

地球电化学勘查法寻找不同埋深隐伏金矿的研究

罗先熔, 陈三明, 杜建波, 胡云沪

(桂林工学院隐伏矿床预测研究所, 广西 桂林 541004)

【摘要】 隐伏金矿在宏观和微观原电池的作用下,产生电化学溶解,形成金的离子晕。在不同埋深的隐伏金矿上方,利用地球电化学勘查法能提取到这些金离子晕,从而证明利用地球化学勘查法来寻找隐伏金矿的可行性。

【关键词】 隐伏金矿;地球电化学;成晕机制;找矿方法

中图分类号:P622⁺2,P618.51 文献标识码:A

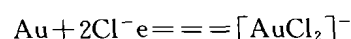
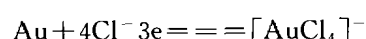
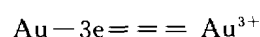
文章编号:1001-6872(2002)04-0042-05

1 隐伏金矿金离子晕的形成机制

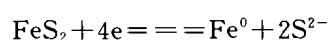
金矿周围离子晕中的金离子,主要来源于金矿的氧化溶解与电化学溶解。埋藏浅的矿体与位于氧化带之上(包括氧化带)的矿体,其离子晕的形成,以氧化溶解为主;埋藏较深的矿体,则以电化学溶解为主。理论上 Au 在 Au^+ , Au^{3+} 及金络阴离子溶液中的标准电极电位都比较高,但是根据实验测定, Au 在中性或还原性溶液中的电极电位都低于黄铁矿的稳定电位。在自然界中金多赋存于黄铁矿为主的硫化矿物中,对富硫化物金矿,由于潜水面切割或矿体上下部分所处地下水溶液的氧化还原性的差异,整个矿体组成一个宏电池,同时矿体内部,黄铁矿与金因电位差异又形成无数微电池,由于金的电极电位低,因此金(负极)进行阳极溶解,其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

为:

负极(阳极):



正极(阴极):



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 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中作为正极,负极分别为浸入水的黄铁矿和金。同时把两个负极的溶液用盐桥连接起来,这样组成了一个宏电池。这个宏电池实际上是由 3 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

收稿日期:2002-04-10; 改回日期:2002-09-20

基金项目:教育部骨干教师项目

作者简介:罗先熔,男,49岁,教授,地球化学专业,研究方向:矿床勘探、

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,即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,电荷转移达成平衡,但物质交换是不可逆的,因此是一个不可逆电极,不能用热力学方法计算。表 1 中第 3 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,但当往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,结果这个电池由于金电极溶液稀释时,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组成的宏电池所造成。

表 1 金与黄铁矿组成原电池的电动势/V

Table 1 The electro-motive force of the battery composed of the ore of gold and pyrite

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 2 天	黄铁矿	金	0.180	0.246
		黄铁矿	0.240	
第 3 天	黄铁矿	金	0.246	0.247
		黄铁矿	0.242	
第 4 天	黄铁矿	金	0.090	0.240
		黄铁矿	0.238	
第 5 天	黄铁矿	金	0.008	0.240
		黄铁矿	0.224	

对贫硫化物金矿,基本上形成不了宏电池,仅是微电池起作用。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?在江西金山贫硫化物金矿中采集各种水样进行分析,结果表明微电池也能使金发生电化学溶解,并在矿体周围,存在着一个金离子浓度差。具体表现在坑道裂隙水中 Au 离子含量比地表第四系潜水面中的含量高两个数量级,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,反映出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。

这样不管宏电池起主要作用,还是微电池起作用,埋藏较深的隐伏金矿体,其离子晕中的金离子,

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等因素的作用,使溶解下来的金离子迁移。对微电池起主要作用的贫硫化物金矿,金在浓度差扩散等因素作用下发生迁移。这样在金矿周围,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

