维普资讯 http://www.cqvip.com

第34卷 第6期
1998年11月

地质与勘探
GEOLOGY AND PROSPECTING

Vol.34 No.6
November,1998

P618.310.8

冯家山夕卡岩型铁铜矿床水化学异常特征及找矿标志*

P618.440.8

蒋敬业 谭大芳 胡国俊 张丽春
(中国地质大学·武汉·430074)

冯家山夕卡岩型铁铜矿床水化学异常清晰,衬度高,最有效的找矿指标是 Cu^{2+} 和 SO_4^{2-},其次是 Mo^{4+}、Zr^{2+} 和 Ag^{+}。对于夕卡岩型矿床,pH值无异常,没有明显的指示意义。研究表明,亚热带气候条件下,由于温度高、雨量多,促进了硫化物的氧化而补偿了降雨的稀释作用。因此,水化学方法是十分有效的找矿方法,旱季和雨季不影响方法效果。

关键词 水化学找矿 夕卡岩型铁铜矿床 亚热带 鄂东南

1 研究区景观地球化学特征

冯家山矿床位于湖北大冶县城南约4km,属下扬子北缘长江中下游铁铜成矿带西段鄂东南成矿区[1]。该区为亚热带多雨湿润区,雨量足、气温高,年平均降雨约1500mm,4月~7月为雨季,11月至来年2月为旱季,最高月降雨量达400mm;7月平均温度最高,为29.3℃,1月最低亦在2℃以上。由于气温高,雨量多,风化作用强烈,岩浆岩体多呈负地形,沉积岩区多为浅丘低山。

岩石的含水特征是:灰岩裂隙、溶洞发育,为裂隙溶洞型含水岩石;灰岩与岩浆岩接触带常发育夕卡岩,夕卡岩致密、裂隙少,且多被方解石脉充填闭合,成为隔水层;石英闪长岩致密,只在表层风化裂隙带形成风化裂隙水,深度不大,5m~30m,因此亦为隔水层。以上3类岩石空间分布构成了地下水的水力联系(图1)。碳酸盐岩的裂隙岩溶水向山麓运移,遇夕卡岩或岩体阻隔,或溢出成泉,或由于沟谷切割以潜水渗出补给河流。由于夕卡岩带是矿化发育的有利部位,因此有利于应用水化学找矿。

2 矿床地质及地球化学特征

冯家山矿床位于阳新复式岩体北西仰起端(图2),主岩体为花岗闪长岩,局部为石英闪长岩,属燕山早期产物,矿化则主要与石英闪长岩有关。二叠系、三叠系以灰岩为主的沉积岩构成冯家山倒转背斜主体,它是一被岩浆吞蚀未尽之半岛状大型残留体。

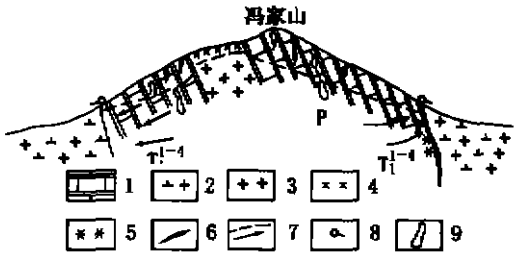

图1 冯家山矿床水力联系示意图

P—二叠系;T_1^{1-4}—下三叠统大理岩;1—大理岩;2—石英闪长岩;3—花岗斑岩;4—风化裂隙带;5—夕卡岩化带;6—矿体;7—潜水面及潜水流向;8—泉;9—溶洞、溶孔

矿化与早期岩浆活动有关,在灰岩与岩体接触带上常发育夕卡岩,已发现16处具一定规模的夕卡岩带。矿化主要集中在冯家山东侧夕卡岩带中,根据矿化集中情况划分为Ⅰ、Ⅱ两个矿化带。Ⅰ号矿化带是矿体主要集中段,矿化断续长800m,斜深56m~270m。Ⅱ号矿带由数个小矿体组成。矿石主要金属矿物为磁铁矿、黄铜矿,其次为斑铜矿、黄铁矿、辉钼矿、赤铁矿等。矿区主要岩、矿石化学成分见表1,与鄂东南典型代表矿床铜录

