

冬瓜山铜矿床卤族元素的分布特征 及其与成矿的关系

徐咏雪 张桂兰 李嘉曾

(南京地质学校)

安徽铜陵地区是我国重要铜矿产地,而冬瓜山铜矿床中铜的储量占该区总储量的四分之一。近年来,安徽省地质局321地质队对这类受石炭系控制的矿床进行了很多研究工作。1983年我们开展了卤族元素含量的分析和研究,对冬瓜山矿床的成矿规律进行了探讨。

一、矿床地质简介

冬瓜山矿床位于淮阳山字型构造前弧东翼下扬子台坳的贵池繁昌凹陷褶皱束之中,属铜陵狮子山矿田的一部分。

区内出露地层为三叠系下统,通过钻探知下伏有二叠系、石炭系和泥盆系。

矿区构造为青山背斜,矿床位于背斜近轴部及南东翼之北西和北东向的构造带中。区内较大的断裂破碎带有三条:由南向北有阴涝破碎带、铜塘冲破碎带、龙塘湖破碎带。

与矿床有密切关系的岩浆岩主要为闪长岩,它呈岩墙状和岩枝状产出,与围岩接触带矽卡岩发育。

区内有两种类型铜矿床。一类是矽卡岩型铜矿床,另一类是同生沉积-热液叠加改造型层控铜矿床。以后者为主矿体,主要赋存于石炭系黄龙组和船山组,上跨栖霞组,下延至高骊山组。矿体埋藏深度为-669米至-986米之间。矿体呈层状、似层状,与地层整合产出,与背斜轴部褶皱形态一致,沿走向呈缓波状,略向北东侧状。近闪长岩及背斜轴部处铜矿体加厚,含铜品位也相应增高。

根据矿物组合将矿石划分为八个类型:含铜矽卡岩矿石、含铜硫化物矿石、含铜硬石膏矿石、含铜滑石-蛇纹石矿石、含铜闪长岩矿石、含铜粉砂岩矿石、含铜黄铁矿-菱铁矿-磁铁矿矿石、含铜磁铁矿矿石。

矿石构造有微层状、条纹一条带状、块状、浸染状、细脉浸染状、角砾状、揉皱构造等。矿石结构为交代结构、交代溶蚀结构、粒状结构、填隙结构、胶状结构等。

与矿化密切有关的围岩蚀变为矽卡岩化、磁黄铁矿化、硬石膏化、硅化、碳酸盐化、钾化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化、金云母化等。

二、矿区及外围的卤族元素分布特征

1. 卤族元素测量的工作范围与方法

表1 矿区外围主要岩石
与地壳同类岩石的卤族元素含量(ppm)对比表

岩石类型	含量对比	F	Cl	F/(F+Cl)
页 岩	地壳平均 ^②	740	180	0.8
	冬瓜山矿区外围	257(6) ^①	63(3)	0.8
砂 岩	地壳平均 ^②	270	10	0.9
	冬瓜山矿区外围	148(22)	32(20)	0.8
碳酸盐岩	地壳平均 ^②	330	150	0.7
	冬瓜山矿区外围	178(27)	75(28)	0.7
闪长岩	地壳平均 ^③	500	100	0.8
	冬瓜山矿区外围	319(3)	119(3)	0.7

① 括号内为样品数；②依据涂里干和费德波1961年资料；③据维诺格拉多夫1962年资料。

② 从表2看出：区域地层中F、Cl含量低，Cu的含量亦低；二叠系大隆组、龙潭组、栖霞组及志留系茅山组F含量高，Cu的含量亦高， $F/(F+Cl) > Cl/(F+Cl)$ 。

③ 从冬瓜山矿区各时代沉积岩中卤族元素含量(表3)分析可看出： $F/(F+Cl)$ 与地

我们采集了区域地层47个样品、矿区外围石炭系50个样品、冬瓜山矿区652个样品，共计749个样品。通过离子选择电极测试了样品中卤族元素F、Cl、Br、I的含量，并进行了1/10样品的自检。由于Br、I仅出现在极少数样品中，且含量很低，故未予统计。

