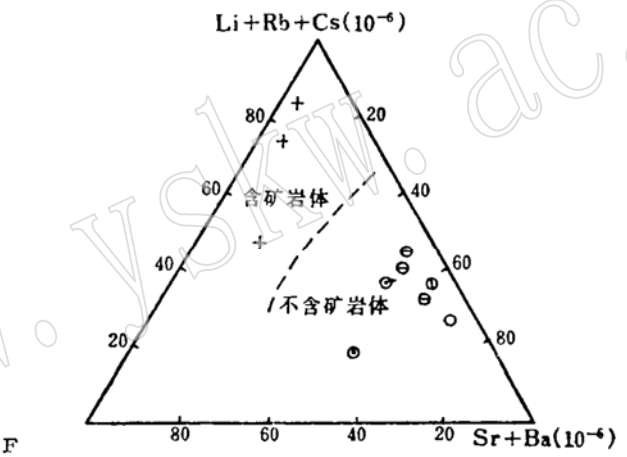

图 6 浙江省燕山期主要Cu(Mo)矿化岩体Li+Rb+Cs—Sr+Ba—F图解
(图例与图4相同)(据刘英俊等, 1984)

Fig. 6 Li+Rb+Cs—Sr+Ba—F diagram of major Yanshanian Cu(Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

3 稳定同位素特征

3.1 锶、氧同位素特征

当前锶、氧同位素在岩石成因研究中已被广泛使用并取得了很好的效果。浙江省自开展对中生代火山岩和侵入岩的同位素地球化学研究以来，也已积累了一些资料。我们除收集了已有的资料外，还对燕山期一些Cu(Mo)矿化岩体（如栅溪、广山、沐尘、桐村、里山岭等岩体）补作了岩石的锶、氧同位素测试分析，其结果列在表4内。据表中的数据，结合本省中生代构造—岩浆的演化，首先分别讨论它们各自的变化特点，然后研究它们的相互关系及变化。

www.yskw.ac.cn

表 4　浙江省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体的初始Sr和全岩$\delta^{18}O$同位素值

Table 4. Initial Sr and whole rock $\delta^{18}O$ values of major Yanshanian Cu(Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

编号	岩体（代号）		$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$	年龄（Ma）	$\delta^{18}O$全岩‰（样品数）	有关矿产	资料来源
4	桐村花岗闪长岩($\gamma\delta_5^2$)		0.70865	153.2	8.15(1)	Cu、Mo	本文
5	里山岭花岗斑岩($\gamma\pi_5^2$)	原岩	0.70825	140.4	10.27(1)	Cu	
		蚀变			9.80(2)		
6	栅溪花岗闪长岩($\gamma\delta_5^2$)		0.70739	182.2	7.38(1)	Cu、Pb、Zn	
7	广山花岗岩(γ_5^2)		0.70968	153.7	7.52(1)	Fe、Cu、Mo	
9	沐尘石英二长岩、花岗闪长岩($\eta O_5^2\cdot\gamma\delta_5^2$)		0.7050±0.0001	141±7*	8.49(2)	FeS_2、Au、Cu	
11	景宁二长花岗岩($\eta\gamma_5^2$)		0.70952	122	9.63(1)	Mo	胡永和等，1990
12	石平川花岗斑岩($\gamma\pi_5^3$)		0.70875（青田γ_5^3）	118	7.96(1)	Mo	董传万，1988
13	城门石英闪长岩(δO_5^3)		0.70998 0.70954	110**	8.42(1)	Cu、Au	胡永和等，1990

