

# 地电化学测量在河台金矿找矿预测中的应用

朱江建<sup>1,6</sup>, 曾乔松<sup>1</sup>, 易金<sup>1,6</sup>, 龚朝阳<sup>2</sup>, 李新福<sup>2</sup>, 黄栋林<sup>2</sup>, 王斯亮<sup>2</sup>,  
夏永健<sup>3</sup>, 龚贵伦<sup>1,6</sup>, 陈广浩<sup>4</sup>, 林舸<sup>5</sup>

- (1. 中国科学院广州地球化学研究所 中国科学院矿物学与成矿学重点实验室, 广东广州 510640;  
2. 广东河台金矿, 广东高要 526127; 3. 中国瑞林工程技术有限公司, 江西南昌 330002;  
4. 中国科学院南海海洋研究所, 广东广州 510301;  
5. 中国科学院广州地球化学研究所 中国科学院边缘海地质重点实验室, 广州 510640;  
6. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

[摘要]为了获得更多的金资源储量,对河台金矿云西矿床进行了吸附电提取法地电化学测量研究。结果显示,已知含矿糜棱岩带上方的金测试值相对围岩有较明显的高异常;未知区上方的地电化学高异常特征与含矿糜棱岩带上方的地电化学异常特征相似;未知区的地电化学高异常带方位与矿区容矿构造方位一致。以上结果说明该方法在本区进行找矿预测可行。同时指出,应用地电化学测量进行找矿预测应考虑地电化学高异常带可能为非矿致异常,而非地电化学高异常区也可能含矿,并探讨了这两种情况发生的可能原因。此外,在研究区中圈定了 3 个地电化学高异常带,建议对非已知矿体所在的异常带进行验证。预测矿区已知的 19 号糜棱岩带在西端还有延伸,Ⅲ号地电化学高异常带 25 线以东有望实现找矿上的突破。

[关键词]吸附电提取法 糜棱岩带 地电化学高异常带 河台金矿

[中图分类号]P622+.2; P622+.3; P618.51; P542+.5 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2011)05-894-09

Zhu Jiang-jian, Zeng Qiao-song, Yi Jin, Gong Chao-yang, Li Xin-fu, Huang Dong-lin, Wang Si-liang, Xia Yong-jian, Gong Gui-lun, Chen Guang-hao, Lin Ge. Application of geo-electrochemical measurements to prospecting prognosis in the Hetai gold deposit [J]. 2011, 47(5): 894-902

## 0 引言

一些研究者在广东高要河台金矿实施了遥感生物地球化学(徐瑞松等,1996)、热释光测量(全亚荣等,2001)和地球化学(黄栋林,2001;李兆麟等,2002)等找矿方法,并取得一定效果。但经过十几年的开采,河台金矿区探明的保有储量已不足 1/2,而且低级别的储量占 75% 以上(刘振升,2004)。因而,迫切需要对河台金矿开展深部及边部的找矿预测研究,以增加资源储量。与常规化探方法相比,地

电化学找矿方法具有灵敏度高、预测深度大等优点(罗先熔,1989;谭克仁,2000a;文美兰等,2010;曹中煌等,2010)。该方法直接测量成矿离子含量,避免了地球物理找矿方法的多解性。据前人研究(罗先熔,1994;罗先熔等,1997),认为河台金矿地表较厚的土壤层及糜棱岩化蚀变岩型的金矿类型,均有利于矿体上方形成地电化学高异常。所以由地电化学本身的优点及其可能较适用于本区找矿的地质实际,本文对地电化学测量在河台金矿的实际应用效果及矿体预测进行探讨。

[收稿日期]2011-03-16 [修订日期]2011-04-12 [责任编辑]郝病情。

[基金项目]国家基础研究计划(973)项目资助(2007CB411402)、高科技找矿方法在河台金矿的应用研究、中科院广州地化所创新项目(A15-030513)资助。

[第一作者]朱江建(1985年-),男,2007年毕业于桂林理工大学,获学士学位,现在为在读博士生,主要从事构造与找矿预测研究。Email: zjj3xsjl@163.com。

[通讯作者]曾乔松(1970年-),男,2007年中国科学院研究生院毕业,获博士学位,主要从事矿床学、成矿学及找矿预测研究。E-mail: zengqs@gig.ac.cn。

### 1 矿床地质特征

河台金矿位于华南加里东褶皱系云开大山隆起带北翼、罗定-广宁断裂带和吴川-四会断裂带的交汇部位(图 1A)。矿区含矿地层主要是震旦系 C 组云开群,岩性以云母石英片岩、石英云母片岩及云母石英岩为主。云开群中上亚群可视为金的矿源层(陆建军,1993),矿源层遭受了与金元素活化、迁移有关的区域变质作用、混合岩化作用及糜棱岩化作用(王鹤年等,1989;陈骏等,1993;陆建军等,1993)。矿区 F<sub>1</sub> 断裂为导矿构造,其位于矿区南部,倾向北西,倾角 55°~70°;容矿构造为糜棱岩带及发育于其中的脆性断裂,糜棱岩带倾向北西,局部反转,倾角 60°~85°(李新福等,2007);导矿构造与容矿构造在剖面上为 y 字型(图 1B)。糜棱岩带长几十米至上千米,宽为数米到数十米。按围岩岩性的不同与相对密集状况可将矿区的糜棱岩带分为:北带、中带、南带。目前所发现的云西矿床与高村矿床

都位于北带。其中云西矿床已发现的容矿构造为 9 号糜棱岩带(已开采至 -140m)与 19 号糜棱岩带(只有浅部受钻孔控制)。矿区西部出露云楼岗序列黑云母斜长花岗岩;东部出露伍村序列巨斑状黑云母二长花岗岩(图 1C)。矿石类型主要有:浸染状硅化千糜岩金矿石和具网脉状金属硫化物叠加的硅化千糜岩金矿石(李新福等,2007)。矿体界线有突变(陈骏等,1993;王斯亮等,2000),也有渐变(胡世杰,2008)。

### 2 地电化学测量

#### 2.1 基本原理及国内主要研究进展

宏观原电池或微观原电池为主要成因的矿体地电化学溶解,导致矿体周围形成与成矿有关元素的离子晕(罗先熔,1992)。在温度梯度、压力梯度、浓差扩散、地下水循环、植物毛细作用、干旱地区的蒸发泵流作用、地球脱气作用(Reinhard W. leinz *et al.*,1993;罗先熔等,1995;谭克仁,2000a)等可能