掩埋金矿是指金矿体埋深较浅,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矿床基岩露头的隐伏矿床,这类隐伏矿,用常规的物化探方法一般都能测出异常。

2.1.1 新疆哈巴河赛都金矿 赛都金矿位于额尔齐斯断裂带北部的玛尔长库里断裂带上,金矿赋存在中下泥盆托克萨雷组,矿床类型为石英脉和蚀变岩型。在该矿区选择了 19 号勘探剖面进行找矿试验,剖面范围全被戈壁覆盖,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 $256 \times 10^{-9} \sim 1250 \times 10^{-9} \text{ Au}$ 异常,Au 异常中心地段正是金矿体的赋存地质位置。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,地质上推测在该处有构造破碎带存在,测出的 Au 异常正好位于推测的构造破碎带上方(图 1)。

2.1.2 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,中川岩体的北西侧,出露地层为中泥盆统舒家坝组,其岩性为暗灰色中厚层石英砂岩。矿区断裂构造发育,断裂控制着矿体的产出与分布,矿床类型为中温热液微细浸染型金矿,主要金属矿物有自然金、黄铁矿,少量方铅矿、闪锌矿等。

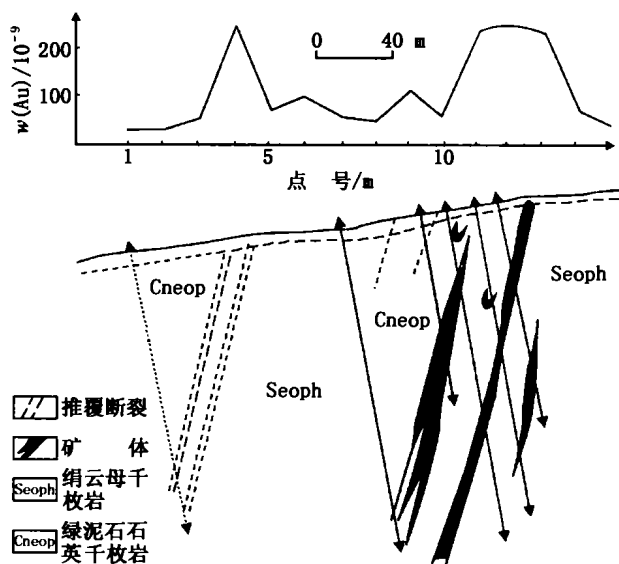


图1 哈巴河赛都金矿19线地电提取异常剖面
Fig. 1 The cross-section of the electro-extraction anomalies along line 19, Saidu gold deposit

在该矿区选择了15号勘探剖面进行找矿试验,剖面地段为几米厚的黄土或风化层覆盖。该剖面有3条矿脉分布,矿脉上部为氧化矿,中部金矿矿化,40号和42号矿脉深部钻孔见矿,矿脉倾向SW,倾角较陡。剖面长550 m,按等距20 m布置15个测点,采用220 V民用电供电48 h,提取分析Au,结果在3条矿脉分布的正上方均测出清晰Au异常,最高值 57.8×10^{-9} 位于42号矿体上方(图2)。

