云南宋家坡斑岩铜矿地电化学异常特征及机制

罗先熔 胡云沪
(桂林工学院隐伏矿床研究所，桂林)

提 要：宋家坡斑岩铜矿地电提取异常特征是 Zn＞Cu＞Pb，呈现明显的电化学型异常标志。模拟实验结果得出，斑岩铜矿体具有较强的电化学溶解能力，斑岩铜矿电导率异常呈低背景，高强度，典型“兔耳状”形态分布，其成分组成主要是 SO_4^{2-}，HCO^{3-}，Mg^{2+}。

关键词：斑岩铜矿 地电化学 异常特征 形成机制 云南

1 矿床地质特征简况

宋家坡斑岩铜矿位于三江褶皱带南段，兰坪-思茅中生代断陷盆地的两侧，东西两侧被红河-元江深断裂和澜沧江深断裂所夹持。夹持的地体范围由北向南逐渐加宽，宋家坡斑岩铜矿正位于由窄变宽的转折部位。

矿区出露地层主要是白垩系下统和侏罗系及上三叠系。区内构造以近南北向为主，宋家坡铜矿正位于三叠系上统火山岩组成的近南北向背斜核部，附近发育一些近南北向、北北东向的断裂。

区内岩浆活动除三叠系上统陆相火山岩较发育外，还有次火山岩体侵入。

火山岩岩性有玄武岩、安山玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩，次火山岩则有闪长斑岩、英安斑岩、钠长斑岩、流纹斑岩等，斑岩成矿作用主要与闪长斑岩、英安斑岩关系密切。

宋家坡铜矿目前已露采的两处采场看，可分为两条矿体，1 号矿体位于 1052 山头，揭露长 150 m，宽 20～30 m，品位 0.9%～7%，矿体产于次火山斑岩——英安斑岩中，蚀变较强的钾化带内。2 号矿体位于 1 号矿体之南西约 500 m，产于闪长斑岩中，矿化也与钾蚀变有关，矿石以浸染状矿石为主，矿石矿物成分为：辉铜矿、斑铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿。

2 地电化学异常特征

为了解宋家坡斑岩铜矿的地电化学异常特征，在矿区本部和矿区北部各选择了一条含铜二长斑岩体剖面开展地电化学测量工作，同时采集含铜二长斑岩的岩石标本 6 块，带回室内做地电化学溶解机理研究。

2.1 矿区本部 A 剖面地电化学异常特征

(1) 地电提取异常特征：A 剖面长 2000 m，按 50 m 等距布置 41 个测点，采用 180 V 干电池供电 48 小时，提取分析 Cu、Pb、Zn 等元素，结果在含铜二长斑岩体上测出了清晰的

异常，见表 1。

表 1 宋家坡斑岩铜矿 A 剖面地电提取异常特征

元素	异常点位	背景值 /10^{-6}	异常强度 /10^{-6}	衬度	异常宽度/m	异常形态	异常与含铜斑岩体空间关系
Cu	8～31	40	80～240	2～6	1000	呈三峰形状，中间峰值低于两边峰值	异常区域覆盖了含铜二长斑岩的赋存位置
Pb	10～33	10	20～60	2～6	1000	同上，Pb 异常与 Cu 异常同步出现	异常区域覆盖了含铜二长斑岩的赋存位置
Zn	8～28	50	100～300	2～6	1000	呈多峰形态，与 Cu、Pb 异常基本同步	反映了含铜二长斑岩的赋存位置

(2) 土壤离子电导率异常特征：在 A 剖面按 20 m 等距布置 100 个测点，开展土壤离子电导率测量工作，结果在含铜斑岩体上方测出了清晰的“兔耳状”离子电导率异常。

异常分布在剖面的 11～32 点，异常强度为 4～12 μs/cm，异常是背景的 2～7 倍，异常的凹部正是隐伏含铜斑岩体的中心部位。

2.2 矿区北部 B 剖面地电化学异常特征

(1) 地电提取异常特征：B 剖面长 600 m，按 20 m 等距布置 30 个测点，采用 190V 干电池供电 50 h，提取分析 Cu、Pb、Zn 等元素，在地质预测的含铜斑岩体上方测出了清晰的异常（表 2）。

(2) 土壤离子电导率异常特征：在 B 剖面的 11～21 点测出了清晰的“兔耳状”土壤离子电导率异常，异常强度为 12～21 μs/cm，异常是背景（4 μs/cm）的 3～5 倍，呈现明显的低背景、高强度特征，异常的凹部正是地质上预测的含铜斑岩体赋存中心部位。

表 2 宋家坡斑岩铜矿 B 剖面地电提取异常特征

元素	异常点位	背景 /10^{-6}	异常强度 /10^{-6}	衬度	异常宽度/m	异常形态	异常与含铜斑岩体的关系
Cu	13～22	40	100～160	2.5～4	200	呈三峰状	异常指示了预测的含铜斑岩体的位置
Pb	14～22	10	30～60	3～6	200	呈三峰状态，与铜异常同步	异常指示了预测的含铜斑岩体的位置
Zn	12～22	50	150～250	3～5	220	呈多峰形态	异常指示了预测的含铜斑岩体的位置