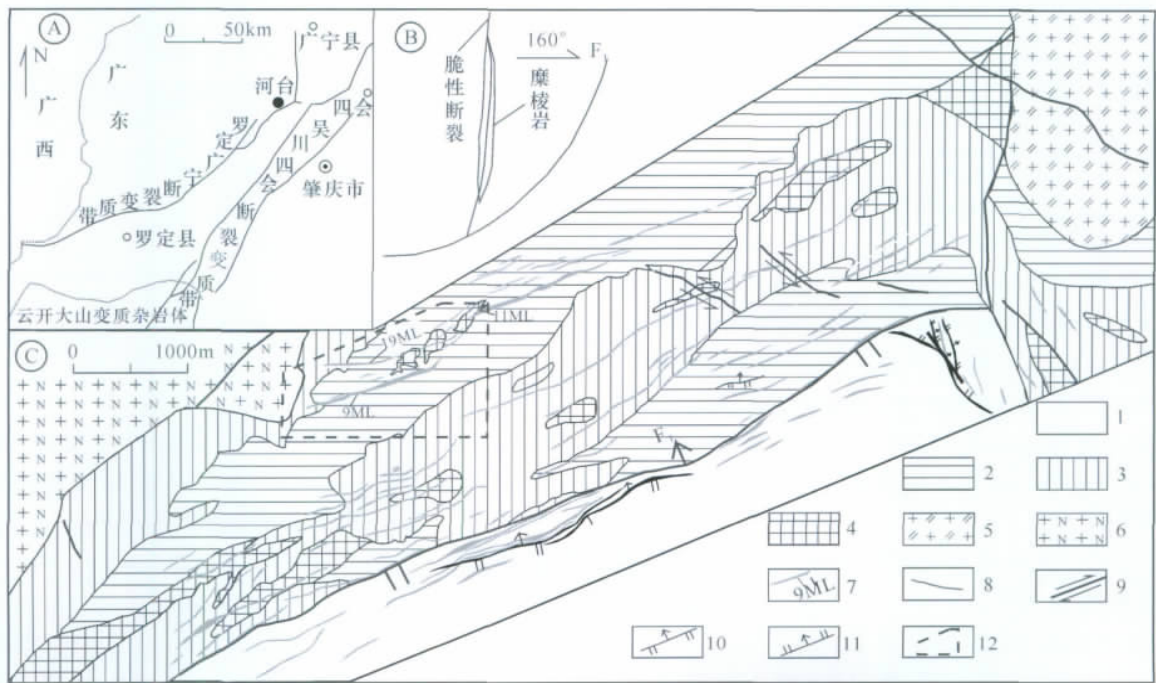


图 1 河台金矿区域构造位置及矿区地质图

Fig. 1 Map showing geology and location of the Hetai gold deposit

A - 河台金矿区构造位置图(据夏永健等 2008,修改); B - 河台金矿区控矿构造示意图(据刘伟 2006,修改); C - 河台金矿区地质图(据河台金矿 2006<sup>①</sup>,修改); 1 - 中-上奥陶统三尖群千枚状粉砂质页岩、变质石英粉砂岩; 2 - 震旦系云母片岩; 3 - 震旦系混合岩、混合片麻岩; 4 - 震旦系石英岩; 5 - 伍村序列巨斑状黑云母二长花岗岩; 6 - 云楼岗序列黑云母斜长花岗岩; 7 - 糜棱岩带及其编号; 8 - 性质不明断层; 9 - 走滑断层及其编号; 10 - 逆断层; 11 - 正断层; 12 - 云西矿床边界

A - location of the Hetai gold deposit (modified from Xia *et al.*,2008); B - sketch map of ore - controlling structure(modified from Liu,2006); C - geological map of the Hetai gold deposit(modified from Hetai Gold Mine<sup>①</sup>,2006); 1 - phyllitic silty shale, metamorphic quartz siltstone of Middle - Upper Ordovician Sanjian Group; 2 - mica schists of Sinian; 3 - Sinian migmatite, migmatic gneiss; 4 - Sinian quartzite; 5 - macroporphyrritic biotite monzonitic granite of Wucun Series; 6 - biotite plagiogranite of Yunlougang Series; 7 - mylonitized zones and their number; 8 - unknown fault; 9 - strike - slip fault and its number; 10 - reversed fault; 11 - normal fault; 12 - boundary of the Yunxi deposit

发生的机制的作用下,成矿元素及其伴生元素,迁移至地表并以多种形式赋存下来(谭克仁,2000a)。不同的赋存状态可用不同的提取方法(谭克仁,2000a)。本次工作用的是吸附电提取法地电化学测量。该方法运用人工电场对络合离子集合体的解离作用,人工地使某种元素富集到元素接收器里,经分析接收器中元素的含量达到找矿目的(罗先熔等,1989)。地电化学在找矿中的应用,前人已开展了一些有益的研究。如:提出了比较有代表性的几点认识(罗先熔等,1989)、基础认识(刘占远等,2002);探讨了提取条件一致性方案(李江等,1989;刘占远等,2002);由不同提取技术条件的系统对比研究,确定较佳的提取条件(付立春等,2006);系统总结了离子晕分布规律(罗先熔,1994;罗先熔等,1997;谭克仁等,2000a);罗先熔(1989,1994)、谭克仁(2000b)、赖健清等(2004)、文美兰等(2008,2010)等都有应用地电化学测量找到矿体的报导。

## 2.2 测线布置及测试结果

本次工作在云西矿床共施工5条地电化学测量

剖面,各剖面线方位 $340^\circ$ ,点距20m。从东至西依次为:56线、8线、11线、39线、55线。2006年施工56线、8线和39线,总长1560m,测点共80个;2009年施工11线和53线,同时39剖面向北西延长120m,向南东延长200m,8剖面向北西延长80m,向南东延长160m,总长1740m,测点共94个。地电化学各测点位置及测试结果如图7所示。

