

斑岩铜(钼)矿成矿作用的 地球化学特征

朱炳球 徐外生

(地质矿产部物探研究所)

为了查明成矿过程的地球化学特征,我们对我国几个主要斑岩铜(钼)矿区的成矿岩体、围岩、蚀变岩、矿石和黄铁矿单矿物等进行了研究,并收集国内有关斑岩铜(钼)矿床的资料作了对比,获得一些有意义的认识。

一、岩体含矿性评价

斑岩体是斑岩铜(钼)矿的重要找矿标志。目前评价斑岩体的含矿性,区分含矿与无矿岩体,已提供了一些方法。

(一) 岩体中的常量和微量元素

表1和表2示出了我国主要斑铜(钼)矿床的斑岩体中常量和微量元素。对比表明,含矿岩体的常量元素特征是:

(1) SiO_2 含量,一般为62—68%,与中国同类岩石中 SiO_2 平均含量相比,比值 ≤ 1 者,有利于Cu矿富集;比值 > 1 者,有利于形成Mo矿。如江西城门山的石英斑岩和河南母山的花岗斑岩体含 SiO_2 大于68%,均有Mo矿体赋存。

(2) 含矿岩体偏碱性,含K高, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 为7—8%,一般 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1$, 但有少数例外。

(3) $\text{TFe} + \text{CaO} + \text{MgO}$, 比中国同类岩石化学成分平均含量偏高。

含矿岩体的微量元素特征是: Cu、Mo、Ag 的含量较无矿岩体高。直观辨认结果,可以根据 Cu、Mo 和 Ag 的含量区分含矿和无矿岩体。

(二) 黑云母和黄铁矿中的铜含量

斑岩体中黑云母和黄铁矿的Cu含量,从表3可以看出,含矿岩体的黑云母中,Cu的平均含量通常为几百ppm,高于矿化和无矿岩体黑云母中的Cu含量;黄铁矿中Cu的平均含量一般大于1000ppm,同样高于矿化和无矿岩体同类矿物中的含量。因此,斑岩体的黑云母和黄铁矿中Cu含量的明显偏高是含矿岩体的特征。

(三) 岩体的特征参数和Cu的分布型式

对比含矿与无矿岩体的特征参数,包括主要成矿元素Cu或Mo的算术平均值(\bar{X})