2. 卤族元素的分布特征

① 从冬瓜山矿区外围主要岩石卤族元素含量与地壳同类型岩石平均值对比(表1)可知，前者除闪长岩、砂岩中Cl含量较高外，其余均低于地壳平均含量，然两者 $F/(F+Cl)$ 比值相似，而且 $F/(F+Cl)$ 比值均大于 $Cl/(F+Cl)$ 比值。

表2 区域地层中铜及卤族元素含量(ppm)表

地层单元	地层时代	岩 性	主要含矿层位及元素组合	Cu	F	Cl	F/F+Cl
东马鞍山组	T _{2d}	白云质灰岩	Cu、S 狮子山	25.6(9)			
南陵湖组	T _{1n}	钙质灰岩、页岩		10.0(4)			
和龙山组	T _{1h}	钙质页岩、灰岩	Cu 大团山	17.1(14)			
殷坑组	T _{1y}	钙质页岩、灰岩		67.2(16)	208(15)	54(10)	0.8
大隆组	P _{2d}	硅质页岩夹灰岩	Cu、S、Mo 老鸦岭	118.0(17)	375(1)	80(1)	0.8
龙潭组	P _{2l}	砂页岩，含煤		168.0(16)	188(4)	78(4)	0.7
茅口组	P _{1m}	硅质页岩、灰岩	Cu、S、Fe 冬瓜山	95.5(13)			
栖霞组	P _{1p}	灰岩、燧石灰岩		11.5(13)	343(4)	35(2)	0.9
船山组	C _{3c}	灰岩		19.0(6)	65(25)	88(22)	0.8
黄龙组	C _{2h}	灰岩、白云岩		11.0(6)			
高骊山组	C _{1g}	砂页岩		11.0(4)	121(1)	110(1)	0.5
五通组	D _{3w}	砂岩		70.0	61(8)		
茅山组	S _{3m}	砂岩		246(14)	228(11)	9	
坟头组	S _{2f}	砂岩夹粉砂岩		145.0(14)			
高家边组	S _{1g}	粉砂岩夹页岩		78.0(14)			

据地矿部矿床地质研究所、安徽省地矿局1982年资料改编，括号内为样品数。

表 3 冬瓜山矿区各时代沉积
岩中卤族元素含量 (ppm) 表

层位	岩性	含 量	F	Cl	F/(F+Cl)
T _{1y}	页 岩		378 (3)	55 (2)	0.9
P _{2d}	页 岩		187 (5)	74 (4)	0.7
	硅质岩		196 (5)	79 (3)	0.7
P _{2l}	页 岩		188 (3)	75 (3)	0.7
	硅质岩		148 (2)	98 (2)	0.6
	粘土岩		150 (1)	50 (1)	0.8
	砂 岩		211 (10)	73 (9)	0.8
P _{1g}	页 岩		403 (4)	60 (4)	0.8
	硅质岩		700 (4)	48 (4)	0.9
C ₂₊₃	砂 岩		78 (3)	90 (3)	0.5
	灰 岩		39 (9)	28 (7)	0.6
	大理岩		11 (3)	27 (3)	0.3
	白云岩		181 (5)	75 (5)	0.7
	含铜蛇纹岩		488 (2)	74 (2)	0.9
C _{1g}	页 岩		195 (2)	44 (2)	0.8
	硅质岩		159 (2)	25 (2)	0.9
	砂 岩		204 (15)	48 (13)	0.8

括号内为样品数

壳平均含量比值基本一致；二叠系自上而下，F 的含量有所升高，中—上石炭统，F 含量有所下降，但在白云岩中及其底部与下石炭统接触部位的含铜蛇纹岩中，F 含量普遍较高。