## 3 地电化学异常与找矿预测

### 3.1 各测线的地电化学异常特征

考虑到各测线野外提取电压(200~300V)不完全一致(据康明等(2003)其影响可能不大)及2006、2009年测试仪器的灵敏度有差异(由于原子吸收光谱仪被更新),本文用长剖面法结合矿体处的地电化学测量结果将地电化学背景值、异常值下限按不同年份(2006、2009年)不同测线计算(表1)。相同测线相同年份实验条件相同,所以相同测线相同年份中相对高的地电化学测试值对找矿有指示意义。

表1 2006、2009年云西矿区各测线地电化学背景值(ng)统计表

Table 1 Statistics of geo-electrochemical background value (ng) of the Yunxi deposit in the years of 2006 and 2009

年份	56线		8线		11线		39线		55线	
	背景值	异常下限	背景值	异常下限	背景值	异常下限	背景值	异常下限	背景值	异常下限
2006	8	10.3	12.1	17.9			14.1	19		
2009			2	3.6	2	4.6	2	4.8	2	4

地电化学找矿勘探实践表明,该技术方法可以发现500m基岩以下,其中包括150~200m浮土以下的有色金属、贵金属矿体(谭克仁,2000a)。为了更清晰的展示地电化学异常与深部矿体的对应关系,本文将深部的矿体与含矿构造(糜棱岩带)投影至地表(图2~6)。

#### 3.1.1 56号测线地电化学异常特征

该测线金异常位于1~3、17、20号点,其中17、20号点分别位于该测线已知的201号含矿糜棱岩带(ML201)和9号含矿糜棱岩带(ML9)上方,分别为背景值的1.9倍与1.5倍;1~3号测点是背景值的1.3~1.9倍,异常形态特征与17、20号点较为一致。8、12、14号点分别与已知的67、122、124号糜棱岩带相对应,其含量均未达到异常下限,但均为其左右两测点平均值的1.1倍;这与67、122、124号糜棱岩带几乎不含矿的地质实际相吻合。2、17号点异常强度均为14.8ng,为本测线最大异常点。

#### 3.1.2 8号测线地电化学异常特征

2006年的金异常位于2~3、6、11~12、14~16、20号点,其中11~12、14~16号点位于19号糜棱岩带上方,异常强度是背景值的1.5~3.2倍,15号点异常强度38.4ng,为本测线2006年的最大异常点,20号点位于9号糜棱岩带上方略偏北西(糜棱岩带的倾向方向)处,是背景值的1.8倍;2~3、6号点是背景值的1.5~2.2倍。2009年的金异常位于N3~N5号点,是背景值的1.8~21.3倍,其中N5号点异常强度42.6ng,为本测线2009年的最大异常点(图3)。

相对于已知的9、19号糜棱岩带,11、39、55号剖面北侧的地电化学测试值明显偏大。为了突出已知含矿构造与其围岩的地电化学对比效果,采用以10为底的对数坐标(图4~6)。

#### 3.1.3 11号测线地电化学异常特征

该测线金异常位于2~10、20~21号点,其中20~21号点位于已知的9号糜棱岩带上方,异常强

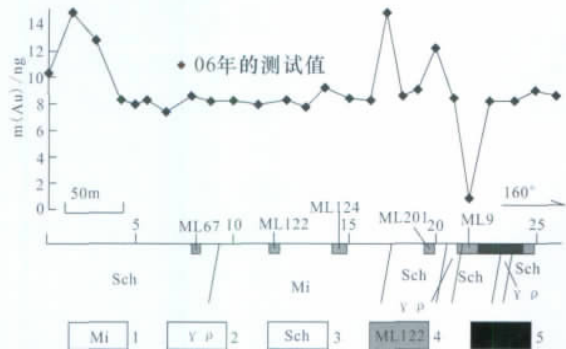


图2 56线金地电化学点位含量图(地质剖面图据河台金矿,2006<sup>①</sup>,修改)

Fig. 2 Au geo-electrochemical content along prospecting line No. 56 (geologic section is modified after Hetai Gold Mine<sup>①</sup>, 2006)

1-混合岩;2-花岗伟晶质脉;3-以片岩为主的变质岩组合;4-已知糜棱岩带在地表的投影及编号;5-已知矿体在地表的投影及编号

1-migmatite; 2-granite pegmatite; 3-metamorphic rock assemblage mainly composed of schist; 4-projection of known mylonitized zone and its number; 5-projection of known orebody and its number

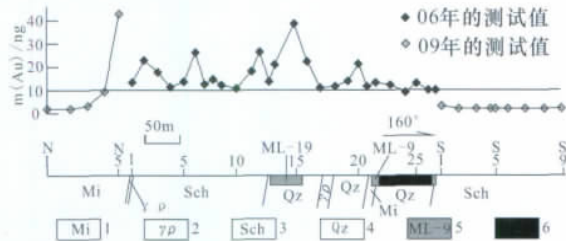


图3 8线金地电化学点位含量图(地质剖面图据河台金矿 2006<sup>①</sup>,修改)

Fig. 3 Au geo-electrochemical content along prospecting line No. 8 (geologic section is modified from Hetai Gold Mine, 2006)

1-混合岩;2-花岗伟晶质脉;3-以片岩为主的变质岩组合;4-以片状石英岩为主的变质岩组合;5-已知糜棱岩带在地表的投影及编号;6-已知矿体在地表的投影

1-Migmatite; 2-Granite pegmatite; 3-Metamorphic rock that mainly made of schist; 4- Metamorphic rock assemblage mainly composed of quartzite; 5-Projection of known mylonitized zone and number; 6-Projection of known orebody and number

度是背景值的2.3~3.6倍;2~10号点是背景值的3.3~75倍,5号点异常强度130ng,为本测线的最大异常点(图4)。

3.1.4 39号测线地电化学异常特征

2006年的金异常位于1、3、5~6、8、14、18、20、22~23、26号点,其中1、3、5~6、8号点位于19号糜棱岩带上方,是背景值的1.4~2.2倍,5、8号点异常强度31.2ng,为本测线2006年的最大异常点;