表 1 斑岩(钼)矿床岩体中的常量元素含量

矿 区	岩石名称	化 学 成 分 (%)											矿床类型 和规模	
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	ΣM	Na ₂ O	K ₂ O		ΣM
铜厂①	花岗闪长斑岩	62.94	0.43	15.40	0.32	2.33	2.72	2.42	4.13	11.60	3.77	3.18	6.95	Cu, 特大型
傅家坞①	花岗闪长斑岩	66.13	0.36	15.60	0.06	1.83	2.05	1.62	2.89	8.39	3.84	3.28	7.12	CuMo, 特大型
玉龙②	角闪石二长花岗斑岩	68.27	0.35	15.53	0.05	1.30	1.43	1.25	3.04	7.02	3.55	4.35	7.90	Cu, 特大型
铜矿峪②	变石英斑岩	65.55	0.42	17.10	0.05	3.09	1.58	1.66	0.80	7.13	0.26	5.80	6.06	Cu, 特大型
多宝山②	花岗闪长岩	63.45	0.34	16.87	0.07	3.15	2.30	2.18	2.26	9.89	3.40	3.63	7.03	Cu, 特大型
城门山②	石英斑岩	74.45	0.27	12.31	0.04	2.41	0.76	1.06	1.14	5.37	2.58	4.58	7.16	CuMo, 特大型
沙溪②	石英闪长斑岩	64.04	0.60	17.54		2.35	2.25	0.87	2.78	8.25	6.09	1.82	7.91	Cu, 中型
珠砂红①	花岗闪长斑岩	61.34	0.60	15.61	0.03	3.64	2.68	2.86	1.81	10.99	1.35	4.09	5.44	Cu, 中型
白乃庙③	变花岗闪长岩	62.20	0.47	14.50	0.05	3.20	1.75	2.30	4.50	11.75	3.70	4.00	7.70	Cu, 中型
公婆泉③	次英安斑岩	66.53	0.70	14.46	0.13	1.66	2.95	2.22	2.71	9.54	2.96	4.00	6.96	Cu, 中型
丰山洞③	花岗闪长斑岩	64.02	0.47	15.73	0.06	0.90	1.98	1.81	4.16	8.85	3.74	4.07	7.81	Cu, 中型
安基山③	花岗闪长斑岩	64.49	0.39	15.62	0.03	1.96	2.03	1.89	3.16	9.04	4.04	2.92	6.96	Cu, 中型
钟麟②	花岗闪长斑岩	61.12	0.81	15.80	0.04	2.79	2.66	2.67	3.49	11.61	2.87	3.23	6.10	Cu, 小型
马厂菁①	斑状花岗岩	69.76	0.29	15.01	0.05	2.51	2.22	1.27	1.57	7.57	4.10	4.47	8.57	Cu, 小型
丁家山②	花岗闪长斑岩	61.86	0.35	15.65	0.06	0.72	3.73	1.08	1.70	7.23	3.25	2.00	5.25	Cu, 小型
母山④	花岗斑岩	70.50	0.25	14.31	0.05	1.21	0.85	0.91	0.44	3.41	3.45	6.85	10.30	Mo, 小型
横塘①	花岗闪长斑岩	68.75	0.43	14.66	0.07	0.29	3.37	1.42	3.16	8.24	3.57	2.97	6.54	Cu, 矿化
下营子南山⑤	花岗闪长斑岩	62.77	0.29	16.12	0.09	1.30	1.93	2.36	0.34	5.93	2.37	3.16	5.53	Cu, 矿化
冯台子⑥	二长斑岩	65.22	0.48	14.78		2.30	1.53	0.85	3.16	7.84	4.34	4.06	8.40	Cu, 矿化
龙头山⑥	角闪闪长斑岩	55.46	0.73	15.97	0.10	2.05	4.21	3.30	5.54	13.10	4.81	1.94	6.75	Cu, 矿化
中国平均	花岗闪长岩	64.98	0.52	16.33	0.09	1.89	2.49	1.94	3.70	10.02	3.61	2.65	6.26	
(黎彤)	黑云母花岗岩	71.99	0.38	13.81	0.12	1.37	1.67	0.81	1.55	5.54	3.42	3.81	7.23	
世界钙碱花岗岩		69.21	0.38	14.41	0.12	1.98	1.67	1.15	2.19	6.99	3.48	4.23	7.71	

资料来源: ① 江西地研所, ② 中国地质科学院地研所, ③ 冶金部地质所, ④ 河南地质十队, ⑤ 江苏第三地质队, ⑥ 安徽地质局 327 队。

表 2 斑岩铜(钼)矿岩体中微量元素的平均含量 (ppm)

编号	矿区	岩石名称	Cu	Mo	Ag	Pb	Zn	Mn	Co	Ni	矿床类型和规模
1	傅家坞	花岗闪长斑岩(63)*	258	6.7	0.6	12	26	319	8	16	CuMo, 特大型
2	铜厂①	花岗闪长斑岩	230	3.7	<1	26	140		14		Cu, 特大型
3	多宝山	花岗闪长斑岩(13)	262	4.9	0.7	20	29	360	4.1		Cu, 特大型
4	城门山②	石英斑岩	656	150	7	156	210	250	52	39	CuMo, 特大型
5	沙溪	石英闪长斑岩(38)	146	0.25	0.5	18	67	1019	57	10	Cu, 中型
6	殊砂红	花岗闪长斑岩(53)	129	43	0.5	27.4	12	83	5		Cu, 中型
7	公婆泉	英安斑岩(27)	69	1.0	0.5	198	298	1665	10		Cu, 中型
8	丰山洞①	花岗闪长斑岩	480	11.2	0.6	19.5	54	280			Cu, 中型
9	钟麟	花岗斑岩(22)	150	2.3	0.7	62	41	24.8	6		Cu, 小型
10	丁家山③	花岗闪长斑岩	155	16	0.6	11	78	952	10		Cu, 小型
11	马厂菁	斑状花岗岩	100	2.5	<1	30					Cu, 小型
12	小多宝山	花岗闪长岩(30)	96	2.2	0.1	8.7	64	269	12		Cu, 小型
13	母山	石英斑岩(17)	56	187	0.5	19	10	58	2.5		Mo, 矿化
14	大银尖	花岗岩(30)	43	119	0.5	53	17	144	2		Mo, 矿化
15	先告山①	斑岩(19)	70	0.96	0.06	15	36	50	5.3		Cu, 矿化
16	鹤坑①	斑岩(21)	87	2.7	0.06	20	95	343	11		无矿
17	桐坑②	斑岩(9)	50	1.1	0.09	22	39	240	5		无矿
18	八十源①	斑岩(4)	26	2.5	0.07	21	29	214	6		无矿