④ 从表 4 看出：含铜蛇纹石矿石、含铜滑石石膏矿石、含铜磁黄铁矿矿石、含铜黄铁矿矿石，F 的含量明显偏高，且与 Cu 的含量成正相关；不同时代的含铜矽卡岩中则 Cl 的含量高，且 Cl/(F+Cl) 比值 > F/(F+Cl) 比值。

⑤ Cl 的高含量值还出现在两岩体的前锋部分、边缘部分、内外接触带的矽卡岩 (表 5) 以及角砾状矽卡岩中 (表 6)，其 F/(F+Cl) 比值均小于 Cl/(F+Cl) 比值。

⑥ 由表 7 可见，单矿物中以斜硅镁石、透闪石、蛇纹石含 F 较高，石榴子石含 Cl 较高。

三、卤族元素含量与冬瓜山矿床成矿的关系

本区从区域地层到矿区地层，整个基础为

表 4 矿石自然类型卤族元素及铜含量表

层位	矿 石 类 型	含 量	Cu (%)	F (ppm)	Cl (ppm)	F/(F+Cl)
P _{1g}	含铜黄铁矿磁黄铁矿矿石			264 (7)	63 (6)	0.8
	含铜矽卡岩			128 (14)	165 (10)	0.4
	黄铁矿矿石			394 (1)	125 (1)	0.8
	含铜硬石膏			250 (5)	191 (4)	0.6
C ₂₊₃	含铜黄铁矿磁黄铁矿矿石		1.83 (14)	247 (36)	84 (20)	0.7
	含铜磁黄铁矿矿石		1.09 (21)	527 (1)	100 (1)	0.8
	含铜矽卡岩		0.56 (15)	121 (11)	126 (10)	0.5
	含铜黄铁矿矿石		1.91 (22)	848 (8)	67 (3)	0.9
	含铜磁铁矿矿石		1.1 (2)	287 (5)	192 (3)	0.6
	含铜白云岩			198 (8)	72 (6)	0.7
	含铜硬石膏矿石		2.67 (8)	631 (7)	81 (6)	0.9
	含铜蛇纹石滑石矿石		2.1 (34)	1208 (41)	240 (36)	0.8
C _{1g}	含铜黄铁矿磁黄铁矿矿石			144 (1)	70 (1)	0.7

括号内为样品数

表5 岩体前锋、边缘、接触带矽卡岩卤族元素含量 (ppm) 表

地质位置	样品名称	钻孔中样品号	F	Cl	F/(F+Cl)
岩体前锋	闪长岩	ZK 501-9	150	610	0.2
	闪长玢岩	ZK 5021-1	72	1050	<0.1
	含铜磁黄铁矿	ZK 5817-5	75	140	0.3
	含铜黄铁矿	ZK 5817-8	62	200	0.2
	含铜磁黄铁矿、黄铁矿	ZK 5817-7	162	187	0.5
岩体边缘	闪长玢岩	ZK 6314-52	18	135	0.1
	白云质大理岩	ZK 6314-50	47	128	0.3
	含铜磁黄铁矿	ZK 6314-51	50	94	0.3
	含铜蛇纹岩	ZK 6314-53	35	106	0.1
	矽卡岩化闪长玢岩	ZK 5021-4	135	1500	0.1
	白云质大理岩+矽卡岩	ZK 5021-2	230	400	0.4
	矽卡岩+角岩	ZK 5021-3	27	550	<0.1
接触带矽卡岩	矽卡岩	ZK 501-1	104	130	0.4
	矽卡岩	ZK 501-6	170	330	0.4
	矽卡岩	ZK 501-7	104	220	0.3
	矽卡岩	ZK 501-8	98	440	0.2
	矽卡岩	ZK 501-10	160	580	0.2
	角砾状矽卡岩	ZK 501-11	75	500	0.1
	透辉石石榴石矽卡岩	ZK 5021-9	140	230	0.4
	矽卡岩	ZK 5021-11	160	210	0.4
	矽卡岩	ZK 5021-16	110	880	0.1
	含铜矽卡岩	ZK 5817-4	223	203	0.5
	含铜黄铁矿矽卡岩	ZK 5817-6	23	202	0.1