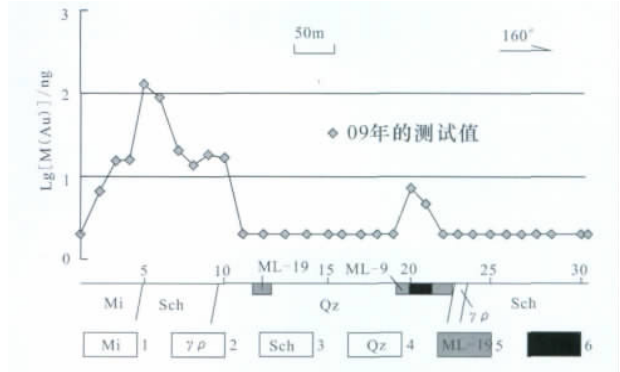


图4 11线金地电化学点位含量图(地质剖面图据河台金矿 2006<sup>①</sup>,修改)

Fig. 4 Au geo-electrochemical content along prospecting line No. 11 (geologic section is modified after Hetai Gold Mine, 2006)

1-混合岩;2-花岗伟晶质脉;3-以片岩为主的变质岩组合;4-以片状石英岩为主的变质岩组合;5-已知糜棱岩带在地表的投影及编号;6-已知矿体在地表的投影

1-migmatite; 2-granite pegmatite; 3-metamorphic rock assemblage mainly composed of schist; 4-metamorphic rock assemblage mainly composed of quartzite; 5-projection of known mylonitized zone and its number; 6-projection of known orebody and its number

14、18、20、22~23、26号点位于9号糜棱岩带上方,是背景值的1.3~2.1倍。2009年的金异常位于N1、N3~N7、S1、S5号测点,是背景值的2.4~331倍,其中N5号点异常强度662ng,为本测线2009年的最大异常点(图5)。

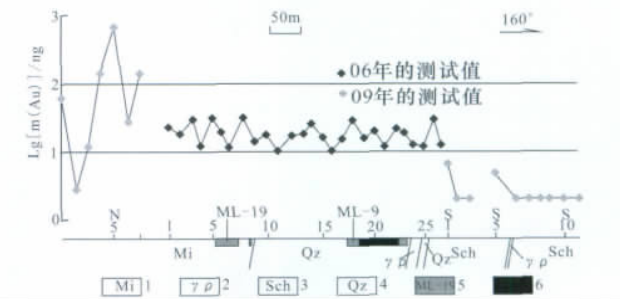


图5 39线金地电化学点位含量图(地质剖面图据河台金矿 2006<sup>①</sup>,修改)

Fig. 5 Au geo-electrochemical content along prospecting line No. 39 (geologic section is modified after Hetai Gold Mine, 2006)

1-混合岩;2-花岗伟晶质脉;3-以片岩为主的变质岩组合;4-以片状石英岩为主的变质岩组合;5-已知糜棱岩带在地表的投影及编号;6-已知矿体在地表的投影

1-migmatite; 2-granite pegmatite; 3-metamorphic rock assemblage mainly composed of schist; 4-metamorphic rock mainly made of quartzite; 5-projection of known mylonitized zone and number; 6-projection of known orebody and number

### 3.1.5 55号测线地电化学异常特征

该测线金异常位于1~12、15~19号点,其中15~19号点位于已知的9号糜棱岩带上方,是背景值的2~10.8倍;1~12号点是背景值的6~116倍;4号点异常强度232ng为本测线的最大异常点。

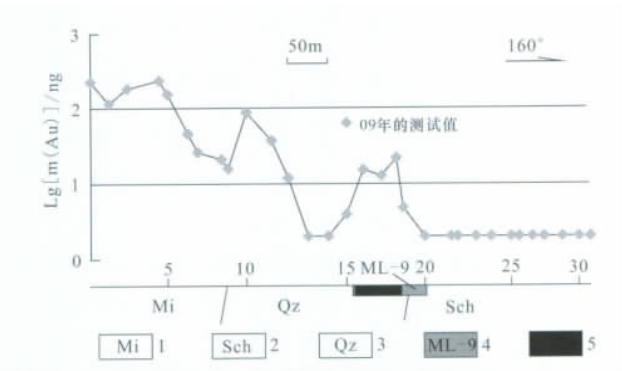


图6 55线金地电化学点位含量图(地质剖面图据河台金矿2006<sup>①</sup>修改)

Fig.6 Au geo-electrochemical content along prospecting line No. 55 (geologic section is modified after Hetai Gold Mine, 2006)

1 - 混合岩; 2 - 以片岩为主的变质岩组合; 3 - 以片状石英岩为主的变质岩组合; 4 - 已知糜棱岩带在地表的投影及编号; 5 - 已知矿体在地表的投影

1 - migmatite; 2 - metamorphic rock assemblage mainly composed of schist; 3 - metamorphic rock assemblage mainly composed of quartzite; 4 - projection of known mylonitized zone and number; 5 - projection of known orebody and number

### 3.2 地电化学异常规律及其可能的找矿预示

通过对上述5个测线地电化学异常特征的综合分析,得如下规律:(1)已知糜棱岩带在地表的投影处及其附近会出现地电化学高异常。结合金属离子射流分散晕的分布范围与矿体向地表垂直投影范围一致(谭克仁,2000a)的基本原理及本区的地质实际,认为:已知糜棱岩带在地表投影处附近的地电化学高异常可能源于已知糜棱岩带旁边还有未被发现的小糜棱岩带或已发现的糜棱岩带在深部还有延深;(2)未知区与已知糜棱岩带呈现相似的地电化学异常特征,均为单峰状或多峰状;(3)2006年的测试结果表明:相对于8线与56线,39线的地电化学测试值普遍偏大,其与39线存在富矿包的地质实际相吻合。结合56线含矿糜棱岩带的地电化学测试值也明显大于非含矿糜棱岩带的地电化学测试值,认为:地电化学含量与隐伏地质体的含矿性具有一定的正相关性;(4)未知区的地电化学异常不小于已知糜棱岩带的地电化学异常。以上规律表明:未知区的地电化学异常可能预示着下方隐伏矿体的

存在。

### 3.3 地电化学异常找矿预测时的注意事项探讨

#### 3.3.1 地电化学高异常带可能为非矿异常

39线北侧出现了2006、2009年地电化学测量的最大值662ng,是其它测线最大测量值的2.9倍。由于该测点及其附近的测点位于经氰化池处理的砂粒状废矿砂旁边,所以该处异常高的测试值可能受其影响。