资料来源: ① 冶金部地质所铜矿组, ② 赣西北地质队《赣西北地质》(1977, No. 1), ③ 赣西北地质队“丁家山铜矿床地球化学特征及找矿意义”。

* 样品数。

表 3 岩体单矿物中 Cu 的平均含量(ppm)

矿 区	黑 云 母	黄 铁 矿	磁 铁 矿	矿床规模
铜厂	100—500①			特 大 型
傅家坞	200—600①	1447		
城门山		1503		
玉龙	90—200④	1170		
多宝山	225②	930		
砾砂红	300③			中 型
沙溪	250—500②	1190	200	
莱源②	120			小 型
马厂菁⑤			300—1000	
母山⑥		2000		
横塘②	30	300—1700		矿 化
冯台子②	50	456		
下营子②		663		
鹤坑②		300		无 矿
先告山②		200		

资料来源: ① 江西地研所, ② 冶金部地质所, ③ 江西冶金地质会战指挥部, ④ 西藏地质一队, ⑤ 云冶 310 队, ⑥ 河南地质十队。

或几何平均值(\bar{X}_L)、标准离差(σ)或方差(S^2)和变异系数($K = \sigma/\bar{X}$)等,可以提供评价岩体含矿性的某些有用参数。研究表明,含矿岩体 Cu 的平均值通常大于 100 ppm,标准离差或方差较大,变异系数一般大于 1。Cu 的分布型式,即元素频率分布直方图上 Cu 呈现的分布型式,也是评价岩体含矿性的有用指标。含矿岩体因受矿化迭加的结果,Cu 的分布型式通常呈现双峰;当岩体规模不太大且遭受矿化迭加时,则矿化总体迭加在背景总体上,形成一个以矿化为主的重迭峰^[1]。

二、围岩中微量元素的分布

在成矿作用过程中,由于矿区围岩受矿化波及的影响,故研究矿区各类岩石中微量元素的分布,可以提供成矿作用的地球化学依据。研究表明,微量元素围绕矿体在空间上是有规律分布的。现将近年来对斑岩铜(钼)矿的研究结果,某些主要元素的空间分布规律示于图 1,Cu、Mo、Au、Ag 和 K_2O 等主要分布于矿体上方或近矿地段,Pb、Zn、Mn、As 和 Hg 等元素位于矿区外围,远离矿化地带。因此,在空间分布上形成了两组元素的水平分带特征。矿区的实践证明,这两组元素构成了矿床异常和矿田异常的分带模式。同样在垂直方向上,某些矿区微量元素有垂向分带的特征。表 4 示出沙溪矿区按不同标高所作截面的微量元素统计资料可以看出,自上而下 Cu 和 Mo 等成矿元素含量明显增加,Pb、Zn 和 Mn 等元素含量降低。城门山矿区矿石中,不同标高切面的微量元素也有这样的变化规律,其表现为:自上而下 Cu、Ag、Pb、Zn 和 Co 含量降低,Mo 含量明显增加。这种特点正是矿区垂直分带的反映,揭示了 Cu、Mo 富集于下部,Pb、Zn 和 Mn 富集于矿体上部。