本文1997年7月收到,王延忠编辑。
* 地质行业基金资助,编号:90024。

维普资讯 http://www.cqvip.com

山铁铜矿床的地球化学特征一致[2]。由表 1 可见，岩体具富铜贫铅特征，蚀变大理岩和蚀变石英闪长岩(包括内、外带夕卡岩)Cu、Ag、Zn、Pb、Mo 明显增高，显示夕卡岩化过程与成矿关系密切。矿石化学成份以 Fe、Cu 为主，伴有少量 Ag、Mo、Zn、Pb 含量很低。

表 1 主要岩、矿石类型元素平均含量 10^{-6}

岩石类型	样数	Cu	Fe	Mo	Pb	Zn	Ag	Mn
下三叠统灰岩	11	3.2		<3	<5	48	0.058	426
石英闪长岩	8	67		<3	11.4	63	0.061	670
斑状石英闪长岩	7	53		<3	9.5	46	0.068	528
蚀变大理岩	8	327		4.8	15.3	117	0.165	537
蚀变闪长岩	5	226		7.6	235	86	0.103	867
铜铁矿石	9	1.39%	27.67%	104	26.6	321	6.32	3300
铜矿石	7	1.07%	13.51%	131	37.2	98	14.76	1270
世界富钙花岗岩*		30		1.0	15	60	0.051	540
世界碳酸盐岩*		4		0.4	9	20		1100

* Turekian and Wedepohl(1961)

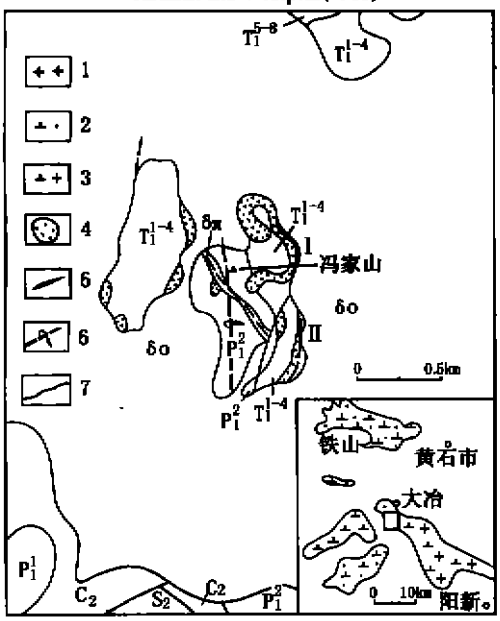

图 2 冯家山矿床及外围地质略图

T_1^{1-4}—下三叠统下部大理岩、灰岩；T_1^{5-8}—下三叠统上部大理岩、白云质大理岩；P_1^1—下二叠上段灰岩；P_1^2—下二叠统下段灰岩；C_2—中石炭统灰岩、白云岩；S_2—中志留统泥质粉砂岩；δo—石英闪长岩；δπ—闪长斑岩；1—闪长岩；2—石英闪长岩；3—花岗闪长岩；4—夕卡岩；5—矿化带及编号；6—倒转背斜；7—地质界线