#### 3.3.2 非地电化学异常区可能含矿

图2、图3所示9号糜棱岩带(ML-9)正上方没有出现明显的地电化学高异常。经分析,认为如下因素可能会造成成矿离子提取效果减弱。①受花岗伟晶质岩脉影响。矿体上方覆盖较厚地区,其地电化学异常比覆盖较薄地区相对强度大(罗先熔,1994)。弱风化的花岗伟晶质岩脉导致该处覆盖较薄,从而影响到地电化学提取效果。图2中花岗伟晶质岩脉在地表的出露处显示的地电化学低异常是其直接证据。②由于民采,地表以小石子、砂土为主,B层土壤不发育,直接影响了地电化学提取效果。③离子晕与隐伏矿体之间始终存在动态平衡关系,如果深部离子源(矿体)消失或离子迁移的通道被切断,地表的地电化学晕也就随之消失(谭克仁,2000a),所以地下开采引起的离子源消失及离子迁移通道被切断可能会使矿体上方无法形成地电化学高异常。19号糜棱岩带只在25~35线(图7)的近地表采矿,而9号糜棱岩带则从110m中段开始开采到地下-140m中段(每个中段相距50m),所以从离子晕动态平衡遭到破坏的程度看,19号糜棱岩带上方可形成相对9号糜棱岩带上方更大的地电化学异常。

## 4 找矿预测

### 4.1 地电化学异常带的划分

由地电化学高异常可能的找矿预示,结合本区地电化学异常带可能为非矿致异常及非地电化学异常区可能含矿,将地电化学测量区划分为三个高异常带(图7)。

### 4.2 异常带划分的地质分析

据前人研究(罗先熔,1994;罗先熔等,1997),认为本区地电化学高异常值偏大的特征可由河台金矿糜棱岩化蚀变岩型的金矿类型及地表较厚的土壤层作为解释。I号地电化学高异常带位于已知的9号糜棱岩带上方或9号糜棱岩带倾向侧的上方;II、III号地电化学高异常带的展布方向与矿区容矿构造方位一致(图7),均说明了地电化学高异常的分布受容矿构造控制,据其进行找矿预测可行。

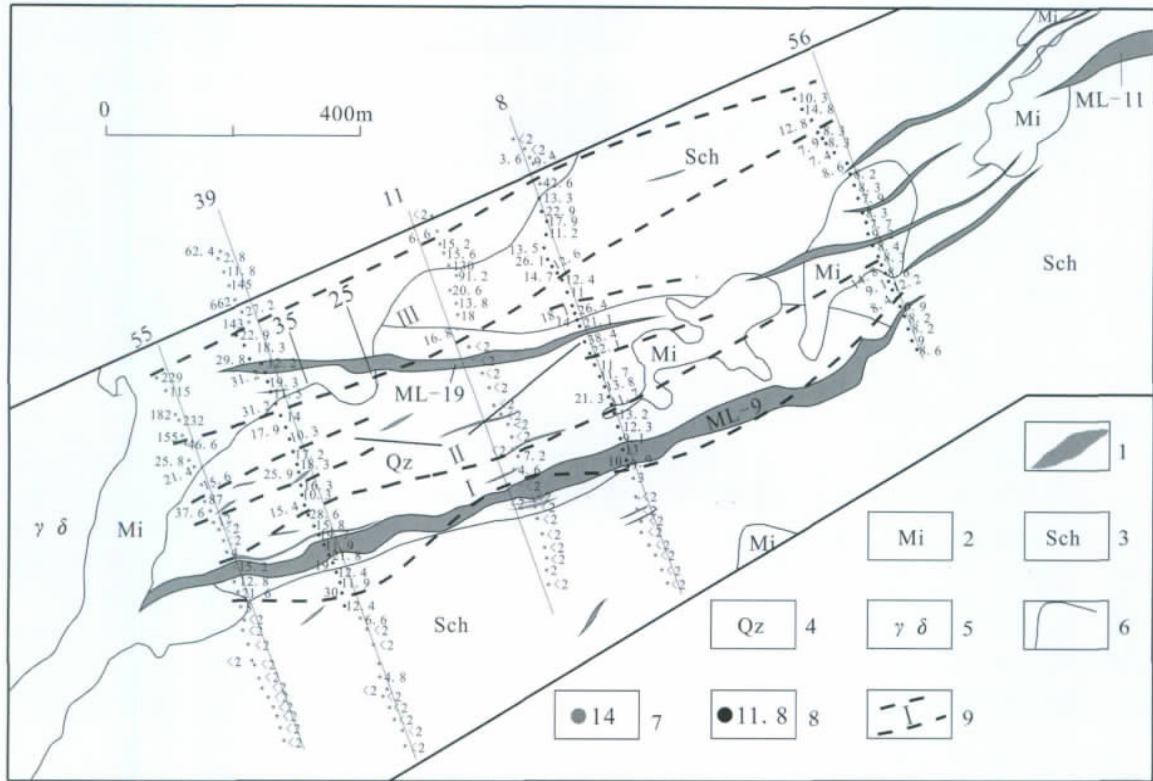


图7 地电化学点位含量及地电化学异常带平面图(地质图据河台金矿 2006<sup>①</sup>修改)

Fig.7 Plane of Au geo-electrochemical measure points , content and high anomaly belts( geologic map is modified from Hetai Gold Mine ,2006)

1 - 已知糜棱岩带; 2 - 混合岩; 3 - 以片岩为主的变质岩组合; 4 - 以片状石英岩为主的变质岩组合; 5 - 云楼岗序列黑云母斜长花岗岩; 6 - 地质界线; 7 - 06 年的地电化学测点位置及其含量; 8 - 09 年的地电化学测点位置及其含量; 9 - 地电化学高异常带及其编号  
 1 - known mylonitized zone; 2 - migmatite; 3 - metamorphic rock that mainly made of schist; 4 - the metamorphic rock that mainly made of quartzite; 5 - biotite plagiogranite of Yunlougang Series; 6 - line of geological limitation; 7 - geo-electrochemical measuring point and its content in 2006; 8 - geo-electrochemical measuring point and its content in 2009; 9 - anomalous high geo-electrochemical value belt and its number

4.3 其它物探方法印证

本区所做的其它物探方法表明: I、II、III 地电化学高异常区的下方有浮点浅层地震测量揭示的糜棱岩带; I、II、III 地电化学高异常带区在 39 线深部有 EH-4 测量揭示的电导率低异常; I、II、III 地电化学高异常带区与伽马能谱测量揭示的 K 高异常区(与矿化有一定的成因关系)位置基本一致,这些都说明了地电化学高异常值可能为矿致异常。

