

地球电化学勘查法寻找不同埋深隐伏金矿的研究

罗先熔, 胡云沪, 杜建波

(桂林工学院 隐伏矿床预测研究所, 广西 桂林 541004)

关键词: 隐伏金矿; 地电化学; 成晕机制; 找矿研究

中图分类号: P618.510.8

文献标识码: A

文章编号: 1007-2802(2000)04-0370-03

1 隐伏金矿金离子晕的形成机制

金矿周围离子晕中的金离子主要来源于金矿的氧化溶解与电化学溶解, 埋藏浅的矿体主要是氧化溶解, 埋藏较深的矿体则以电化学溶解为主。理论上 Au 在 Au^+ 、 Au^{3+} 及金络阴离子溶液中的标准电极电位都比较高, 但据实验测定, 在中性或还原性溶液中的电极电位都低于黄铁矿的稳定电位。自然界中金多赋存于黄铁矿为主的硫化矿物中, 富硫化物金矿由于潜水面切割或矿体上下部分所处地下水溶液的氧化还原性的差异, 整个矿体组成一个宏电池, 同时在矿体内部, 黄铁矿与金因电位差异而形成无数微电池, 由于金的电极电位低, 因此金(负极)进行阳极溶解。

在一定条件下, S^{2-} 可能进一步被氧化为 S^0 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 等。

为进一步阐明宏电池是控制金电化学溶解的主要因素, 设计如下模拟实验, 分别测定电池的电动

势。把黄铁矿浸入 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中作正极, 负极分别为浸入水的黄铁矿和金。把两个负极的溶液用盐桥连接起来, 组成了一个宏电池。这个宏电池实际是由三个电池组成的电池组。在不同时间, 分别测定各个电池及整个宏电池的电动势(表 1)。整个宏电池及黄铁矿 [$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$]—黄铁矿(水)组成电池的电动势基本上是不变的。也就是说, 黄铁矿不管作为正极还是负极, 其电位值都基本不变, 而 Au 的电极电位则随时间延长而不断升高。其原因是, 原电池中 Au 电极由单质 Au 与电解质溶液构成, 是一个可逆电极, 溶液中金离子(包括 Au^+ 、 Au^{3+} 或金的络阴离子)的浓度对 Au 的电极电位有影响并可用能斯特公式计算。而金属硫化物与电解质溶液间所组成的电荷, 电荷转移能达成平衡, 是一个不可逆电极, 不能用热力学方法计算。表 1 中第三天黄铁矿 [$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$]—金(H_2O)电池中的电动势为 0.120 V, 但当在金电极中加水使金离子浓度稀释, 金的电极电位下降, 而黄铁矿的稳定电位不变, 结果这个电

表 1 金与黄铁矿组成原电池的电动势(V)

时 间	正 极 [$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$]	负 极 (H_2O)	微电池组 电动势	宏电池的 电动势
开 始	黄铁矿	金	0.335	0.240
		黄铁矿	0.235	
第二天	黄铁矿	金	0.180	0.246
		黄铁矿	0.240	
第三天	黄铁矿	金	0.246	0.247
		黄铁矿	0.242	
第四天	黄铁矿	金	0.090	0.240
		黄铁矿	0.238	
第五天	黄铁矿	金	0.0080	0.240
		黄铁矿	0.244	