表6 角砾状矽卡岩卤族元素含量 (ppm) 表

样品名称	样品号	F	Cl	F/(F+Cl)
殷坑组角砾状矽卡岩	ZK 501-1	75	500	0.1
大隆组角砾状矽卡岩	ZK 5010-16	170	520	0.3
黄龙组、船山组角砾状矽卡岩	ZK 193-18	46	260	0.15

一低 F、Cl 区, 卤族元素含量均低于地壳平均含量 (除矽岩及闪长岩中含 Cl 较高外) 而且 $F/(F+Cl)$ 比值 $> Cl/(F+Cl)$ 比值, $F/(F+Cl) = 0.7-0.9$ 。

根据分析, F 与 Cl 的主要来源不同, 所以在不同类型矿床中, F 与 Cl 的分布特征亦不相同。

1. 矿区内燕山早期—末期的闪长岩 (110—170 百万年) 中 Cu 含量为 0.39%。闪长岩中卤族元素的含量以 Cl 的含量高为特征, 特别是在两个岩体的前锋和边缘部分、角砾状矽卡岩发育处及闪长岩与闪长斑岩的内外接触带中 Cl 的含量均高于 F, $F/(F+Cl)$ 比值 (0.1—0.4) $< Cl/(F+Cl)$ 比值。岩体中 F 的变化较小, 而 Cu 与 Cl 成正相关 (图1), 并且随着岩体深度的增加, Cl 的含量减少 (图2)。由此推测闪长岩中的 Cu 可能是以 Cl 的络合物 $R[CuCl_2]$ 、

表 7 单矿物卤族元素含量 (ppm) 表

矿物名称	采样位置	F (综合样)	Cl (综合样)
斜硅镁石	Z K 4215	5600	90
石榴子石	Z K 540	50	93
石榴子石	Z K 623	30	90
石榴子石	Z K 547	92	130
石榴子石	Z K 467	100	112
石榴子石	Z K 467	60	100
石榴子石	Z K 623	32	160
透闪石	Z K 5825	620	106
透闪石	Z K 5817	420	132
蛇纹石	Z K 5817	1400	50
黄铜矿	Z K 5817	76	
磁黄铁矿	Z K 5817	70	
黄铁矿	Z K 5817	35	
磁铁矿	Z K 5817	180	105

$[\text{CuCl}_3]$ 、 $\text{R}[\text{CuCl}_4]$ 及部分 $\text{R}[\text{CuF}_4]$ 的形式, 迁移搬运至接触带而后富集成矿的。故矿区矽卡岩矿床分布地区均为Cl的高含量地区。矽卡岩矿物透闪石和石榴石中Cl含量也相对较高, 故 $\text{Cl}/(\text{F} + \text{Cl})$ 比值大可作为矽卡岩铜矿床的找矿标志。

2. 冬瓜山矿区的主矿体分布在 C_{2+3} 层位中, 这类矿床的 $\text{F}/(\text{F} + \text{Cl})$ 比值 $>\text{Cl}/(\text{F} + \text{Cl})$ 比值, F、Cu、S三者均成正相关, 而Cl无明显规律 (图3、图4), 说明成矿与F的活动关系密切。

在 C_{2+3} 地层中, F含量低于上部层位和下伏层位, 只是在其底部与 C_{1g} 接触的白云岩中F平均含量达181ppm, 且含Cu可达0.1至

0.16%。这是由于含Cu的络合物易交代白云岩, 而 C_{1g} 地层则起了屏蔽作用之故。

上部二叠系大隆组、龙潭组及下伏志留系茅山组、坟头组, F与Cu含量均高, 而且成正相关, Cl却无明显变化趋势。由此推测, C_{2+3} 层位中F与Cu的来源, 除火成岩提供一部分外, 主要可能来自地层。