4.4 地电化学异常分布规律的综合地质解释

(1) I 号地电化学高异常带

I 号地电化学高异常带位于已知的 9 号糜棱岩带上方或 9 号糜棱岩带倾向侧的上方。这佐证了本区的地电化学异常受控于容矿构造;也是本区地电化学异常用于成矿预测的一个重要依据。

(2) II 号地电化学高异常带

II 号地电化学高异常带在 55 线异常明显,未受钻孔控制; 39 线只有钻孔 ZK3907 在浅部穿过了该异常带,深部由浅层地震揭示的糜棱岩带在 -140m 巷道处发现了糜棱岩带及黄铁矿化,虽然金品位不高(0.01g/t),但提供了深部找矿线索。地表出现了较多的小糜棱也预示深部可能有较大的糜棱岩带。建议对其进行验证。

(3) III 号地电化学高异常带

III 号地电化学高异常带是本区地电化学异常强度最大的异常带。其所在的 55 线位于已知的 19 号糜棱岩带的西端以西(图 7),说明了 19 号糜棱岩带在西端可能还有延伸。研究认为:矿区已经划定的 19 号糜棱岩带,在 25 线以东如果沿 III 号地电化学高异常带圈定有望实现找矿上的突破。其理由有:  
 ① 11 测线在该异常区的最大测点(91.2ng、130ng)

到19号糜棱岩带中心的距离大于138m,结合地电化学基本原理及矿区糜棱岩带倾角较大的地质实际,认为其并非成因而于已知的19号糜棱岩带,结合8线与56线的地电化学测量结果认为Ⅲ号地电化学高异常带下方可能存在糜棱岩带;②25线以东,19号糜棱岩带已基本在Ⅲ号地电化学高异常带之外,较好地解释了已划定的19号糜棱岩带从35线开采至25线(图7)矿体变贫难以继续开采;③Ⅲ号地电化学高异常带比19号糜棱岩更接近矿区普遍发育的容矿构造方位;④从展布方向、位置、围岩(图7)条件看,Ⅲ号地电化学高异常带可能是矿区主要的含矿糜棱岩带-11号糜棱岩带南西端的继续延伸。可能是11号糜棱岩带南西端遇到混合岩后糜棱岩化减弱而穿越混合岩后糜棱岩化继续增强而再现。

由Ⅲ号地电化学高异常带中测试值总体具有从西往东减小的趋势,推测其中的矿体可能像9号糜棱岩带中的矿体那样具有向北东侧伏的趋势。建议对Ⅲ号地电化学高异常带进行验证。

## 5 讨论与结论

(1) 总体而言,已知含矿糜棱岩带上方的金测试值相对围岩有较明显的高异常;未知区上方的地电化学高异常特征与含矿糜棱岩带上方的地电化学异常特征相似;未知区的地电化学高异常带与矿区容矿构造方位一致。以上结果说明该方法在本区进行矿体预测可行。

(2) 用地电化学测量进行找矿预测时,应结合实际情况,考虑地电化学高异常带可能的非矿致异常与非地电化学异常区可能含矿的情况。

(3) 经氰化池处理的砂粒状废砂可能会引起地电化学高异常;花岗伟晶岩质脉出露处、土壤层遭到破坏、地下大规模采空区域可能减弱成矿离子的提取效果,从而引起地电化学低异常。因此,开展地电化学野外工作应尽量使测线避开这些区域;用地电化学测量进行找矿预测时也应考虑这些因素可能的影响。

(4) 根据地电化学的测量结果将矿区由北至南划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号地电化学高异常带。其中Ⅰ号地电化学高异常带与本区已知的9号糜棱岩带相对应。建议对Ⅱ、Ⅲ号地电化学高异常带进行验证。预测矿区已经圈定的19号糜棱岩带在北西端还有延伸,而在25线以东如果沿Ⅲ号地电化学高异常带圈定,有望实现找矿上的突破。

致谢 在野外工作过程中,本研究组得到了河台金矿领导的大力支持,在室内数据处理与写作过程中作者得到了曾敬、陈华强、张金兰、Mutiu. A. Adeleye 等同学的热心指导与帮助,在此向他们表示衷心的感谢!

### [注释]

① 河台金矿. 2006. 云西矿床金矿资源储量核实报告[R].

### [References]

- Cao Zhong-huang, Luo Xian-rong, Wang Pei-pei, Wang Fa-ming. 2010. Comparative study of copper-nickel deposit exploration by the geoelectro-chemical extraction method in different overburden areas [J]. *Geology and Exploration*, 46(3): 476-482 (in Chinese with English abstract)
- Chen Jun, Wang He-nian. 1993. Characteristics of REE and other trace elements, within a shear zone of the Hetai gold deposit, Guangdong province [J]. *Mineral Deposits*, 12(3): 202-211 (in Chinese with English abstract)
- Fu Li-chun, Luo Xian-rong, Ouyang Fei. 2006. Contrast research of geoelectrochemical extraction technique condition [J]. *Geology and Prospecting*, 42(6): 62-66 (in Chinese with English abstract)
- Hu Shi-jie. 2008. Depth and periphery prospecting at Yunxi deposit of Hetai goldmine [J]. *Southern Metals*, (4): 40-42 (in Chinese with English abstract)
- Huang Dong-lin. 2001. Studies on minerogenic geochemistry of Hetai gold deposit [J]. *Gold Science and Technology*, 9(6): 15-21 (in Chinese with English abstract)
- Kang Ming, Luo Xian-rong. 2003. Improvement and applied results of geoelectrical chemistry methods [J]. *Geology and prospecting*, 39(5): 63-66 (in Chinese with English abstract)
- Lai Jian-qing, Lin Cai-shun, Peng Sheng-lin, Yang Mu, Shao Yong-jun, Yang Bin. 2004. The geoelectrochemical extraction technique and ore prospecting for hidden copper deposits in the Fenghuangshan mine [J]. *Geology and Exploration*, 40(3): 60-63 (in Chinese with English abstract)
- Li Jiang, Gao Ming-hai, Wang Shi-mei, Wang Dian-yun. 1989. Electrogeochemical extraction techniques using in exploration for gold [J]. *Geology and Prospecting*, 25(1): 52-54 (in Chinese with English abstract)
- Li Xin-fu, Zhan Pei-ren. 2007. Ore potentiality analysis of mylonite zone of Hetai gold mine field [J]. *China Mine Engineering*, 36(1): 13-16 (in Chinese with English abstract)
- Li Zhao-lin, Li Zhao-lin, Zhai Wei, Huang Dong-lin, Sun Kai, Wen Yong-jun. 2002. Geochemical characteristics of gold and accessory elements in vertical and transverse sections and evaluation of Hetai ductile shear zone gold deposit [J]. *GEOCHIMICA*, 31(5): 473-480 (in Chinese with English abstract)
- Liu Wei, Dai Ta-gen, Huang Man-xiang, He Hui. 2006. Occurrence regularity of ore body and prospecting perspective of Hetai gold deposit, Guangdong [J]. *gold*, 27(3): 9-13
- Liu Zhan-yuan, Zhou Guo-hua. 2002. Some new advances in method and techniques of CHIM [J]. *Geology and Prospecting*, 38(supple-