* Rb-Sr 等时线年龄；** 地质推断年龄；其余为 K-Ar 年龄。

3.1.1　锶同位素演化

据我们对全省中生代火山岩的锶同位素演化的研究表明，中生代火山岩和侵入岩的初始锶值变化较大，均大于0.7050，少数值高达0.7191，大部分是在0.707—0.710之间。如果将数据投在花岗质岩初始锶演化模式图（图 7 ）上，大致可分成两个区。即：Ⅰ，浙西北火山岩和侵入岩类初始锶变化区；Ⅱ，浙东南火山岩和侵入岩类初始锶变化区❶。前者，多为燕山早期形成的火山岩和侵入岩，锶初始值普遍较高些，均位于地壳源区，表明其受地壳物质混染程度较高，具靠近大陆内部之陆缘同熔型岩浆的成因特征；后者，多为燕山晚期形成的火山岩和侵入岩，锶初始值变化大，且部分岩体的锶初始值较低，岩浆来自壳幔混合源区，具一般陆缘同熔型岩浆成因特征。本省燕山期主要成铜（钼）岩体的投点大多落在下地壳型花岗岩类源区。这表明，本省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体的形成，岩浆均通过与地壳不同程度的同熔混染后才侵位到地表的。其中，浙西北的 Cu(Mo)矿化岩体极少数投点落在上地壳型花岗岩类源区；浙东南区的 Cu(Mo)矿化岩体则有个别投点落在壳幔型花岗岩类源区。这与上述全省中生代火山岩浆的锶同位素演化特征相符（图 7 ）。

3.1.2　氧同位素演化

据我们对全省中生代火山岩和侵入岩氧同位素演化的研究，全岩$\delta^{18}O$值大致变化在2‰—

❶ 胡永和等，1993，浙江省铜矿成矿地质条件与找矿前景（研究报告）。

www.yskw.ac.cn

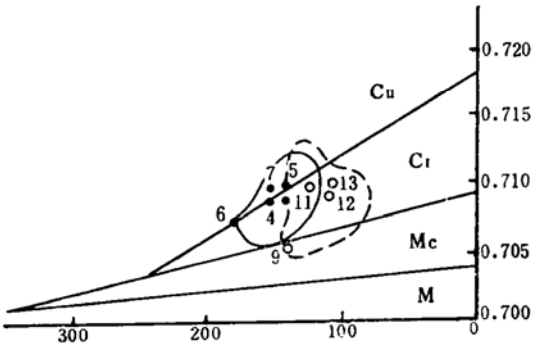

图 7 浙江省燕山期主要Cu(Mo) 矿化岩体岩石的初始锶变化

Fig. 7 Variation in initial Sr of major Yanshanian Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

M—幔型花岗岩类源区；Mc—幔壳型花岗岩类源区；C_I—下地壳型花岗岩类源区；C_{II}—上地壳型花岗岩类源区（据吴利仁等，1988）Ⅰ—浙西北火山岩和侵入岩类初始锶的变化区，Ⅱ—浙东南火山岩和侵入岩类初始锶的变化区（分区以江绍断裂为界，岩体编号与表 4 相同）

注：图中Ⅰ为实线区，Ⅱ为虚线区

10‰之间。其中，除一些石英安粗岩、安山岩等喷出岩和钨矿化的花岗斑岩的 $\delta^{18}O$ 值较低（1.95‰—5.71‰）外，大多数是在5.85‰—10.27‰。不同类的矿化岩体，其变化如图 8 所示。从Cu(Fe)→Cu(Au)→Cu、Mo矿化岩体的 $\delta^{18}O$ 值大体逐渐增大。与Cu(Fe)或多金属矿有关的岩体，$\delta^{18}O_{全岩}$值为7.38‰—7.52‰（数据较少）；与 Cu(Au)矿化有关的岩体 $\delta^{18}O_{全岩}$ 值变化在5.85‰—8.95‰；Cu(Mo)或Mo矿化的（斑）岩体 $\delta^{18}O_{全岩}$值变化在8.15‰—10.27‰之间❶。我省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体的 $\delta^{18}O_{全岩}$ 值，如表 4 中所列；其变化情况，见图 8 。

3.1.3 锶氧同位素关系

据国内外学者（如：Moqaritz, M., 1978；Taylor, H. P., 1980；李献华等，1991）的研究，岩石的锶和氧同位素存在着一定的相关关系，因此，将两者结合起来分析研究，能更正确地判别岩石的成因。

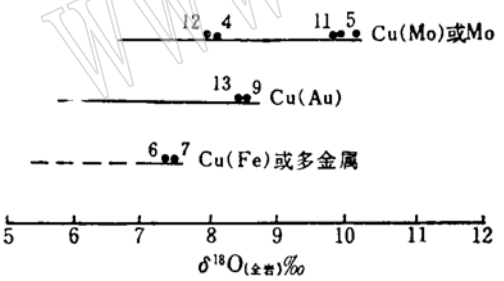

图 8 浙江省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体的 $\delta^{18}O_{全岩}$(‰)值的变化

