# 地球化学

# 化探在福建北部 1:5 万区域矿产远景调查中 的找矿效果及应用前景

刘乃忠<sup>1,2</sup>,陈郑辉<sup>3,4</sup>

(1.中国地质大学(武汉),湖北 武汉 430074;2. 福建省地质调查院,福建 福州 350013;3.中国地质大学(北京),北京 100083;4. 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

[摘 要]根据福建省北部井后、上房等新发现的钼、钨、金矿产的地球化学异常特征,阐述区域矿产 远景调查的异常评价,评价步骤为1:5 万水系沉积物测量→1:1 万土壤测量→地质观察→地表揭露→深 部钻探验证。研究认为,次生晕异常特征可反映矿床原生地球化学异常的组份分带,可用原生晕分带理 论判断异常的含矿性与否,进而选择有较强针对性的指示元素,开展下一步化探工作,以最经济成本达 到最好的异常评价效果。

[关键词]1:5 万化探 井后 上房 找矿效果 应用前景 [中图分类号]P618 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2011)03-414-09

Liu Nai-zhong, Chen Zheng-hui. Application of geochemical exploration to the survey of regional mineral resources at scale 1:50000 in northern Fujian Province and its exploration potential [J]. Geology and Exploration, 2011, 47(3): 414-422.

## 0 引言

1:5 万地质矿产调查工作中,化探工作在发现异 常、缩小靶区发挥了不可或缺的作用。笔者工作的 地区多为中等切割的丘陵-低山地貌,属中亚热带 季风气候,温暖湿润,植被发育,残坡积层较厚,目前 采用的化探水系沉积物测量有效地克服了地质露头 不足、地质观察困难的不利,较好地发现异常。进一 步用土壤测量缩小异常靶区,然后在异常浓集中心 进行地质观察,选择有利部位,布设地表工程,揭露 解剖异常,圈定矿(化)体(任天祥等,1998),取得较 好的找矿效果。近年福建省地质调查院在闽北新发 现的多处钼、钨、金、银矿产地均是从1:5 万水系沉 积物测量→1:1 万土壤测量→地质观察→地表揭露 →深部钻探验证而取得。关键是如何评价众多的异 常,笔者试图从各矿产地的地球化学异常特征,阐述 矿产调查中异常的评价思路,达到不遗漏矿致异常, 提高异常见矿率的目的。从最近工作的四个 1:5 万

联测图幅统计:圈定综合异常83处,经查证见矿,评 为甲+乙类的矿致异常26处,见矿率为31.3%。

- 1 工作方法
- 1.1 水系沉积物测量

采样点布设在 1:5 万地形图上,以每平方千米 (0.5km×0.5km)作为采样格,每格中布设两个样, 样品分布在一级水系口或二级水系中,每个样品控 制面积 0.125~0.25km<sup>2</sup>。样品主要采集粉砂、淤 泥。样品重量以保证过 0.216mm(60 目)筛后重量 大于 150g。

样品分析根据各测区任务要求,选择测试元素。 各元素的分析方法、检出限与报出率、分析准确度与 精密度等技术要求按《地球化学普查规范》(DZ/ T0011–1991)的规定执行。各元素异常下限与异常 浓度分带的确定:统计其几何均值 X 与离差 S,对于 大于 X+3S 与小于 X–3S 的数据进行逐步剔除,连 续剔除三次,剩下的数据统计其均值  $C_0$  和离差  $S_0$ ,

<sup>[</sup>收稿日期]2010-06-03;[修订日期]2010-11-26;[责任编辑]郝情情。

<sup>[</sup>基金项目]本文得到中国地质调查局大调查项目"福建建瓯-南平地区矿产远景调查"(1212010881402)和"全国重要矿产和区域成矿规 律研究"(1212010733803)联合资助。

<sup>[</sup>第一作者]刘乃忠(1966年-),男,高级工程师,在读博士研究生,主要从事地质找矿与勘查。E-mail:lnz803@126.com。

<sup>[</sup>通讯作者]陈郑辉(1973年-),男,2006年中国地质科学院获博士学位,在职博士后,副研究员,主要从事区域成矿规律和矿产资源潜力 评价等研究。E-mail:chenzhenghui@sina.com。

按 T= $C_0+S_0($ 取 1.65~2.5 之间的值) 计算几何下限,取真值后作为测区的异常下限,并根据测区地质背景进行调整,最后确定各元素异常下限。异常浓度分带采用 1、2、4 倍确定。