- ment): 173 - 177( in Chinese with English abstract)
- Liu Zhen - sheng. 2004. Structuralore - controlling characteristics , metallogenic mechanism and Ore - hunting orientation of Hetai gold deposit [J]. *Gold* , 25( 2) : 8 - 10( in Chinese with English abstract)
- Lu Jian - jun. 1993. A geochemical study on metallogenesis of Hetai gold deposit in ductile shear zone , Guangdong province [J]. *Journal of Nanjing University( Natural Sciences Edition)* , 29( 2) : 293 - 302 ( in Chinese with English abstract)
- Luo Xian - rong Wang Wei - min Zhang Pei - hua. 1997. Genetic mechanism and features of geo - electrochemical anomalies of concealed gold deposits [J]. *Geological Exploration for Non - ferrous Metals* , 6( 6) : 364 - 367( in Chinese with English abstract)
- Luo Xian - rong , Duan Ye. 1995. The present situation of application of the geoelectrochemical extraction method in China and its research direction. *Journal of Guilin Institute of Technology* , 15( 1) : 34 - 39 ( in Chinese with English abstract)
- Luo Xian - rong , Yang Xiao. 1989. Geoelectrochemical measurement for concealed oredeposit exploration and prognosis [J]. *Geology and Exploration* , 25( 12) : 43 - 51( in Chinese with English abstract)
- Luo xian - rong. 1992. On the formation mechanism of the electrical extraction ion anomalies [J]. *Geology and Exploration* , 28( 10) : 48 - 50 , 56( in Chinese with English abstract)
- Luo Xian - rong. 1994. Secondary discussion on prospecting buried ore by geoelectrochemical method [J]. *Journal of Guilin College of geology* , 14( 3) : 295 - 302( in Chinese with English abstract)
- Quan Ya - rong , Li Zhao - lin , Zhai Wei , Wen Yong - jun , Li Wen. 2001. Application of thermoluminescent measure to mine searching in Hetai goldmine [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni* , 40( 6) : 77 - 80( in Chinese with English abstract)
- Reinhard W. leinz , Donald B. Hoover. 1993. The Russian CHIM method - electrically - or diffusion - driven collection of ions [J]. *Explore* , 1( 79) : 5 - 9
- Tan Ke - ren. 2000. Advances in new techniques and methods for geoelectrochemical prospecting and exploration of gold deposits [J]. *Gold Science and Technology* , 8( 1) : 23 - 31( in Chinese with English abstract)
- Tan Ke - ren. 2000b. Application of CHIM and CSE to exploration for concealed gold deposits [J]. *Gold Science and Technology* , 8( 2) : 26 - 29( in Chinese with English abstract)
- Wang Henian , Zhang Jing - rong , Dai Ai - hua , Lin Jing - sheng , Chen Chu - ting , Ji Ming - jun. 1989. Geochemistry of the Hetai gold deposit in the altered mylonite zone [J]. *Mineral Deposits* , 8( 2) : 61 - 71( in Chinese with English abstract)
- Wang Si - liang , Li De - qin. 2000. The characteristics and forecast of bonanzas in Yunxi deposit of Hetai gold mine. *Gold Journal* , 2( 1) : 17 - 21( in Chinese with English abstract)
- Wen Mei - lan , Luo Xian - rong , Ouyang Fei , Xiong Jian. 2008. The study of prospecting concealed gold geosit in geo - elec - trochemical methods [J]. *Mineral Resources and Geology* , 22( 4) : 347 - 352( in Chinese with English abstract)
- Wen Mei - lan , Luo Xian - rong , Xiong Jian , Zeng Nan - shi , Hou Bao - hong , John Keelin. 2010. Electro - geochemical method in the search of concealed gold deposits in South Australia [J]. *Geology and Exploration* , 46( 1) : 153 - 159( in Chinese with English abstract)
- Xia Yong - jian , Chen You - dong , Wang Si - liang , Gong Chao - yang , Gong Gui - lun , Zhang De - sheng , Chen Guang - hao , Lin Ge. 2008. Tentative investigation of absorption - electricity extraction for exploring gold in Hetai gold deposit [J]. *Gold* , 29( 9) : 7 - 10( in Chinese with English abstract)
- Xu Rui - song , Ma Yue - liang Lü Hui - ping. 1996. Biogeochemical effects of gold and associated elements: a case study of the Hetai gold deposit [J]. *GEOCHIMICA* , 25( 2) : 196 - 203( in Chinese with English abstract)