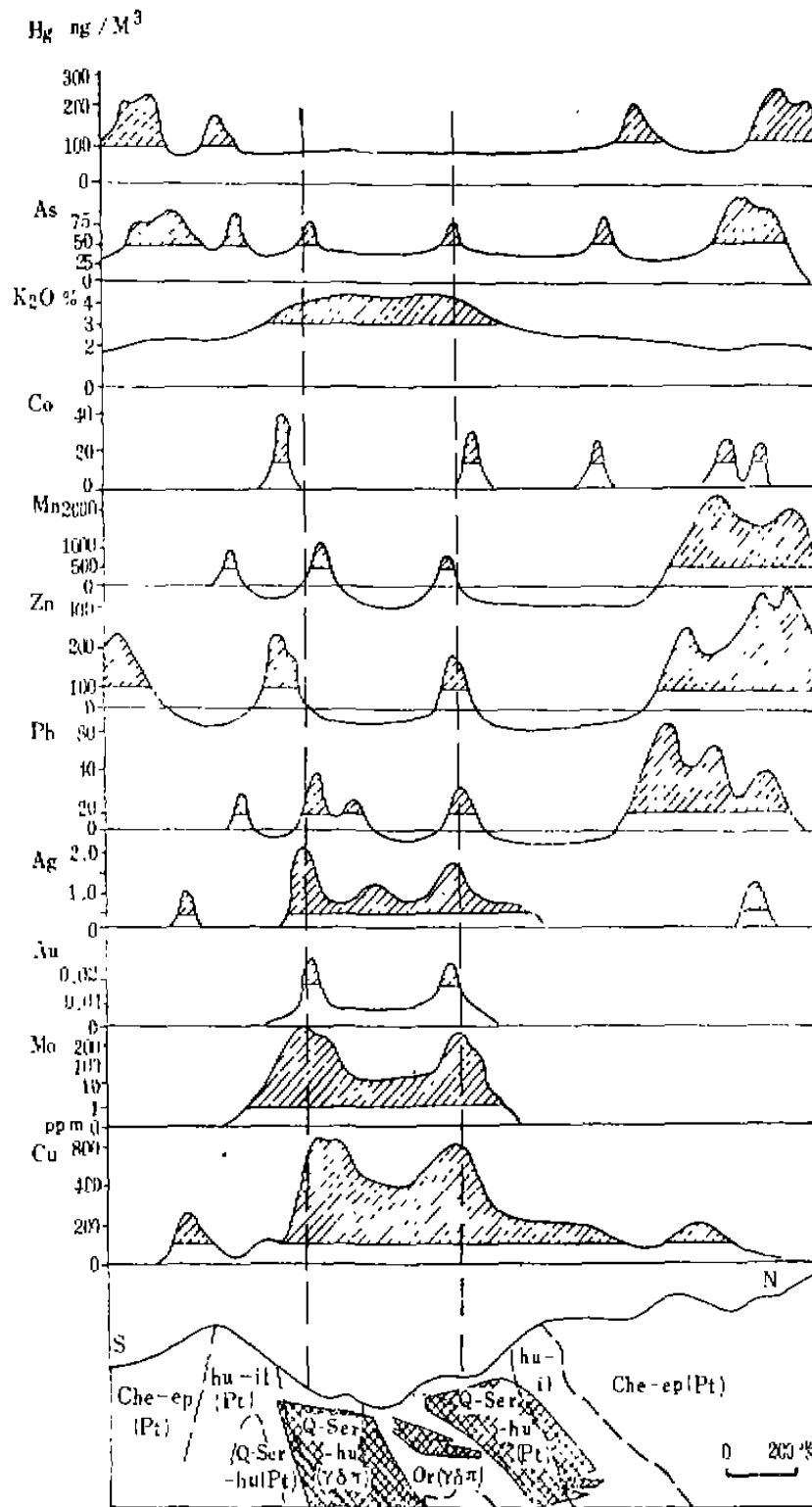


图1 斑岩铜钼矿床元素的水平分带模式

$\gamma\delta\pi$, 花岗闪长斑岩; Pt, 千枚岩; Or, 钾长石化带; Q-Ser-hu, 石英绢云母化带; hu-il, 伊利石-水白云母化带; Che-ep, 绿泥石-绿帘石化带。

为了表示矿化特征,对比了含矿与无矿岩石中的某些特征参数(表5)。表中所见,主要成矿元素Cu的平均值(\bar{X})高达100—600 ppm以上,衬值为正常岩石背景平均值的3—6倍,标准离差、变异系数均较大,Cu的分布型式呈现双峰或因矿化迭加造成重迭峰。上述特征参数,可以表明岩石的矿化特征。

表 4 沙溪矿区不同标高岩石中微量元素平均值 (ppm)

标 高 (米)	Cu	Mo	Ag	Ni	Co	Pb	Zn	Mn
0	48	0.3	0.05	33	16	34	81	1919
-100	180	0.8	0.04	42	13	17	87	1030
-200	173	1.7	0.06	29	8	11	21	365
-300	437	2.1	0.05	19	7	6	28	319
-400	698	3.3	0.10	10	3	4	24	330

表 5 含矿与无矿岩石中 Cu 的特征值对比

矿 区	岩 性	平均值 (\bar{X} , ppm)	标准离差 (σ)	变异系数 (K)	衬 值	分布型式	含矿性
傅家坞	花岗闪长斑岩(63)*	285	340	1.32	5.16	重迭峰	含矿
	千枚岩(70)	149	87.6	0.59	2.98	双峰	含矿或矿化
	千枚岩(70)	56	32.2	0.58	1.10	单峰	无矿
沙溪	石英闪长斑岩(38)	146	160	1.09	2.92	双峰	含矿
	粉砂岩(28)	28	18	0.62	0.73	单峰	无矿
	砂岩(15)	31	17	0.55	0.60	单峰	无矿
多宝山	花岗闪长岩(178)	152	195	1.28	3.04	双峰	含矿
	凝灰岩(40)	40	18	0.45	1.00	单峰	无矿
坡门山	石英斑岩	656			6.56	重迭峰	含矿
	砂岩(215)	46	15	0.33	1.15	单峰	无矿