Fig. 8 Variation in $\delta^{18}O_{whole\ rock}$(‰) values of major Yanshanian Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province

（------- 为推测变化区，岩体编号与表 4 相同）

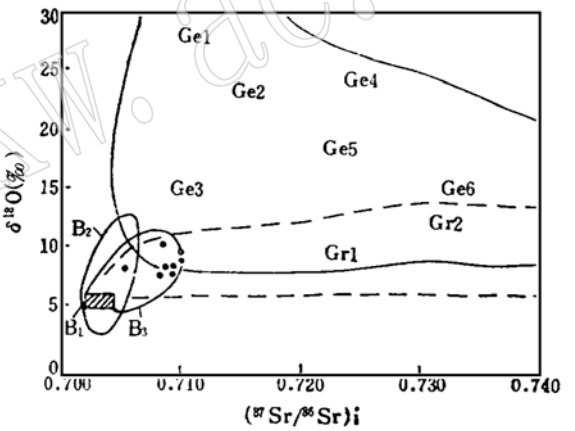

图 9 浙江省燕山期主要Cu(Mo) 矿化岩体的 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$—$\delta^{18}O$ 相关关系

（底图据李献华等，1991）

Fig. 9 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$-$\delta^{18}O$ diagram of major Yanshanian Cu (Mo)mineralized intrusives in Zhejiang Province

B_1—新鲜玄武岩；B_2—蛇绿岩；B_3—蚀变玄武岩，大气降水—热液蚀变形成的低 ^{18}O岩石；Ge_1—遂石灰岩；Ge_2—泥灰岩；Ge_3—杂砂岩（地槽沉积物）；Ge_4—沉积岩、变质沉积岩；Ge_5—页岩、泥质片岩；Ge_6—长石砂岩；Gr_1—花岗岩类岩石；Gr_2—石英岩

浙江省燕山期主要成铜（钼）岩体的锶、氧同位素组成（表 4 ）在 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$—$\delta^{18}O$ 相关关系图（图 9 ）上，投点均落在“蚀变玄武岩或大气降水—热液蚀变形成的低^{18}O岩区”。这反映出它们具壳幔混合岩浆的成因特征。

❶ 同前

4 结 论

浙江省燕山期主要 Cu(Mo) 矿化岩体多属轻稀土富集型，可分两类：一类在稀土配分模式图上曲线平缓右倾斜，铕异常不明显，多为矽卡岩型和热液型矿床的成矿母岩；另一类重稀土含量较高，负铕异常强烈，多为直接的含矿斑岩体。

Cu(Mo)矿化岩体的Ti、Ni、Cr等微量元素含量较低，而Rb、Ba、Hf和F、Cl、S 等元素含量较高。据 Sr+Ba—Li+Rb+Cs 相关关系判别，大多为 I 型；据 Nb—Y、Ta—Y 和 Rb—Y+Nb相关关系判别，大多属火山弧和同造山碰撞形成；据 Sr+Ba—Li+Rb+Cs—F 相关关系判别，只有少数岩体为直接含矿斑岩体。

据岩石的Sr—O同位素关系的研究，本省燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体的投点均落在"蚀变玄武岩或大气降水—热液蚀变形成的低^{18}O岩区"，具壳幔混合岩浆成因特征。结合岩体侵位时构造背景分析，省内燕山期主要 Cu(Mo)矿化岩体大致可分两类：一类为靠近陆内的陆缘拗陷同熔型，如浙西北区的桐村、里山岭、栅溪、广山岩体等；另一类为陆缘断裂同熔型，如浙东南区的沐尘、城门、景宁岩体等。前者，常为斑岩型Cu(Mo)和斑岩—矽卡岩型Cu(Fe)或多金属矿床的成矿母岩；后者，则与斑岩型Mo(Cu)和斑岩—浅成热液型Cu(Au)矿床的形成关系密切。

参 考 文 献

1 浙江省地质局.浙江省区域地质志.地质出版社，1989，229—325.

2 朱训、黄崇轲、芮宗瑶等.德兴斑岩铜矿.地质出版社，1983，73—94.

3 芮宗瑶、黄崇轲、齐国明等.中国斑岩铜（钼）矿床.地质出版社，1984，67—77.