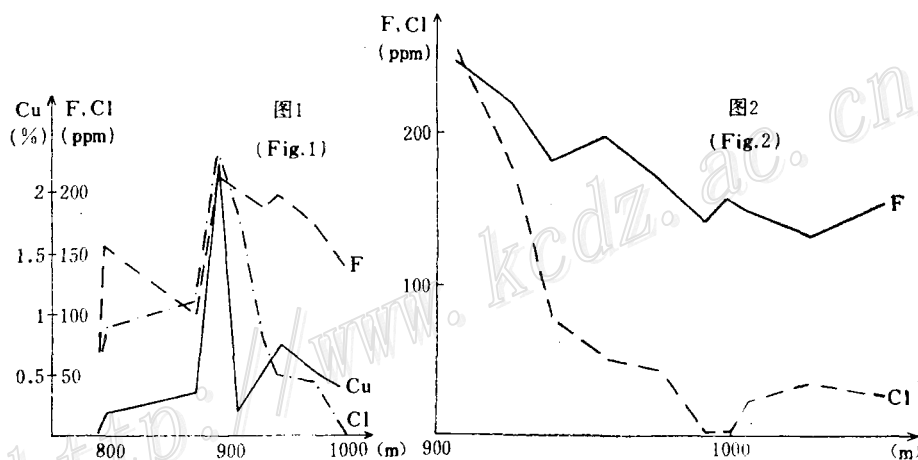


图 1 岩体中氟、氯、铜含量变化图

Fig. 1. Diagram showing variations in fluorine, chlorine and copper contents in the intrusive body.

图 2 氟、氯含量与岩体深度相关图

Fig. 2. Diagram showing variations in fluorine and chlorine contents with the depth of the intrusive body.

据对地下水化学成分的研究, 地下水、地表水、雨水本身含F、Cl较高。并且从表3中可知含盐度 (主要是F) 常随深度的增加而增加。本矿区的裂隙、溶洞较发育, 含水较丰富。

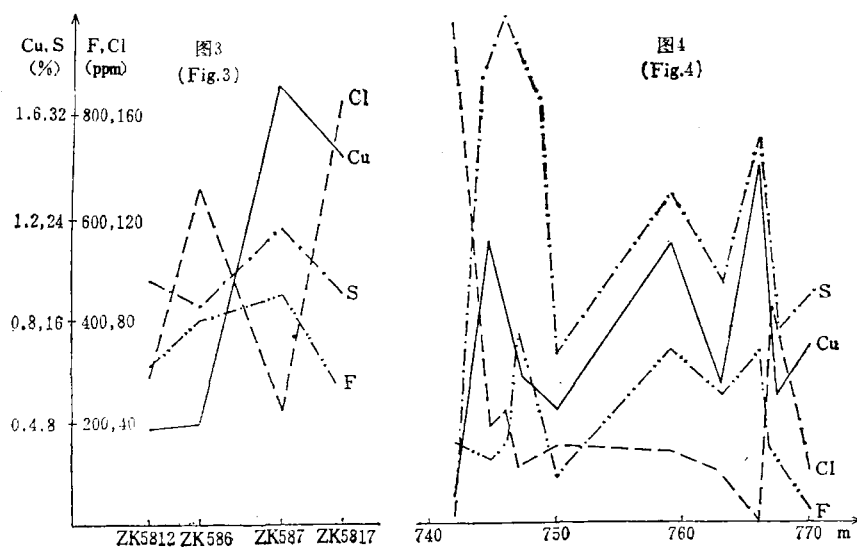


图 3 58线铜、硫、氟、氯含量变化曲线图

Fig. 3. Variations in copper, sulfur, fluorine and chlorine contents along exploration line No. 58.