* 样品数。

三、蚀变岩元素变化特点

围岩蚀变是成矿作用表现的一个重要方面。但以往的研究往往注意在蚀变矿物或蚀变岩石中的常量元素方面,而对蚀变岩石中的微量元素变化研究尚少。近年来,国外比较注意蚀变岩中元素变化的研究,均从常量和微量元素两个方面进行的。Boyle, R. W. 研究了蚀变岩中 SiO_2/CO_2 和 $\text{SiO}_2/\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{S}$ 的比值变化,指出其比值在矿带附近蚀变岩中减少^[2]。Olade, M. A. 研究了 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值,指出从斑岩铜矿的外带向内带其比值增加,可以用该比值来圈定蚀变带^[3]。

我们研究了三个矿区蚀变岩石中常量和微量元素的变化,示于表 6 和 7。可以归纳出以下几点:

1. 蚀变过程中常量和微量元素有一定的变化规律。与原岩相比较,蚀变岩石中微量元素 Cu、Mo、Ag 有明显带入, Pb、Zn、Mn 等含量也略有增加;常量元素 SiO_2 和 K_2O 在中、强蚀变带中为带入, Na_2O 、 CaO 、 MgO 和 Al_2O_3 为带出。由于与矿有关的微量元素晕分布的范围大于蚀变带,构成了较大的找矿靶区。

2. 从强蚀变岩到弱蚀变岩,即由钾化→石英绢云母化→青盘岩化带, SiO_2 和 K_2O 的含量一般是降低的, CaO 、 MgO 和 MnO 的含量通常是增加的; Cu、Mo 和 Ag 的含量变化成峰形, Pb、Zn 和 Mn 的含量成谷形。

表 6 蚀变岩石中常量元素的含量(%)

矿区	蚀变带	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO (或 TFe)	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
傅家坞①	未蚀变花岗闪长斑岩 (5)*	64.74	15.90	4.53	4.64	3.22	3.15	2.09	0.45	0.11	0.28
	石英-钾长石化 (3)	68.39	13.96	4.70	2.87	1.51	3.83	1.61	0.38	0.06	0.18
	石英-绢云母-小白云母化 (2)	78.39	10.96	4.54	1.56	0.26	2.27	0.77	0.27	0.09	0.12
	绿泥石-绿帘石化千枚岩 (9)	62.82	15.74	7.76	1.78	1.23	2.81	2.02	0.76	0.18	0.26
铜厂②	未蚀变花岗闪长斑岩	62.94	15.40	5.07	4.13	3.77	3.18	2.42	0.43	0.32	0.24
	硅化-绢-白云母化带(强蚀变)	65.25	15.50	8.23	1.40	0.10	3.90	1.53	0.41	0.07	0.16
	绿泥石-小蚀石化带(中蚀变)	62.74	14.63	7.12	1.98	0.12	3.89	2.03	0.44	0.07	0.28
	绿泥石-伊蚀石化带(弱蚀变)	62.20	13.12	5.96	3.21	2.90	3.20	2.24	0.43	0.08	0.29
多宝山③	未蚀变花岗闪长岩 (4)	62.23	15.97	5.19	4.93	4.22	2.84	2.18	0.42	0.15	0.19
	石英-钾长石化 (2)	64.86	14.04	4.84	2.47	3.19	4.76	1.64	0.34	0.21	0.16
	石英-绢云母化 (8)	62.86	15.49	4.94	3.01	3.27	3.96	1.92	0.40	0.27	0.19
	青盘岩化 (7)	62.58	15.67	6.09	3.40	3.95	3.20	2.19	0.45	0.40	0.20

资料来源: ① 冶金部地质所化探室斑岩铜矿组, ② 江西地质会战指挥部。

* 样品数。

表 7 蚀变岩石中微量元素的平均含量 (ppm)

