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预测研究所 541004）

摘 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

分类号 P618.410.8；P632

1 矿床地质特征简况①

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（图1）。

矿区出露地层主要是白垩系下统、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150m，宽20～30m，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500m，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

1998年3月13日收稿，5月4日改回。

作者简介：罗先熔，男，1953年生，硕士，副研究员，地球化学专业。

* 中国有色金属工业总公司"八五"重点科技攻关项目部分成果（项目编号96-D-3）。

①潘龙驹等．云南宋家坡铜矿考察报告，1995

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

2.1.1 地电提取 A剖面长2000m，按50m等距布置41个测点，采用180V干电池供电48h，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，见图2、表1。

2.1.2 土壤离子电导率 在A剖面按20m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$\mu s/cm$，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（图2）。

2.2 矿区北部B剖面地电化学异常特征

2.2.1 地电提取 B剖面长600m，按20m等距布置30个测点，采用190V干电池供电50h，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（图3、表2）。

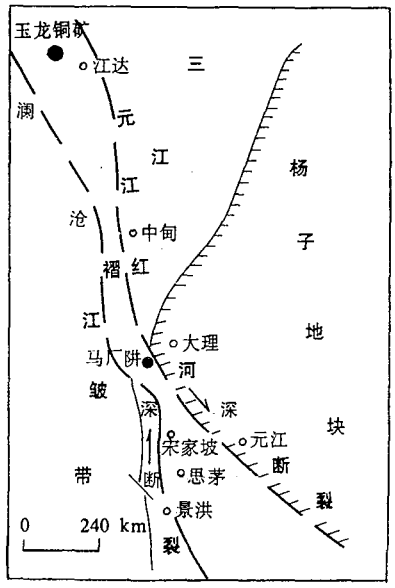

图1 三江褶皱带南段构造简图

Fig. 1 The structure sketch map of Sanjiapo

表1 宋家坡斑岩铜矿A剖面地电提取异常特征

Table 1 The feature of the anomalies for electro-extraction at line A, Songjiapo

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

2.2.2 土壤离子电导率 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$\mu s/cm$，异常是背景（4$\mu s/cm$）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（图3）。

2.3 地电化学异常标志

通过对宋家坡斑岩铜矿的地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十分清楚，而且在异常的发育特点上具有明显的标志：（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。

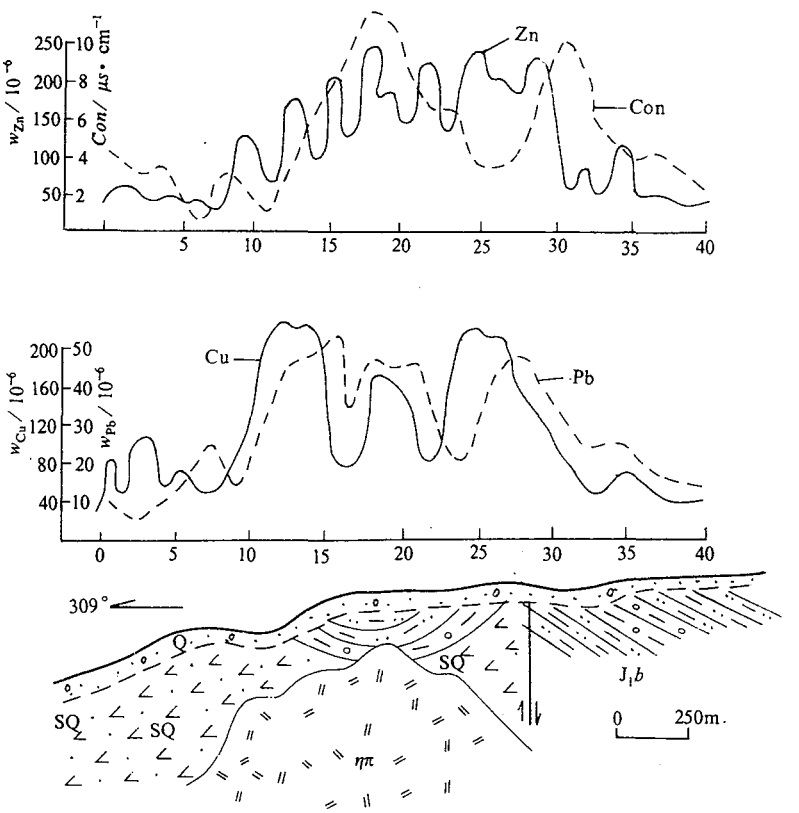

图 2　云南宋家坡斑岩铜矿 A 线地电化学异常剖面图

Fig.2　The cross-section of anomalies of geoelectrochemistry at line A of Songjiapo porphyry copper deposit

Q—第四系残坡积层；J_1b—侏罗系下统紫色块状砂岩，细砂岩夹泥岩；SQ—英安斑岩；$\eta\pi$—含铜二长斑岩

表 2　宋家坡斑岩铜矿 B 剖面地电提取异常特征

Table 2　The feature of the anomalies for electro-extraction at line B, Songjiapo

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	呈三峰形状，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

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10cm，宽6cm，高4cm的斑岩铜矿标本，放在一个2000mL的烧杯中，加入100mL去离子水，采用碳棒分别作为阴、阳极，通入150V、250mA直流电（图4）。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。