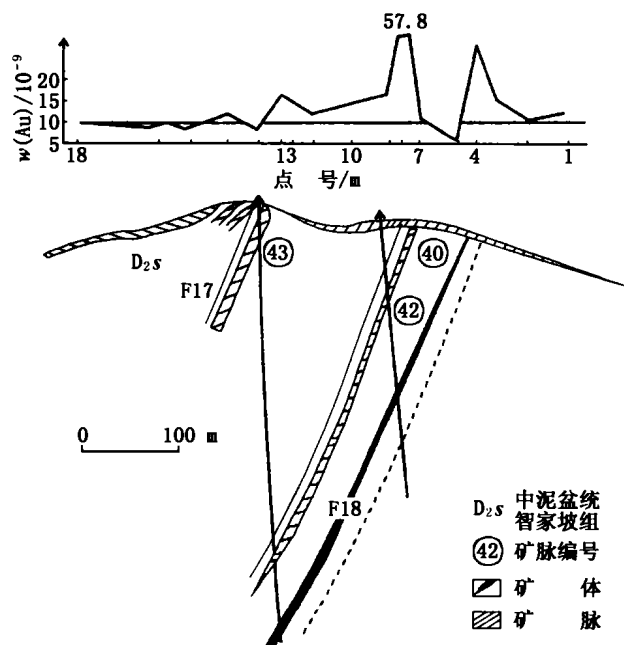


图2 礼县王河金矿15线地电提取异常剖面
Fig. 2 The cross section of electro-extraction anomalies along line 15 of Wanghe gold deposit

2.2 寻找掩覆金矿的效果

此类金矿地表均有十到几十米冲积物、洪积物

或淤积等外来堆积物覆盖,矿体赋存在几十到百余米的基岩中,由于受双重覆盖,地表上无任何矿化标志显示,利用常规的物化探手段难以发现此类矿床。

2.2.1 山西繁峙耿庄金矿 在该矿区选择具有典型厚层黄土覆盖条件下的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米至200余米,呈陡倾斜产出,上盖黄土层20余米。剖面长度800 m,按不等距布置9个测点,采用发电机供电220 V,按供电5 h间隔周期取样分析(图3)。

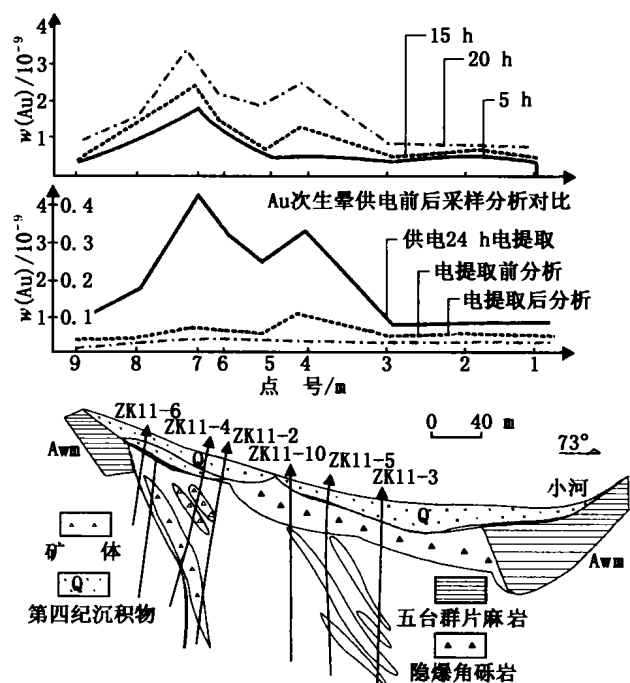


图3 山西繁峙耿庄金矿11线地电提取异常剖面图

Fig. 3 The cross section of geoelectro-extraction anomalies along line 11 of Genzhuang gold deposit

从图3中看出,15 h~20 h后取样分析的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,结果看出,不管是供电前还是供电后,次生晕都没有测出异常,这表明了地电提取寻找隐伏金矿的独特作用。

2.2.2 安徽马山硫金矿床 马山硫金矿床位于铜官山倒转短轴背斜倾伏端,矿床类型为中温热液交代型硫金矿床。矿体呈似层状产在石炭系中统黄龙组 and 上统船山组灰岩层间破碎带中,隐伏深度200余米,在该矿床选择了25号剖面开展地电化学找矿试验(图4),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

此类隐伏矿床是指地表浮土不厚,矿体是埋藏于100 m~400 m以下的基岩中,地表没有任何矿化标志显示,用常规的地质、物探、化探方法寻找此类隐伏矿难度更大。

2.3.1 山东望儿山金矿

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。矿床类型为石英脉及蚀变岩型。在该矿区选择14号勘探剖面开展a~d4种不同提取电极的找矿试验研究,提取结果见图