各元素异常的圈定是在异常下限确定后,在1:5 万地形图上依地形、异常汇水面积勾绘单元素异常。 1.2 土壤测量

测网布设、测线施工:使用 1:1 万地形图,依据 1:5万化探异常空间展布及测区地质背景特征,确定 工作区范围及基线方位。采用矩形网格,基本测网 网度 200m×20m。样品采集 B 层,取样深度约 20 ~ 30cm,取样物质为砂质粘土、亚粘土。采样重量过 60 目不锈钢筛后的样重>130g。

样品分析根据水系沉积物异常主异常元素特征,选择测试元素。分析方法、检出限与报出率、分析准确度与精密度等技术要求执行中华人民共和国地质行业标准《土壤地球化学测量规范》(DZ/T0145-1994)。

各元素异常下限的确定和异常浓度分带同水系 沉积物测量。各元素的异常下限确定后,在1:1万 地质图上套合各元素分析数据,考虑地质构造走向 等地质因素勾绘单元素异常。

2 找矿实例

2.1 井后钼矿地球化学异常特征

2.1.1 概况

矿区出露地层为晚元古代马面山群大岭组,为 侵入岩体残留顶盖,岩性以黑云石英片岩、斜长角闪 片岩、黑云斜长变粒岩为主。侵入岩主要为加里东 期二长花岗岩和少量中酸性岩脉。前者为中粗粒结 构,片麻状构造。构造以北东向为主,少量为南北 向、北西向,沿断裂带均具有强蚀变,具碎裂、褐铁矿 化、绢英岩化、绿泥石化、硅化、叶蜡石化。矿体与围 岩接触界面为渐变过渡关系,二长花岗岩、黑云斜长 变粒岩矿化蚀变强弱不均,与矿化密切的蚀变以硅 化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化为主(图1)。 2.1.2 水系沉积物地球化学异常特征

矿区处于 1:5 万水系沉积物测量一个面积较大 多元素综合异常中。该异常为 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、 Mo、W 等元素组合。该异常在空间上具组份分带特 征,东部为 Cu、Pb、Zn、Au、Ag 元素组合,西部为 Mo、 W、Sn 元素组合,本矿区就位于西部。

西部异常面积 16.79km<sup>2</sup>,以 Mo 为主,伴有 W、 Pb、Mn、Ag、Sn、Zn 异常。

Mo异常为近扁椭园形近东西向展布,面积约

1.76km<sup>2</sup>,浓度分带清晰,浓度内带面积大,浓集趋势明显(图1),最大值130.16×10<sup>-6</sup>,平均异常强度为43.99×10<sup>-6</sup>;W异常为扁椭园形,与Mo异常相套合,异常中带与Mo浓集中心套合很好;Pb异常为不规则长条状北东向,其中带与扁椭园形Mn异常相套,沿北东向展布,局部与Mo浓集中心吻合;Zn、Ag、Sn异常外带面积较大,形态不规则,套合于Mo异常上;Cu异常仅出现在Mo异常的外围。

综上所述,异常处于地质构造活动区域,岩浆活动频繁,且周边见多处矿致异常,是成矿的有利地段。进而,异常组合中 Mo 异常强度最高,浓度分带清晰,与高温组元素 W 套合好,外围伴有热液成矿中温组元素异常,显示了隐伏钼矿化异常组合特征。 2.1.3 土壤地球化学异常特征

在 Mo、W 水系沉积物异常中心部位布置了 1.2km<sup>2</sup> 的 1:1 万土壤测量工作。发现了以 Mo 为 主,伴有 Zn、Cu、Pb、Ag、W、Bi 的综合异常。

Mo 异常呈不规则状北东向展布,往北东未封闭 (图2)。Mo 异常40×10<sup>-6</sup>以上面积达0.25km<sup>2</sup>,80× 10<sup>-6</sup>以上面积达0.15km<sup>2</sup>。Mo 异常浓度分带清晰, 浓集明显,在异常内带上有三个浓集中心,高值分别 为320×10<sup>-6</sup>、193×10<sup>-6</sup>、460×10<sup>-6</sup>。前两个浓集中心 为窄条状呈北东向展布,后一个浓集中心呈近等轴 状呈北东向展布。浓集中心均展布在加里东期似斑 状中粗粒二长花岗岩体内。

W、Bi、Ag 异常面积较大,与 Mo 异常套合较好, 特别是 W 异常呈面形包裹着 Mo 异常,向东未封闭。 在 Mo 异常浓集中心上见 W、Bi、Ag 异常的小面积 异常内带出现。