3 水化学工作方法与天然水中元素含量特征

在研究区 $7km^2$ 内采集井、泉及 1 级水系和部分 2 级水系的河水(图 3)。共在 29 处采样，采重复样 6 件。

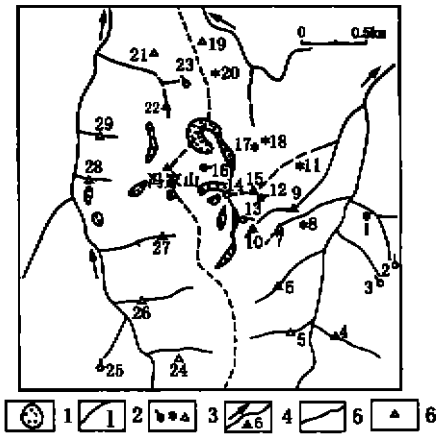

图 3 采样点位分布图

1—夕卡岩；2—矿化带；3—水点类型：泉、井、溪水；4—样点位置及编号；5—分水岭；6—山峰

对每一采样点，现场测定水温、气温、水流量和 pH 值，记录采样点地质及水文地质特征。每一样点采水样二瓶：一瓶 500ml，用快速滤纸滤去悬浮物，用盐酸酸化至 pH = 2 左右，回驻地立即进行 PAN - CdS 共沉淀法处理，将沉淀物过滤带回室内作光谱近似定量分析 Cu、Pb、Zn、Ag 等 16 种微量元素；另一瓶取样 100ml，回驻地用比浊法测定 SO_4^{2-}，滴定法测 HCO_3^- 和 CO_3^{2-}。

对 Cu、Pb、Zn、Ag、As、Sb、Bi、Sn、Ni、Co、Cr、Be、Mo、Ga、Ti、V 等 16 种元素进行测试，其中 Cu、Zn、Pb、Mn、V、Ti 报出率达 100%，

维普资讯 http://www.cqvip.com

Ag、Mo分别为84%、53%,其他元素仅个别样品可以检出,报出率小于30%。故仅对Cu、Pb、Zn、Ag、Mo、V、Ti等元素和SO_4^{2-}、HCO_3^-、CO_3^{2-}进行了数据处理。扫视分析结果,并与实际地质背景对比,明显发现Cu、Mo和SO_4^{2-}离子含量在矿化区和背景区差别明显,泾渭分明。背景区Cu含量一般<5μg/l,SO_4^{2-}<10mg/l,而矿化区Cu>10μg/l,SO_4^{2-}>20mg/l。矿化区和背景区各种地球化学指标特征如表2:

表2　水中主要金属元素(μg/l)和阴离子(mg/l)含量特征

		Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	V	Ti	SO_4^{2-}	HCO_3^-	pH
背景区	$\bar{X}_0$	3.5	0.44	6.9	0.044	1.56	3.64	40.7	8.4	103.61	7.55
	R	1.0~6.6	<0.25~1.10	2.4~11.0	0.031~0.088	0.23~4.51	0.64~12.0	1.2~85.0	5~20	37.1~314.0	6.8~8.3
	S	1.7	0.29	3.2	0.016	1.37	1.58	37.3	4.7	87.2	0.41
矿化区	$\bar{X}_a$	31.3	0.54	15.7	0.016	13.25	6.03	44.73	104.4	113.06	7.76
	R	12.3~65.0	<0.25~1.30	5.6~32.0	0.027~0.096	0.73~50.0	1.2~34.5	5.3~139.0	16~160	62.6~256.9	6.7~8.3
	S	15.9	0.39	7.9	0.064	21.93	7.8	38.9	44.6	61.9	0.54
$\frac{\bar{X}_a}{\bar{X}_0}$	K	8.9	1.2	2.3	1.5	8.5	1.7	1.1	12.4	1.1	
A	$\bar{X}$	0.69	0.02	1.42		0.25			5.75		
	R	<0.11~2.33	<0.25~0.70	<0.29~2.52		0.06~1.52			3.5~8		
B	$\bar{X}$	0.65	0.40	17.2		1.02			7.52		
	R	<0.25~1.0	<0.25~0.80	5.6~29.7		0.2~1.4			2.4~13		