4 冶金部地质研究所.中国斑岩铜矿.科学出版社，1984，30—38.

5 刘英俊、张景荣、孙承辕等.华南花岗岩类中微量元素的地球化学特征.花岗岩地质和成矿（国际会议论文集）.江苏科学出版社，1984，511—525.

6 赵振华.某些常用稀土元素地球化学参数的计算方法及其地球化学意义.地质地球化学，1985，（增刊）：11—14.

7 王中刚等.稀土元素地球化学.科学出版社，1989.

8 沈渭洲等编.稳定同位素地质.原子能出版社，1987，259—303.

9 徐克勤、朱金初、刘昌实等.华南花岗岩类的成因系列和物质来源.南京大学学报（地球科学），1989，（3）：1—18.

10 张理刚.成岩成矿理论与找矿.北京工业大学出版社，1989，84—97.

11 朱金初、沈渭洲、刘昌实等.华南中生代同熔系列花岗岩类 Nd-Sr 同位素特征及成因. 岩石矿物学杂志，1990，（2）：97—105.

12 A.N.克里夫佐夫等.世界斑岩铜矿（王肇芬等译）.地质出版社，1990，237—260.

13 任启江、刘孝善、徐兆文等.安徽庐枞中生代火山构造洼地及其成矿作用.地质出版社，1991，94—111.

14 吴利仁、李秉伦主编.中国东部两大类斑岩矿床.科学出版社，1991，139—181.

15 李献华、桂训唐.万洋山—诸广山加里东期花岗岩的物质来源——I. Sr—Nd—Pb—O 多元同位素体系示踪. 中国科学B辑，1991，（5）：533—540.

16 Chappell B W and White A J R. Two contrasting granite types. Pacific Geol. 1974, 8: 173—174.

17 Griffiths J R, Godwin C J. Metallogeny and tectonic of porphyry copper—molybdenum deposits in British Columbia—Can. J. Earth Sci. 1983, 20: 1000—1018.

18 Pitcher W S. Granite type and tectonic environment. In: Mountain Building processes (Ed. K. Hsu). 1983, 19—40, Academic Press, London.

REE, Trace Element and Stable Isotope Geochemistry of Major Yanshanian Cu(Mo)Mineralized Intrusives in Zhejiang Province

Hu Yonghe, Zhu Xingsheng, Xu Youlang
(Zhejiang Institute of Geology and Mineral Resources, Hangzhou 310007)

Key words: REE and trace elements; stable isotopes; geochemistry, Cu (Mo)mineralized intrusive; Yanshanian period; Zhejiang

Abstract

This paper has made a systematic investigation into REE, trace element and stable isotope geochemical characteristics of major Yanshanian Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang Province. The Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang are mostly enriched in LREE and might be further divided into two types, one with no obvious Eu anomaly serving mostly as parent rocks of skarn type deposits, and the other with strong Eu anomaly being mostly direct ore-bearing porphyries. The Cu(Mo)mineralized intrusives contain relatively low Ti, Ni and Cr but comparatively high Rb, Ba, Hf, F, Cl and S. According to correlations of Sr+Ba—Li+Rb+Cs, Nb—Y, Ta—Y and Rb—Y+Nb, the Cu(Mo)mineralized intrusives mostly belong to I type, formed by volcanic arc and synorogenic collision. Studies on Sr-O isotopic relationships of these rocks indicate that the initial Sr-$\delta^{18}O$ whole rock (‰) variation points of the major Yanshanian Cu (Mo) mineralized intrusives in Zhejiang all fall into the low ^{18}O rock area formed by altered basalt or meteoric water—hydrothermal alteration, with the intrusives mostly exhibiting genetic characteristics of crustmantle mixed magma. The intrusives may be divided into two types: one includes epicontinental depression syntectic granitoids(diorites)close to intracontinent of northwestern Zhejiang, serving frequently as parent rocks of porphyry Cu (Mo) deposits, porphyry-skarn Cu (Fe)deposits or polymetallic deposits; the other includes epicontinental fault syntectic type granitoids (diorites) of southeastern Zhejiang, closely related to porphyry Mo(Cu)deposits and porphyry-epithermal Cu(Au)deposits.

www.yskw.ac.cn