#### [附中文参考文献]

- 曹中煌,罗先熔,王培培,王发明. 2010. 不同覆盖区地电化学提取法寻找铜镍矿对比研究[J]. *地质与勘探* , 46( 3) : 476 - 482
- 陈骏,王鹤年. 1993. 广东省河台含金剪切带中 REE 及其它微量元素的含量和分布特征. *矿床地质* [J] , 12( 3) : 202 - 211
- 付立春,罗先熔,欧阳菲. 2006. 地电化学提取技术条件的系统对比研究[J]. *42( 6) : 62 - 66*
- 胡世杰. 2008. 河台金矿云西矿床边深部找矿探索[J]. *南方金属* , ( 4) : 40 - 42
- 黄栋林. 2001. 河台金矿床成矿地球化学研究[J]. *黄金科学技术* , 9( 6) : 15 - 21
- 康明,罗先熔. 2003. 地电化学方法的改进及应用效果[J]. *地质与勘探* , 39( 5) : 63 - 66
- 赖健清,林才顺,彭省临,杨牧,邵拥军,杨斌. 2004. 凤凰山矿区地电提取法寻找隐伏铜矿的研究[J]. *地质与勘探* , 40( 3) : 60 - 63
- 李江,高明海,王士梅,王殿运. 1989. 地电化学提取法在找金矿中的应用[J]. *地质与勘探* , 25( 1) : 52 - 54
- 李新福,湛培任. 2007. 河台金矿田糜棱岩带含矿性分析[J]. *中国矿山工程* , 36( 1) : 13 - 16
- 李兆麟,翟伟,黄栋林,等. 2002. 河台金矿床垂深及横向剖面 Au 及伴生微量元素地球化学特征及矿床深部评价[J]. *地球化学* , 200231( 5) : 473 - 480
- 刘伟,戴塔根,黄满湘,贾辉. 2006. 广东河台金矿矿体赋存规律及找矿前景[J]. *黄金* , 27( 3) : 9 - 13
- 刘占元,周国华. 2002. 地电化学方法技术改进的思路与进展[J]. *地质与勘探* , 38( supplement) : 173 - 177
- 刘振升. 2004. 河台金矿区构造控矿特征、成矿机理与找矿方向[J]. *黄金* , 25( 2) : 8 - 10
- 陆建军. 1993. 河台韧性剪切带型金矿床成矿作用地球化学研究[J]. *南京大学学报* , 29( 2) : 293 - 302
- 罗先熔,段冶. 1995. 我国地电提取测量法的应用现状及研究方向[J]. *桂林工学院学报* , 15( 1) : 34 - 39
- 罗先熔,王卫民,张佩华. 1997. 隐伏金矿地电化学异常形成机制及异常形态特征[J]. *有色金属矿产与勘查* , 6( 6) : 364 - 367
- 罗先熔,杨晓. 1989. 地电化学测量找寻隐伏矿床的研究及找矿预测[J]. *地质与勘探* , 25( 12) : 43 - 51
- 罗先熔. 1992. 地电提取离子异常形成机制探讨[J]. *地质与勘探* , 28( 10) : 48 - 50 , 56
- 罗先熔. 1994. 再论地电化学测量法寻找隐伏矿床[J]. *桂林冶金地*



- 质学院学报, 14(3): 295-302
- 全亚荣, 李兆麟, 翟伟, 等. 2001. 热释光测量在河台金矿找矿上的应用[J]. 中山大学学报(自然科学版), 40(6): 77-80
- 谭克仁. 2000a. 金矿地电化学勘查新技术、新方法研究进展[J]. 黄金科学技术, 8(1): 23-31
- 谭克仁. 部分电提取法和吸附提取法在隐伏金矿床普查找矿勘查中的应用[J]. 黄金科学技术, 2000b, 8(2): 26-29
- 王鹤年, 张景荣, 戴爱华. 1989. 广东河台糜棱岩带蚀变岩型金矿床的地球化学研究[J]. 矿床地质, 8(2): 61-71
- 王斯亮, 李得钦. 2000. 河台金矿云西矿床富矿包特征及预测[J]. 黄金学报, 2(1): 17-21
- 文美兰, 罗先熔, 欧阳菲, 熊健. 2008. 地电化学法寻找隐伏金矿研究[J]. 矿产与地质, 22(4): 347-352
- 文美兰, 罗先熔, 熊健, 曾南石, 侯宝宏, John Keelin. 2010. 地电化学法在南澳大利亚寻找隐伏金矿的研究[J]. 地质与勘探, 46(1): 153-159
- 夏永健, 陈友东, 王斯亮, 龚朝阳, 龚贵伦, 张德圣, 陈广浩, 林舸. 2008. 地电化学测量在河台金矿找矿中的试验研究[J]. 黄金, 29(9): 7-10
- 徐瑞松, 马跃良, 吕惠萍. 1996. Au及伴生元素生物地球化学效应研究—以广东河台金矿为例[J]. 地球化学, 25(2): 196-203

### Application of Geo – Electrochemical Measurement to Prospecting in the Hetai Gold Deposit

ZHU Jiang – jian<sup>1,6</sup>, ZENG Qiao – song<sup>1</sup>, YI Jin<sup>1,6</sup>, GONG Chao – yang<sup>2</sup>, LI Xin – fu<sup>2</sup>, HUANG Dong – lin<sup>2</sup>,  
WANG Si – liang<sup>2</sup>, XIA Yong – jian<sup>3</sup>, GONG Gui – lun<sup>1,6</sup>, CHEN Guang – hao<sup>4</sup>, LIN Ge<sup>5</sup>

- ( 1. Key Laboratory of Mineralogy and Metallogeny, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640; 2. Hetai Gold Mine, Gaoyao, Guangdong 526127;  
3. China Nerin Engineering Co. Ltd, Nanchang, Jiangxi 330002; 4. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510301;  
5. Key Laboratory of Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640;  
6. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

**Abstract:** Geo – electrochemical measurements using the absorption – electricity extraction method were carried out in the Yunxi deposit of the Hetai gold mine to obtain more gold reserves. The result shows that test values of gold above the known auriferous mylonitized zone are higher than that of the county rocks. The geo – electrochemical anomaly characteristics are similar to those above the auriferous mylonitized zone. The azimuths of electrochemical anomalies in the unknown area are consistent with that of the ore – forming structures. It is thus concluded that the method is feasible for prospecting prediction in this area. When applying the absorption – electricity extraction method, we should consider the possibilities that the anomalous high value belt of geo – electrochemical values are not produced by ore bodies, while the area without geo – electrochemical anomalies can have ore. Possible reasons for these two cases were discussed. Further more, three high – anomaly belts of geo – electrochemical values in the study area were defined, and we suggest that the abnormal high value belts, which did not result from known ore bodies, should be checked. It was predicted that the mylonitized zone No. 19 may extend to the west of the Yunxi deposit, and the belt with abnormally high geo – electrochemical values east of line No. 25 is a potential area to find ore bodies.

**Key words:** absorption – electricity extraction method, geo – electrochemical high abnormal belt, mylonitized zone, Hetai gold deposit