矿区	蚀变带	Cu	Ag	Mo	Pb	Zn	Mn
傅家坞	花岗闪长斑岩 ($r\delta\pi$) (11)**	185	0.6	0.5	24	36	360
	石英-钾长石化 ($r\delta\pi$) (20)	836	0.8	24.4	28	54	368
	石英-绢云母-水白云母化 ($r\delta\pi$) (16)	4817	1.0	127.9	24	28	475
	绿泥石-绿帘石化 ($r\delta\pi$) (35)	485	0.7	0.3	37	72	536
多宝山	花岗闪长岩 ($r\delta$) (181)	161	0.5	2.5	9	33	698
	钾化 ($r\delta$) (12)	935	1.0	38.5	40	299	2040
	绿泥石绢云母化 ($r\delta$) (46)	937	1.2	35.4	17	161	911
	绿泥石-绿帘石化 ($r\delta$) (36)	177	0.8	2.3	23	390	1897
铜厂*	花岗闪长斑岩 ($r\delta\pi$)	200	0.1	3.7			
	硅化-绢-白云母化带 ($r\delta\pi$)	3800	0.5	45			
	绿泥石-水帘石化带 ($r\delta\pi$)	1500	0.4	35			
	绿泥石-伊帘石化带 ($r\delta\pi$)	250	0.2	15			

* 据江西第一物探大队资料;

** 样品数。

3. 某些元素的高含量与一定的蚀变带相对应。如石英绢云母化带中 SiO₂、K₂O 的含量较高, Cu、Mo 和 Ag 的含量最高, 矿化也最好; 青盘岩化带中 CaO、MgO、MnO 含量增加, Pb、Zn 和 Mn 含量较高, 但矿化较弱。为此, Cu、Mo、Ag 和 Pb、Zn、Mn 这两组元素可以作为矿床分带的指标; 同时, 可以根据蚀变岩石中主要成矿元素的高含量来圈定矿化的有利地段。

四、不同成因类型铜矿床矿石中的微量元素研究

矿床类型不同, 矿石中微量元素含量也会有差异, 通过矿石中微量元素的对比, 有助

于区分矿化类型和进行矿床成因论证^[4]。在城门山矿区,研究了矽卡岩型铜矿、斑岩型铜、钼矿以及含铜黄铁矿型铜矿矿石中的微量元素(表8)。结果表明,矽卡岩型铜矿较斑岩型铜、钼矿中 Cu、Ag、Pb、Zn 和 Mn 的含量明显偏高,斑岩型铜、钼矿具 Mo 的高含量,说明两者有较明显的区别,是不同成矿期成矿作用的结果。而矽卡岩 Cu 矿与含铜黄铁矿型铜矿,其矿石中微量元素及其含量较为相似,显示了两者在成因上的一致性,认为同属于热液成因的产物。

矿石中微量元素的研究,可以比较快速而有效地确定不同成因类型铜矿的主要元素组合特征。根据矿区化探的实践和综合有关资料^[5],将不同类型铜矿床的元素组合列于表9。表中可见,不同类型铜矿床的主要元素组合是有较明显差异的,可以利用它来区分不同的铜矿化类型。

表 8 不同成因类型铜矿床矿石中微量元素的平均值 (ppm)

类 型	Cu	Pb	Zn	Mo	Ag	Au*	W	Sn	Bi	Ni	Co	Mn	Ni/Co
矽卡岩铜矿 (231)**	8400	51	1000	62	6.2	0.26	36	10.5	2.9	8	9	1598	0.9
斑岩铜矿 (310)	5900	38	115	109	5.2	0.27	50	7.5	5.7	15	16	540	0.9
斑岩铜钼矿 (207)	2800	34	108	395	1.2	—	30	5.5	2.9	13	12	973	1.1
块状含铜黄铁矿 (63)	9200	16	1163	25	6.0	0.41	32	10	8.3	23	12	1764	1.9

* 系西北地质队化学分析结果,

** 样品数。

表 9 不同类型铜矿床的主要元素组合

矿 床 类 型	主 要 元 素 组 合
与基性岩有关的硫化铜镍矿床	Cu、Ni、Co
矽卡岩型铜矿床	Cu、Ag、Mo、W、Bi、Pb、Zn、Mn
斑岩型铜矿床	Cu、Mo、Au、Ag、Re
黄铁矿型铜矿床	Cu、Pb、Zn、Ag、Ni、Co、As、Mn
铜铅锌多金属矿床	Cu、Pb、Zn、Mn、As、Sb、Bi、Ag、Cd
火山岩中的含铜硫化物	Cu、Pb、Zn、Ag、Fe、As、Hg
砂岩、页岩及砾岩中的铜矿	Cu、Ag、Pb、Ba