收稿日期: 2000-06-30 收到, 08-30 改回

基金项目: 国家科学技术委员会“九五”科技攻关项目“96-914-03-02-02”部分成果

第一作者简介: 罗先熔(1953—), 男, 教授, 地球化学专业。

池由于金电极溶液稀释使电池电动势上升为 0.246 V。以上实验表明,控制金矿的电化学溶解,主要是多金属硫化物矿上下部分处于不同氧化还原溶液中所组成的宏电池。

贫硫化物金矿基本上不形成宏电池,仅微电池起作用。微电池的电化学溶解能否在矿体周围形成一个动态平衡的金离子晕?我们对江西金山贫硫化物金矿分析表明,微电池也能使金发生电化学溶解,且在矿体周围,金离子浓度在空间上存在着一个浓度差。具体表现在坑道裂隙水中 Au 离子比地表第四系潜水面高两个数量级,电提取样 Au 离子平均含量与坑道裂隙水样含量基本一致,反映出电提取能把矿体周围离子晕的离子提取出来。矿体露头上的电提取金异常与金矿石在 KCl 溶液中通电后的电化学溶解水样含量基本一致,反映矿体露头出处在电提取过程中一系列电化学作用的结果。以上事实说明贫硫化物金矿,在微电池的作用下也能产生电化学溶解。

不管什么电池起作用,埋藏较深的隐伏金矿体的离子晕中的金离子,主要来源于电化学溶解。对宏电池起主要作用的富硫化物金矿,宏电池形成的自然电场,使溶解下来的金离子迁移。而微电池起主要作用的贫硫化物金矿,金在浓差扩散时发生迁移。在金矿周围都能形成一个动态平衡的金离子晕。

地球电化学勘查法正是以这些离子晕为基础,利用人工电场去激发那些在覆盖层及深部矿体附近的、处于空隙溶液与固相介质间达到平衡的离子群产生两极分化,并使金属阳离子向地表迁移,而阴离子则向地表阳极迁移。在迁移过程中,每一单元体积内离子的移出必须由相邻体积内离子的移入来补充,以达到自然界的动态平衡。只要在深部有提供离子源矿体存在,在较长时间的人工电场作用下,便能测量到来自矿体附近或矿体本身溶解的离子,从而达到寻找深部矿的目的。

2 地球电化学勘查法寻找不同埋深金矿的效果

2.1 寻找掩埋金矿的效果

掩埋金矿一般被几米厚的浮土及几十米的基岩覆盖,只用探槽或浅井就可揭露到基岩,这类隐伏矿

用常规的物化探方法都能测出异常。

(1)新疆哈巴河赛都金矿:该矿位于额尔齐斯断裂带北部的玛尔长库里断裂带上,赋存在中下泥盆统托克萨雷组,为石英脉和蚀变岩型矿床。剖面全为戈壁覆盖,在 19 号勘探剖面按 20 m 等距布置 15 个测点,采取 180 V 干电池供电 48 h 提取分析 Au,结果在剖面的 11~13 号测点之间测得强度为 $256 \sim 250 \times 10^{-9}$ Au 异常,Au 异常中心地段有金矿体赋存。另在剖面的 4 号测点也测出强度为 1414×10^{-9} 的单点 Au 异常,异常出露位置无钻孔控制,地质上推测有构造破碎带存在,测出的 Au 异常正好位于推测的构造破碎带上方。

(2)甘肃礼县王河金矿:王河金矿位于秦岭—昆仑纬向带的西秦岭亚带,中川岩体的西北侧,出露地层为中泥盆统舒家坝组,岩性为暗灰色中厚层石英砂岩。发育的断裂构造控制着矿体的分布,属中温热液微细浸染型金矿,主要金属矿物为自然金、黄铁矿,少量方铅矿与闪锌矿等。

以 15 号勘探剖面为找矿试验点,剖面全被几米厚的黄土或风化层覆盖。剖面有三条矿脉分布,矿脉上部为氧化矿,中部礼县王河金矿矿化,40 和 42 号矿脉深部钻孔见矿,矿脉倾向北西,倾角较陡。剖面长 550 m,按等距布置 15 个测点,采用 220 V 电供电 48 h,提取分析 Au,结果在三条矿脉分布的正上方均测出清晰 Au 异常,最高值 57.8×10^{-6} 位于 42 号矿体上方。