5,隐伏矿体分布在剖面的14点至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

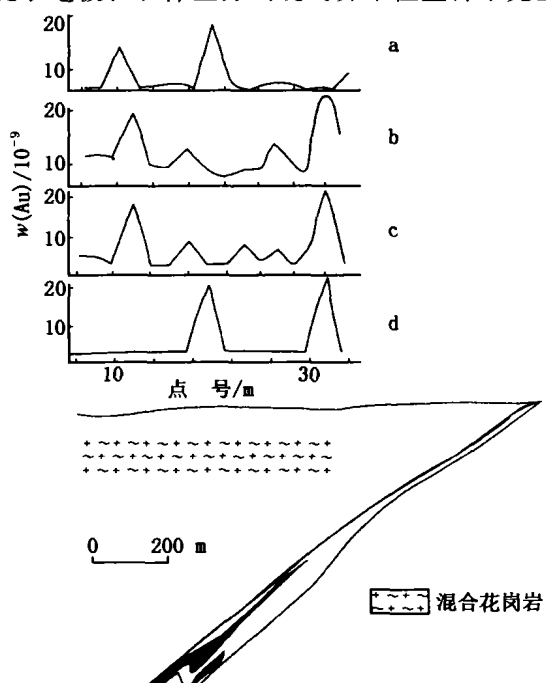


图5 山东望儿山14线不同电极提取异常剖面

Fig. 5 The cross-section of the electro-extraction anomalies for different electrodes in line 14 of Wangershan, Shandong

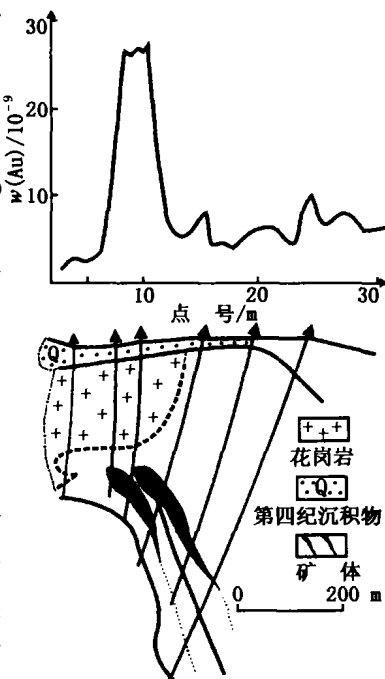


图4 安徽马山硫金矿25线电提取异常剖面

Fig. 4 The cross section of geo-electro-extraction anomalies along line 25 of Mashan gold deposit

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,d3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,水沟里流着从地下抽上来的矿坑水,对矿坑水采样分析, $w(\text{Au})$ 高达 0.23×10^{-9} 。因此,34点的异常是由矿坑水引起的。

2.3.2 浙江遂昌金矿 遂昌金矿是东南沿海一带,规模最大的金矿床之一,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种元素,结果在隐伏300余米的金矿体上方获得了清晰的Au,Ag,Cu,Pb,Zn多元素异常(图6)。