$\bar{X}$—平均值;R—含量区间;S—均方差;背景区样数为15;矿化区样数为14;A区样数为13;B区样数为7

由表2可见,矿化区与背景区具最明显差别的是Cu、Mo、SO_4^{2-}、Zn,其次是Ag、Pb在水中含量极低。这些特征与矿石组分特征(表1)极为一致,表明水化学成分对矿石组份的响应极好。与第二松花江流域中低山花岗岩背景区裂隙水(A)[①]和吉林六道沟Cu—Mo矿区背景水(B)相比[3],显示了铜含量高的典型特征,反映了长江中下游为"富铜省"的区域地球化学特征。从研究区异常衬度值($\bar{X}_a/\bar{X}_0$)来看,以SO_4^{2-}、Cu、Mo最高,达8.5~12.4,其次是Zn为2.4倍,而Ag、Pb、V仅略高于背景,其他元素只能圈出个别点异常。因此,从异常衬度值看,SO_4^{2-}、Cu、Mo圈定的异常将会最清晰。

对主要成矿元素与其他组分关系进行R型相关分析(表3)和R型聚类分析(图4)。

表3　成矿元素Cu与其他指标的相关系数表

	Pb	Zn	Ag	Mo	V	Ti	SO_4^{2-}	HCO_3^-	pH
矿化区($n=14$)	0.161	0.460	0.441	0.500	0.468	0.439	0.417	-0.201	0.213
背景区($n=15$)	-0.179	-0.181	0.293	0.433	0.103	-0.148	0.374	-0.290	-0.073

$n=15, r_{0.05}=0.514; n=14, r_{0.05}=0.532$

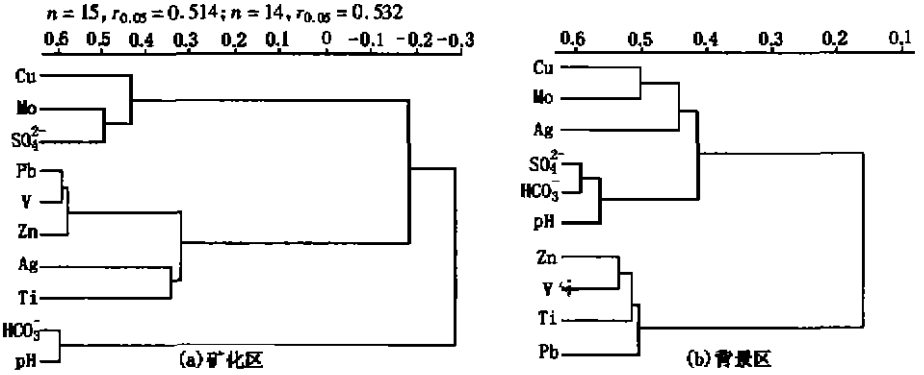

图4　R型聚类分析谱系图

① 崔连生,等.第二松花江流域地下水环境背景值调查研究。国家"六五"科技攻关项目科研报告,1985

维普资讯 http://www.cqvip.com

可见，成矿元素无论在背景区还是矿化区，与其他元素均不存在显著的相关联系。不过相对来看，Cu 与 Mo、SO_4^{2-} 的相关系数大一些。从聚类谱系图看，Cu、Mo、SO_4^{2-} 在矿化区紧密相聚为一簇，而 Pb、V、Zn、Ag 及 Ti 为一簇，HCO_3^- 和 pH 为一簇，显示最有找矿意义的是 Cu、Mo 和 SO_4^{2-} 3 个指标。另外，矿化区的元素组合与背景区（石英闪长岩）的元素组合（三簇）基本对应，反映成矿作用与岩浆活动密切联系。

4 水化学异常特征

前述分析表明，水化学异常显示最清晰的是 Cu、Mo、SO_4^{2-}，其次是 Ag、Zn。对上述指标按背景值加二倍均方差作异常下限，并按异常下限的 1、2、4 倍划分外、中、内三级浓度分带，绘制了研究区水化学异常图（图 5）。