五、黄铁矿中微量元素的指示意义

近年来,矿物中微量元素分布的研究,如黑云母和磁铁矿中 Cu 分布的研究^[6],磷灰石中 F 和 Cl 的研究^[2],辉钼矿中 Re 的研究^[7],均表明对找矿具有指示意义。

斑岩铜(钼)矿床中黄铁矿广泛发育,黄铁矿中微量元素是否具指示意义,引起我们的重视。根据四个矿区 85 个黄铁矿单矿物 18 种元素的化学分析结果,获得如下认识:

1. 斑岩铜(钼)矿的黄铁矿中 Cu 含量普遍偏高,从表 3 所列资料可以看出,黄铁矿中

Cu 含量除个别外一般均大于 1000ppm。因此, 可以根据黄铁矿中 Cu 含量的高低作为铜矿化的指示。

2. 近矿与远矿黄铁矿中微量元素有差异, 表 10 和 11 分别示出沙溪和傅家坞矿区的资料。表 10 可见, 近矿地段黄铁矿中 Cu、Au、Ag、Co、Se 和 Te 的含量较高。表 11 指出, Cu、Mo、Ni 和 Co 等元素均在矿体内含量较高, 而矿上围岩中 Pb、Zn、Mn 的含量较高, 矿下围岩中各元素含量普遍较低。可以利用它来研究矿床的分带特征。

表 10 含矿与无矿黄铁矿中微量元素含量的平均值 (ppm)

矿化地段	Cu	Au	Ag	Co	Se	Te
含矿地段黄铁矿 (17)*	1190	7.7	22.3	554	106	19
无矿地段黄铁矿 (6)	150	3.1	5.8	325	81	5.1

* 样品数。

表 11 矿体不同部位黄铁矿中的微量元素

部 位	Cu	Ag	Mo	Pb	Zn	Mn	Ni	Co	W	Sn	Cd
矿上围岩(9)*	878	1.6	15	77	191	30	234	264	15	82	5.4
矿体内 (5)	2666	2.9	90	72	56	26	396	376	18	96	5.8
矿下围岩 (1)	625	4.2	8	63	40	4	115	300	12	100	5.0

注: 含量为平均值 (ppm)。

* 样品数。

表 12 不同产状黄铁矿中微量元素平均含量 (ppm)

矿区	产 状	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Co	Se	Te	Mo	Ni	Mn
沙 溪	细脉浸染状(6)*	1340	185	20	3.9	3.2	490	37	10.3			
	浸染状(8)	1040	386	140	0.7	2.8	166	25	10.6			
	大脉状(1)	115			0.4	—	160	17	5.1		95	17
傅 家 坞	细脉浸染状(9)	1974	52	91		4.3	224	28	1.5	23.5	242	27
	浸染状(3)	427	60	52		2.9	255	44	0.7	11.3	155	14
	大脉状(3)	178	128	116		3.4	117	21	11.6	16	90	41

* 样品数。

3. 主要成矿期产出的黄铁矿微量元素最集中并且含量最高。对比了两个矿区不同产状黄铁矿中微量元素含量 (表 12)。根据地质上的研究, 浸染状黄铁矿产出最早, 细脉浸染状黄铁矿产于主要成矿期, 大脉状黄铁矿产出最晚。对比表明, 细脉浸染状黄铁矿微量元素最集中且 Cu、Mo、Au、Ag、Ni 和 Co 的含量最高, 浸染状黄铁矿其次, 大脉状的最低; 而 Pb、Zn、Mn 则与之相反。利用这种标志有助于确定主要成矿期。

4. 某些矿区, 不同标高黄铁矿中微量元素具垂向变化。表 13 示出城门山矿区斑岩铜、钼矿中黄铁矿微量元素在不同标高的含量变化。在 -400 米标高以上, 黄铁矿中 Cu、

表 13 不同标高黄铁矿中微量元素平均含量 (ppm)

标高(米)	Cu	Ag	Pb	Zn	Co	Mn	Cd	Bi	As	W	Sn	Mo	Cu/Mo	Ag×100/Mo
-400米以上(9)	2288	22	268	976	354	30	9.9	45	231	108	65	136	16.8	16.2
-400,-600米(3)*	597	6.3	106	111	303	25	5.4	37	103	40	75	300	1.99	2.1