2.2 寻找掩覆金矿的效果

此类金矿地表覆盖有十到几十米冲积物、洪积物或淤积,矿体赋于几十到百余米的基岩中,由于受双重覆盖,地表无任何矿化标志。常规的物化探手段难以发现此类矿床。

(1)山西繁峙耿庄金矿:选择具有典型厚层黄土覆盖的 11 号剖面进行地电提取找矿试验。该剖面的金矿体赋存于爆破角砾岩中,受隐爆角砾岩中后期次级断裂群控制,矿体埋深 100 到 200 余 m,呈垂直陡倾斜产出,上盖黄土层 20 余 m。剖面长 800 m,按不等距布置 9 个测点,发电机供电 220 V,按供电 5 h 间隔周期取样分析。15~20 h 取样分析的 Au 异常,非常清楚地反映出下伏金矿体的赋存位置。同时在同点取土壤样,研究次生晕在电提取前后的变化情况。结果表明供电前后,次生晕都没有异常,说

明地电提取寻找隐伏金矿的独特作用。

(2) 安徽马山硫金矿床: 这个中温热液交代型硫金矿床位于铜官山倒转短轴背斜倾伏端。矿体呈似层状产在石炭系中统黄龙组和上统船山组灰岩层间碎带, 隐伏深度 200 余 m, 选择了 25 号剖面开展地电化学找矿试验, 在隐伏矿床上方测出清晰的地电化学异常。

2.3 寻找埋藏金矿的效果

此类隐伏矿床的矿体多埋藏于 100 ~ 400 m 以下的基岩中, 地表没有显示任何矿化标志, 用常规的地、物化方法寻找此类隐伏矿难度更大。

(1) 山东望儿山金矿: 赋存于焦家断裂带次一级派生构造望儿山—河东断裂南端的转变处。属石英脉及蚀变岩型矿床。选择 14 号勘探剖面开展 a、b、c、d 4 种不同提取电极的找矿试验研究。隐伏矿体分布在剖面的 14 ~ 24 点之间, 而 4 种提取电极在矿体上方出现的异常位置都不完全相同, 只有 a、d 电极测出的异常正好位于隐伏金矿的正上方。其中 b、c、d 3 种提取电极在无矿的 34 点上方都有异常, 经现场踏勘发现 34 点位置正处于一水沟边, 水沟中的水为矿坑水。矿坑水 Au 含量达 $0.23 \times 10^{-9} / \text{ml}$ 。因此, 34 点的异常是由矿坑水引起的。

(2) 浙江遂昌金矿: 矿区出露地层基底为前震旦系变质岩系, 盖层为上侏罗统中酸性陆相火山碎屑岩与熔岩, 前震旦系变质岩中早期压性断裂为金、银

矿主要控矿容矿构造, 矿床类型为石英脉型。

该矿区的 16 号勘探剖面开展地电提取找矿试验, 剖面长 300 m, 按等距布置 15 个测点, 供电电压 220 V, 供电 48 h 提取分析 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 等 5 个元素, 结果在隐伏 300 余 m 的金矿体上方获得了清晰的 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 多元素异常。

3 结论与认识

(1) 矿体产生电化学溶解, 在矿体周围形成离子晕, 这些成矿离子在自然电场和人工电场的作用下不断向地表迁移, 地电提取正是提取这些成矿离子来预测深部矿的赋存位置。从而达到找寻隐伏矿目的。

(2) 上述 6 个不同类型、不同埋深的隐伏金矿找矿试验表明, 利用地球电化学勘查法寻找掩埋、掩覆、埋藏的金矿方法是可行的。

(3) 在一些常规物化方法难以解决寻找隐伏金矿的厚覆盖区, 地球电化学勘查法便能发挥出独特的寻找深部隐伏金矿作用。

(4) 地球电化学勘查法由于具有较单一确定探测目标性质的能力, 因此能较好地避免常规物化探方法中常遇到的干扰和多解性。所以, 它还可以作为评价常规物化探异常, 确定找矿靶区的一种有效手段。