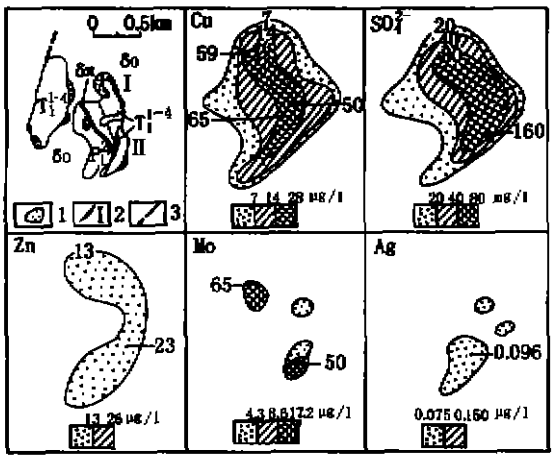

图 5 研究区水化学异常图

T_1^{l-4}—下三叠统灰岩；P_1^x—下二叠统灰岩；
δo—石英闪长岩；δx—闪长斑岩；1—夕卡岩；
2—矿化带及编号；3—实测、推测断层

由图 5 可见，Cu 和 SO_4^{2-} 异常与地质及矿化特征吻合最好，异常清晰，浓度梯度明显，外带异常基本上包括了所有夕卡岩带，内带则包括了矿化带及其向北、东、西的地下水流渗方向。Zn 只有低含量的外带异常，包括了矿化带；Mo 元素因分析检出限偏高、报出率低，仅有高含量的点异常，而且，4 个 Mo 异常中，3 个分布在矿化带外侧，出现在弱碱性水（pH）> 8.2 中，显示了 Mo 在碱性环境中有较强迁移能力；Ag 异常为弱异常，主要分布在Ⅱ号矿化带外侧。

地球化学异常特征表明，水化学方法对于圈定矿化夕卡岩和矿化带效果显著，具有判别和预测矿化的能力。

需要指出的是，对于夕卡岩型矿床来说，酸碱度指标 pH 不是矿化的有效找矿标志。本区发育于碳酸盐岩区的地下水，pH 均大于 8，小于 9.5，为弱碱性质，发育于岩体的地下水 pH < 7，为弱酸性水。矿化带上水 pH 值变化大，多数样点水的 pH 范围在 7.5 ~ 8.0，有的则在 7.0 左右（如 13、14 号样点）。而坑道矿体上的流渗水 pH 值高达 8.5，SO_4^{2-} 高达 232mg/l。由于碳酸盐水解中和硫化物氧化产生的 H^+，H^+ 受氧化强度和矿石中硫化物含量的多寡控制，因而 pH 值在矿化区波动大，不能有效指示矿化带。这与一般情况下（铝硅酸岩为围岩）硫化物矿床氧化带形成酸性水可以用 pH 值作找矿指标是不同的[4]。

通过对几个主要异常控制点的雨季（6 月）和旱季（10 月）采样分析（表 4），研究了雨旱两季水化学异常的变化特征。

由表 4 可见，雨季水流量增加了 3 ~ 6 倍，水中 Cu 含量未见降低反而多有增高；而 SO_4^{2-} 含量则有不同程度的降低，但幅度不大，与水流量的增加不成比例。这种现象很可能与黄铜矿、斑铜矿电极电位低（标准电极电位 0.29V ~ 0.42V），黄铁矿电极高（标准电极电位 0.41V ~ 0.49V）有关。因为黄铜矿与黄铁矿构成“原电池”，黄铜矿氧化溶解，黄铁矿还原。在电化学溶解过程中，黄铜矿、斑铜矿总是氧化溶解的，从氧化速率看，黄铜矿氧化强于黄铁矿。因此，在夏季强烈氧化过程中，Cu 离子大量产生，使水中 Cu 含量增高，而黄铁矿是 SO_4^{2-} 主要供应源，其氧化受 Cu 硫化物抑制，故雨季 SO_4^{2-} 含量反而有所降低。