2.3 地电化学异常标志

通过对宋家坡斑岩铜矿的电化学异常特征分析，可以看出，在空间上地电化学异常和斑岩铜矿对应关系是十分清楚的，而且在异常的发育特点上具有以下几点明显的标志。① 地

电提取异常是 Zn>Cu>Pb，Cu、Zn 异常完全同步出现，Pb 异常稍有差别，呈现明显的电化学型异常标志；② Cu、Zn 异常呈三峰形状展布，Pb 异常呈多峰形状展布；③ 土壤离子电导率异常呈现低背景、高强度差值分布；④ 土壤离子电导率异常呈典型的兔耳状形态分布。

3　斑岩铜矿的电化学溶解能力

为探讨斑岩铜矿产生电化学溶解能力，在室内做了斑岩铜矿标本的电化学溶解模拟试验：将一块长 10 cm，宽 6 cm，高 4 cm 的斑岩铜矿标本，放在一个 2000 ml 的烧杯中，加入 100 ml 去离子水，采用碳棒分别作为阴、阳极，通入 150 V、250 mA 直流电。当电源接通后，浸在水中的标本即为一个电解池，电流通过阳极从溶液进入标本 A 端，而从 B 端流出进入溶液。A 端相当电解池阴极，B 端为阳极。标本在人工电场的激发下，便产生了电化学溶解，电解出的 Cu^{2+} 离子不断进入到溶液中，随电解时间的加长，溶液中的 Cu^{2+} 离子含量是在逐渐增高（表 3），说明斑岩铜矿的电化学溶解能力是较强的。

表 3　斑岩铜矿标本的电化学溶解情况

电解时间/h	6	12	18	24	30	36
溶液 Cu^{2+} 含量 /10^{-6}	4.65	5.46	18.6	26.2	34.5	42.8

在模拟试验中，还观测到了斑岩铜矿体产生电化学溶解的宏观现象。当电解到 12 h，在阴极附近标本的 A 端，可清楚看到生成的浅蓝绿色絮状沉淀物。随着电解时间的增长，这种浅蓝绿色絮状沉淀物也越增越多。这一宏观现象也阐明了模拟的斑岩铜矿标本确是产生电化学溶解。

模拟试验结果，证明在自然电场或人工电场的作用下，斑岩铜矿完全能够产生电化学溶解作用，所电离出来的金属离子在外电场的作用下可源源不断被地表所装置的地电提取电极所提取。通过对提取的样品测试分析，可达到寻找隐伏斑岩铜矿的目的。

4　斑岩铜矿土壤离子电导率成分特征

为详细了解宋家坡斑岩铜矿土壤离子电导率异常是由哪些种类离子组成，不同种类离子的含量与 电导率的相关程度如何。对在宋家坡斑岩铜矿采集的 40 个样品，全部进行水可溶性离子成分分析，然后对测试数据进行相关分析，结果见表 4。

从表 4 中可看出，电导率与各水溶性离子的相关程度有如下顺序。

$Con \rightarrow SO_4^{2-} > HCO_3^- > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+ > K^+ > Mn^{2+} > Fe^{3+} > Cl^- > H^+ > F^-$

相关系数大于 0.5 有 SO_4^{2-}、HCO_3^-、Mg^{2+}，相关系数在 0.2～0.5 之间的有 Ca^{2+}、Na^+、K^+、Mn^{2+}、Fe^{3+}，基本不相关的有 Cl^-、H^+、F^-。

表 4 宋家坡斑岩铜矿土壤水溶性离子与土壤离子电导率相关系数矩阵

	Con	H^+	F^-	Na^+	K^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Mn^{2+}	Cl^-	Fe^{3+}
Con	1	−0.014	−0.16	0.36	0.34	0.58	0.63	0.53	0.39	0.28	0.08	0.30
H^+		1	0.03	0.53	−0.21	−0.38	−0.19	−0.36	−0.66	0.25	0.20	−0.08
F^-			1	0.19	0.20	−0.26	−0.18	−0.28	0.28	−0.43	−0.18	−0.26
Na^+				1	−0.20	−0.33	0.03	−0.20	−0.60	0.10	0.14	−0.04
K^+					1	0.40	0.20	−0.16	0.50	0.36	0.14	−0.10
HCO_3^-						1	0.27	0.60	−0.04	−0.08	0.36	−0.16
SO_4^{2-}							1	0.18	0.14	0.52	−0.07	0.42
Mg^{2+}								1	−0.59	0.26	0.50	0.047
Ca^{2+}									1	−0.08	−0.26	0.26
Mn^{2+}										1	−0.102	0.28
Cl^-											1	0.40
Fe^{3+}												1

由此可见，宋家坡斑岩铜矿土壤离子电导率的主要离子成分 SO_4^{2-}、HCO_3^-、Mg^{2+}，次要成分是 Ca^{2+}、Na^+、K^+、Fe^{3+}。

参加本次研究工作的还有王卫明研究生，李建平老师、中国有色金属工业总公司中南工大开放实验室承担了样品的分析测试工作，在此一并致谢。

参 考 文 献

1 罗先熔. 地球电化学勘查及深部找矿. 北京：冶金工业出版社，1996，130～150.

http://www.kcdz.ac.cn/