图 4 ZK₅₀₁铜、硫、氟、氯含量变化曲线图Fig. 4. Variations in copper, sulfur, fluorine and chlorine in drilling core ZK₅₀₁.

矿区北部龙塘湖破碎带为一张性裂隙, 岩性破碎, 见多段角砾岩, 地下水活动强烈, 故裂隙为含F、Cl、Cu的地下水渗透创造了良好的条件。含F、Cl的地下水将二叠系、志留系中的Cu活化转移出来, 并与F (Cl) 组成络合物。在自下向上搬运过程中, 首先遇到的是含大量硫化物的地层, 由于pH值、Eh值、温度、压力的改变, 使络合物破坏, 而使 Cu^{2+} 与 C_{2+3} 层中的硫大量结合, 以充填和交代 (因白云岩本身是极易被交代的) 的方式, 以黄铜矿再沉淀。

F于蛇纹石、滑石、斜硅镁石等矿物中的高度集中亦取决于其本身的晶体化学性质。F的离子半径为 $1.33 \text{ \AA}$, 与 $(\text{OH})^-$ 的离子半径 ($1.33 \text{ \AA}$) 相似, 所以极易占据蛇纹石、透闪石、滑石、斜硅镁石等含水矿物晶格中 $(\text{OH})^-$ 的位置, 而呈类质同象替换。

故 $\text{F}/(\text{F} + \text{Cl})$ 比值大于 $\text{Cl}/(\text{F} + \text{Cl})$ 比值可作为找同生沉积-热液叠加改造型层控矿床的找矿标志。

本工作是在安徽省地矿局 321 队大力支持下, 南京地质学校徐邦梁副教授的组织指导下完成的, 本文还经徐副教授审阅, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 〔1〕 南京大学地质系 1977 地球化学 科学出版社
- 〔2〕 武汉地质学院地球化学教研室 1979 地球化学 地质出版社
- 〔3〕 南京大学 1981 矿床学 地质出版社
- 〔4〕 武汉地质学院 1980 矿床学 地质出版社

THE DISTRIBUTION OF HALOGEN ELEMENTS IN THE DONGGUASHAN COPPER ORE DEPOSITS AND ITS RELATIONSHIP WITH MINERALIZATION

Xu Yongxue, Zhang Guilan and Li Jiazeng

(*Nanjing Geological School*)

Abstract

The Dongguashan copper deposits occur mainly in the Middle-Upper Carboniferous Huanglong-Chuanshan Groups. Orebodies are fairly large in size and the copper grade is relatively high. The quantitative analysis of 749 samples for halogen contents indicates that there exist obvious relations between the distribution of fluorine-chlorine and mineralization.

Two kinds of copper ore deposits are observed in the Dongguashan mining area. One is made up of contact-metasomatic skarn type copper deposits which are characterized by comparatively high chlorine content in relevant rocks such as diorite and skarn, $F/F + Cl < Cl/F + Cl$, and direct correlation between copper and chlorine; the other consists of stratabound copper deposits or syngenetic sedimentary-hydrothermal superimposition transformation deposits which are to be emphatically investigated in this paper. This sort of deposits have a close relationship with fluorine, $F/F + Cl > Cl/F + Cl$ and positive correlation between copper and sulfur. They are strictly controlled by such factors as rock properties, strata and structures. Among the ore-bearing horizons (C_{2+3}) of syngenetic sedimentary-transformed copper deposits, the dolomite which serves as "ore protore layers" has the highest fluorine content, suggesting that the mixed hydrothermal solution must have derived copper from the upper (Permian) and lower (Silurian) strata during circulation, and superimposition and transformation might have taken place as solution migrated through the "ore protore layers" which resulted in the formation of thick and rich orebodies.

The dolomite "ore protore layers" in Middle and Upper Carboniferous strata should therefore be regarded as an important indicator in the prospecting for sedimentary-hydrothermal superimposition-transformation copper deposits of Dongguashan type in the middle and lower reaches of the Yangzi River.