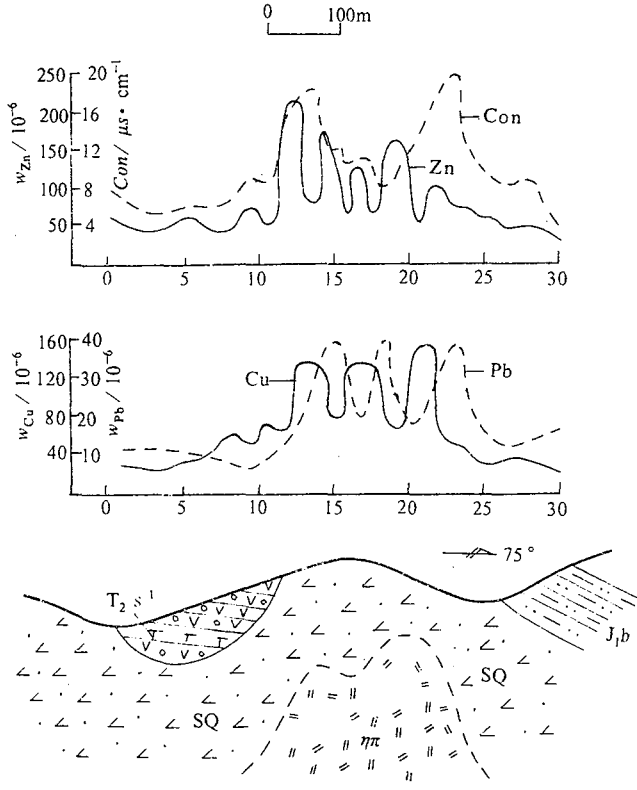

图3 云南宋家坡斑岩铜矿B线地电化学异常剖面图

Fig. 3 The cross-section of anomalies of geoelectrochemistry at line B of Songjiapo porphyry copper deposit

T_2s^1—三叠系中统安山岩、玄武岩、火山碎屑岩；J_1b—侏罗系下统紫色块状砂岩，细砂岩夹泥岩；SQ—英安斑岩；$\eta\pi$—含铜二长斑岩

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12h，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目的。

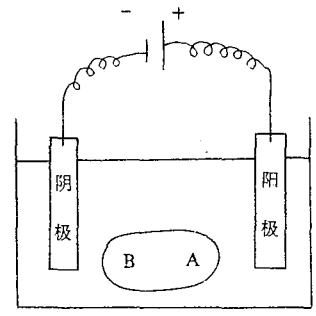

图4 斑岩铜矿电解池电化学溶解

Fig. 4 Electrochemical solution of porphyry copper deposit

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。

表 3　斑岩铜矿标本的电化学溶解情况

Table 3　State of electrochemical solution for the porphyry copper deposit

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

表 4　宋家坡斑岩铜矿土壤水可溶性离子与土壤离子电导率相关系数矩阵

Table 4　Matrix of correlation coefficient between soil ionic conductivity and solubic ionic in Songjiapo

	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^+			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

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^-。

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测试分析工作，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

THE GEOELECTROCHEMICAL ANOMALY FEATURE AND MECHANISM OF PORPHYRY COPPER DEPOSIT IN SONGJIAPO, YUNNAN

Luo Xianrong Hu Yunhu

(*Research Institute of Hidden Ore Deposits PrognosticationGuilin Institute of Technology*)

Abstract The geoelectro-chemical anomaly feature is prominent which display the geoelectro-extraction anomaly value Zn>Cu>Pb in sonyjiapo porphyry copper deposit. Model tests indicate porhpry copper ores are easy to dissolution on the electrochemical action, the conductivity anomaly is marked which shape of anomaly cure is similar to rabbit ear and composition of conductivity anomaly consists of SO_4^{2-}, $HCO^{3-}$and Mg^{2+}.

Key words porphyry copper ore; geoelectrochemistry; anomalies feature; genetic mechanism; Yunnan

矿物饲料添加剂的开发方向

随着养殖行业对配合和预混饲料的需要量增加，矿物饲料添加剂需求量与日俱增。因此在发展饲料主体工业的同时，应注意开发和利用饲料的矿物添加剂。根据我国的国情和资源情况，开发矿物饲料添加剂的方向主要是以下几个方面:

石灰石：在作为饲料添加剂中有利用价值的成分主要是钙和镁、磷等微量元素，它是补充钙源的矿物添加剂，将其磨细为0.5～0.2mm粉粒状，可代替贝壳粉、蚌壳粉，还可以作为含硒等矿物添加剂的载体。试验表明，在蛋鸡饲料中添加3%～4%的石灰石粉，增重率提高14%～16%，产蛋率提高35%～38%，蛋重量增加21%～24%，节约饲料34%～38%。

皂石：属于蒙脱石类矿物。它具有提高饲料的适口性，增加微量元素，促进消化吸收的作用。试验表明，在猪饲料中添加0.3%～0.5%的皂石，可使猪增重24%～41%。

泥炭：将泥炭、米糠和秸杆碎料、麸皮、石灰石粉糖化物、酵母等发酵后制成菌糖饲料，这种饲料中的粗蛋白和醣类含量相当丰富，用来喂猪、牛、羊、鸡等畜禽，比目前的配合饲料要节省1／2，成本降低55%。

膨润土：含有大量的磷、钾、钠和铝、铜、铁、钙、镁、锰、铬、硅、钛、钒等多种动物所必需的微量元素，是成分比较全面的动物饲料添加剂。

沸石：将饲料中添加0.2%～0.7%的沸石，可以延长饲料在动物消化道里的停留时间，使其饲料养分被充分吸收，能改善禽畜肠胃功能、抗菌防病、增强体质，能提高鸡鸭产蛋率。

磷灰石：用磷灰石2%～4%作禽畜的辅助饲料添加剂，可以起到为禽畜补磷补钙的作用。

海泡石：在禽畜饲料中添加0.5%～1.5%海泡石，可以起到促进生长刺激的作用，加快育肥，提高蛋、奶、肉的产量和饲料的生物效价。

张平远