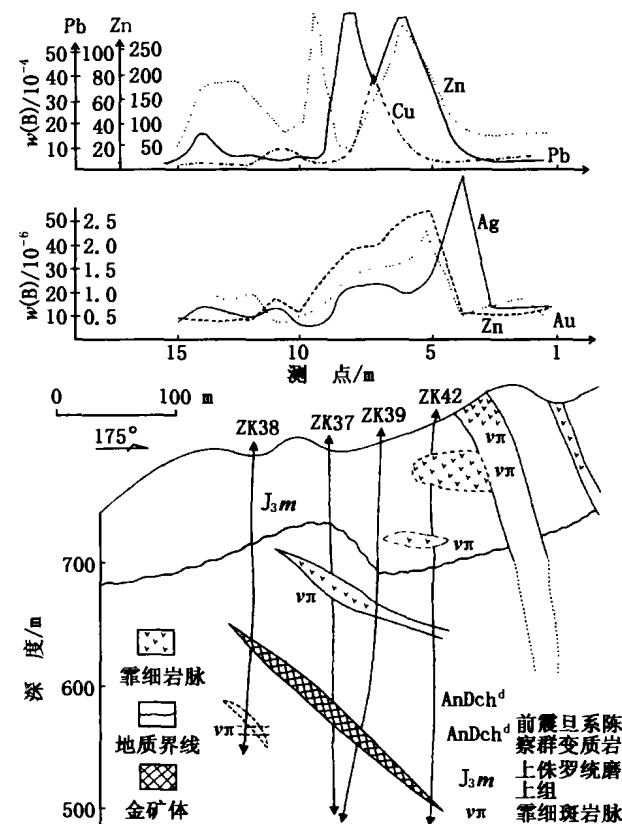


图6 浙江遂昌金矿16线地电提取异常剖面

Fig. 6 The cross-section of the electro-extraction anomalies of along line 16 of Suichang gold deposit

3 结论与认识

3.1 地球电化学勘查法是从大量试验基础上发展起来的,具有一套完整、可靠、可信的理论依据。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。

3.2 通过上述6个不同类型不同埋深的隐伏金矿上找矿试验表明,利用地球电化学勘查法来寻找掩埋、掩覆、埋藏的金矿方法是可行的。

3.3 在一些常规物化方法难以解决寻找隐伏金矿的厚覆盖区,地球电化学勘查法更能发挥出独特的作用。

3.4 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。

参考文献

- [1] 罗先熔、地球电化学勘查法及深部找矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1996:135-140.
[2] 罗先熔、地电提取法寻找贫硫化物金矿的研究[J]. 地质与勘探,1999,35(4):42-44.

STUDY OF GEOELECTRO-CHEMICAL METHOD IN SEARCH FOR DIFFERENT HIDDEN DEPOSITS

LUO Xian-rong, CHEN San-ming, DU Jian-bo, HU Yun-lu
(*Research Institute of Prediction of Hidden Deposits Guilin Institute of Technolng,*
Guilin 541004, China)

Abstract: Macroscopic and micrascope battery acted on the hidden gold deposits, leading to the formation of gold ion halo resulted from the electro-chemical solution. The gold ion halo could be extracted by geoelectro-chemical exploration on the top of hidden gold deposits with different burial depth. Hidden gold deposits hunting by geochemical exploration proved to be feasible.

Key words: hidden gold deposits; geoelectrochemical; halo-forming mechanism; prospecting

ISSN 1001-6872(2002)04-0042-05; CODEN: KUYAE2

Synopsis of the first author: Luo Xianrong, male, 49 years old, a professor of geochemistry. Now he is engaged in deposit prospecting.

《成都理工学院学报》将更名为 《成都理工大学学报(自然科学版)》

经报请国家科技部、国家新闻出版署批准,《成都理工学院学报》将于2003年第一期起更名为《成都理工大学学报(自然科学版)》。

名称变化及对应的卷号如下:

1960年~1993年	《成都地质学院学报》 Journal of Chengdu College of Geology	ISSN 0256-2197	Vol. 1~20
1994年~2002年	《成都理工学院学报》 Journal of Chengdu Institute of Technology	ISSN 1005-9539	Vol. 21~29
2003年~	《成都理工大学学报(自然科学版)》 Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)	ISSN 1671-9727	Vol. 30~

衷心感谢广大作者和读者曾经给予《成都理工学院学报》的关心与支持,并真诚欢迎继续赐稿与订阅(邮发代号仍然是:62-24)。

地址:成都市二仙桥东三路1号;邮政编码:610059;

电话:028-84078973; E-mail: hqxq@cduet.edu.cn