维普资讯 http://www.cqvip.com

总起来看,雨旱两季对水化学指标含量影响并不严重,更何况亚热带旱、雨两季雨量不如北方干旱区差异大,且高温多雨的夏季更有利于化学风化,削弱了降雨的影响。因此,北方干旱区旱季成矿元素浓度高,有利于找矿,而在亚热带多雨区,则无论旱季、雨季,主要地球化学指标异常强度高,清晰可辨,水化学方法找矿不受影响。

表4　主要异常点雨旱两季异常强度对比表

点号	水样意义	流量(l/s)		Cu(μg/l)		SO_4^{2-}(mg/l)	
		91.10.8(旱季)	92.6.11(雨季)	91.10.8(旱季)	92.6.11(雨季)	91.10.8(旱季)	92.6.11(雨季)
10	切过Ⅱ号矿带沟水	0.185	1.10	43	60	160	115
13	Ⅱ号矿带东侧泉水			40	87	75	45
14	Ⅰ号矿带南端泉水			65	272	75	65
15	Ⅰ号矿带南端冲沟	0.04	0.11	30	77	135	115
17	Ⅰ号矿带东侧民井			25	42	160	80
22	Ⅰ号矿带北侧沟水	0.19	0.55	59	36	155	175
平均异常衬度				12.5	17.2	15.1	11.8

5　结论

本研究虽是在已知矿床上的试验,但对我国南方亚热带地区寻找内生铜矿床仍具有普遍意义:

1)夕卡岩型铜矿床的最有效的找矿指标是 Cu、SO_4^{2-},其次是 Mo、Zn 和 Ag,pH 值的指示意义不佳。

2)水化学找矿方法在亚热带多雨湿热区是有效可行的,采样季节基本不影响找矿的效果。

参考文献

1　常印佛,刘湘培,吴言昌.长江中下游铁铜成矿带.北京:地质出版社,1992

2　周亚特.铜录山铜矿床地球化学特征及外围成矿预测.见:勘查地球物理勘查地球化学文集(第二集).北京:地质出版社,1985

3　Jiang Ruijin, Ren Tianxiang, Zhang Hua, et al. Orientation hydrogeochemical survey of the Liudaogou Cu – Mo mineralized zone in a basalto – overed area northern xtern chaina. Journal of Geochemical Exploration. 1994(51), 1

4　阮天健,朱有光.地球化学找矿.北京:地质出版社,1984

CHARACTERISTICS OF HYDROCHEMICAL ANOMALIES AND PROSPECTING CRITERIA OF THE FENGJIASHAN SKARN Fe – Cu DEPOSIT

Jiang Jingye, Tan Dafang, Hu Guojun, Zhang Lichun

The hydrochemical anomalies of the Fengjiashan skarn Fe – Cu deposit are characterized by high contrast. Cu^{2+} and SO_4^{2-} are the most effective indicators for geochemical prospecting, while Mo^{4+}, Zn^{2+} and Ag^{+} take the second place. pH shows no anomaly and has no significant meaning for skarn deposit. The research indicates that under the condition of subtropic region, owing to the abundant rainfall and the high temperature, the promoted oxidation of sulfides can compensate the dilution by rain. The hydrochemical prospecting serves as an effective prospecting method which may not be affected by dry or rainy season.

Key words　hydrochemical prospecting, skarn Fe – Cu deposit, subtropic region, southeast Hubei

第一作者简介:

蒋敬业　男,1943年生。1967年毕业于北京地质学院勘探系,1982年获地球化学硕士学位。现任中国地质大学(武汉)地球科学学院副教授,主要从事地球化学科研和教学工作,专长为地球化学勘查、金矿化探及水化学勘探。

通讯地址:湖北省武汉市关山街鲁磨路31号　中国地质大学(武汉)地球化学研究所　邮政编码:430074