Ag、Pb、Zn、Co、Cd、W 和 As 含量较高,-400 到-600 米标高之间显示了 Mo 的高含量。Cu/Mo、Ag×100/Mo 比值与 Cu 的变化规律一致,且更为明显。这种变化说明了该矿区 Cu、Mo 矿化具有垂直分带特征。利用黄铁矿中微量元素的垂向变化,有可能作为判断剥蚀程度的标志。Sinclair, A. J. 等人研究了加拿大斑岩型矿床的黄铁矿后指出,在某些情况下,黄铁矿的地球化学作为勘查方法具潜在远景,并有助于确定详查勘探的靶区^[8]。

六、结 论

根据上述讨论,斑岩铜(钼)矿成矿作用的地球化学特征,可归纳为以下几点:

1. 含矿岩体具有: SiO₂(62—68%)、K₂O + Na₂O (7—8%) 和 TFe + CaO + MgO 较高(>7%); Cu、Mo 和 Ag 的含量较高;岩体的黑云母和黄铁矿中 Cu 含量偏高;含矿岩体的特征参数及 Cu 的分布型式可粗略地指示岩体的含矿性。

2. 由于矿化的影响,矿区岩石中微量元素在空间分布上有一定规律,在矿体周围形成了明显的分带模式。

3. 蚀变过程中,常量和微量元素在不同的蚀变带有带入和带出;从强蚀变带到弱蚀变带,元素有一定变化规律;某些元素的高含量与一定的蚀变带相对应,可根据蚀变岩中主要成矿元素的高含量来圈定矿化有利地段。

4. 不同类型矿石中微量元素的研究,有助于区分矿化类型和进行矿床成因论证。同时,可以快速地根据主要元素组合特征,确定不同类型的铜矿。

5. 黄铁矿中微量元素及含量变化能指示矿化,分辨矿与非矿,有助于确定主要成矿期以及判断矿体的剥蚀程度等。

参 考 文 献

- [1] 地质部物探所铜矿组,物探与化探,3(1978),1—5。
- [2] Boyle, R. W., J. Geochem. Explor. 3(1974), 345—369.
- [3] Olade, M. A., J. Geochem. Explor., 7(1977), 59—71.
- [4] 朱炳球、徐外生,物探与化探,4(1981),213—220。
- [5] 谢学锦,区域化探,1979,地质出版社,192。
- [6] Lovering, T. G. *et al.*, U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 700-B.
- [7] Coope, J. A., J. Geochem. Explor., 2 (1973), 81—102.
- [8] Sinclair, A. J. *et al.*, British Columbia. Transactions of the society of mining engineers of AIME, 262, 2 (1977), 94—100.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MINERALIZATION OF PORPHYRY COPPER DEPOSITS

Zhu Bingqiu Xu Waisheng

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Dealt with in this paper are some geochemical characteristics of mineralization of porphyry copper deposits, especially those observed in intrusive bodies, wall rocks, alteration zones, ores and individual pyrites. Productive intrusions have been correlated with barren ones from such aspects as major and trace elements, copper contents of biotite and pyrite, and distribution pattern of copper. In the mineralized rocks, trace elements show apparent zoning surrounding ore bodies; major and trace elements seem to show some regularity of variation in the process of alteration, and as a result each alteration zone displays its own peculiar element combination. Trace elements in ores can provide information on the genesis of ore deposits, thus of great help in distinguishing ore types while those in pyrites may be indicative of mineralization, provide clues for distinguishing orebearing from barren rocks, and reflect the degree of erosion of ore bodies.



中国矿物岩石地球化学学会第二届理事会成立

中国矿物岩石地球化学学会第二届理事会已于 1983 年 11 月经该会全体会员通讯选举产生。3500 名会员有 72.2% 的人投了票。

新选出的第二届理事会已于同年 11 月底在北京召开了全体会议。会上听取了学会工作报告,修正通过学会章程,选举了十五人组成的常务理事会。涂光炽教授为理事长,程裕祺、徐克勤、叶连俊教授为副理事长,李正瑞为秘书长。

理事会认真讨论了学会工作报告,表示赞同第一届理事会的工作,认为几年来在开展各种学术活动,发展新技术和新兴边缘学科,加强学术界有共同要求的基础工作,向国际学术团体介绍我国矿物岩石地球化学现状,交流经验,培训技术干部和开展科普活动等方面做了许多工作,对我国矿物岩石地球化学学科的发展起了一定的促进作用。理事会一致同意今后五年的学会工作应侧重巩固和提高。

理事会通过设置《侯德封奖》(荣誉奖),以奖励在国民经济建设、发展科学上有重要贡献的我国中青年矿物岩石地球化学工作者。会议还就当前国际国内矿物岩石地球化学发展的动向和问题进行了热烈讨论。

(晓天 供稿)