Pb、Cu、Zn 异常在空间上相关性较好,呈半环状环绕 Mo 异常展布。在 Mo 异常内带外围形成两个较明显的浓集中心。一个套合于 Mo 异常西侧的外带上,Pb 异常见浓度分带,高值 4330×10<sup>-6</sup>,Cu、Zn 异常见中带,高值分别为 Cu 343×10<sup>-6</sup>,Cu、Zn 异常见中带,高值分别为 Cu 343×10<sup>-6</sup>,Zn 781× 10<sup>-6</sup>,三元素异常较吻合,呈北东向展布于大岭组地 层上,其上还伴有 Bi 异常中带和 W 异常外带;另一 个位于 Mo 异常外南侧,Pb 异常见浓度分带,高值 1061×10<sup>-6</sup>,Cu、Zn 异常见中带,高值分别为 Cu 320× 10<sup>-6</sup>、Zn 1200×10<sup>-6</sup>,三元素异常套合较好,呈北北东 向展布于大岭组地层与加里东期似斑状中粗粒二长 花岗岩接触带,其上套合有 Bi、Ag 异常外带。

综上所述, Mo、W 异常重现性好, 浓集趋势明显,浓度分带清晰, Cu、Pb、Zn、Ag 异常呈半环状围绕 Mo、W 异常外围分布,反映了斑岩型钼矿床的异常元素组份分带特征(陈毓川等,2007)。



 Fig. 1 Anomaly analysis of stream sediments in the Jinghou molybdenum deposit

 1-大岭组斜长变粒岩;2-加里东期二长花岗岩;3-地质界线;4-断层;5-褐铁矿化/硅化;6-钼矿点;7-异常元素等量线;8-异常

 浓度分带

1-plagioclase granulite of Daling formation; 2-Caledonian monzogranite; 3-geological boundary; 4-fault; 5-limonitization and siliconization; 6-molybdenum ore occurrences; 7-anomalous elements isoline; 8-anomaly concentration zoning

## 2.1.4 工程验证结果

在土壤异常浓集中心和有利地质构造部位布置 地表工程与深部钻孔揭露。地表发育的绿泥石、绿 帘石、叶蜡石等中低温热液蚀变与典型斑岩型矿化 蚀变之青磐岩化带较为吻合,钼矿化品位均较低,具 全岩矿化特点(芮宗瑶等,1984);深部钻孔资料显 示-750m 深度仍以绿泥石化、绿帘石化等中低温蚀 变为主,表明处在绿泥石化、硅化蚀变带(青磐岩化 带)内,尚未进入绢英岩化带。目前矿床由 30 个钼 矿组成,其中工业矿体 16 个,低品位矿体 14 个,矿 体平均品位 Mo 0.03% ~ 0.237%, 推测延深 200~ 400m 不等。矿石结构为自形-半自形粒状结构、半 自形鳞片状结构,细脉(网脉)-浸染状构造。矿石 的金属矿物为辉钼矿、黄铁矿、褐铁矿。矿区资源量 估算(333)+(334)矿石量为 1986.03 万吨,钼金属 量为 10177.37t。经初步地质工作认为: Mo 等元素 的矿质来源于深部,区域构造活动,又为区内成矿热 液与成矿元素的迁移富集提供了通道与空间,矿床 可能是斑岩型钼矿体经后期构造叠加而成<sup>①</sup>。

## 2.2 上房钨钼矿地球化学异常特征

### 2.2.1 概述

矿区出露下元古界大金山组( $Pt_1d$ )、中-上元古 界龙北溪组( $Pt_{2-3}l$ )地层,前者岩性为黑云斜长变粒 岩、黑云石英片岩;后者岩性为云母石英片岩、石英 云母片岩夹变粒岩和绿帘石英岩薄层。两者呈韧性 剪切带接触。由近南北向、北东向断裂与变质岩复 式向斜共同构成矿区构造格架。燕山早期浅肉红色 黑云母花岗岩( $\gamma_5^{2(3)e}$ )及晚期花岗斑岩体在区内出 露,前者呈岩株状;后者为隐伏或半隐伏岩体,在地 表多呈北北东、北东向脉状断续出露。

2.2.2 水系沉积物地球化学异常特征

1:5 万水系沉积物测量发现以 W、Bi 为主,伴有 Mo、Cu、Zn、Ag 的综合异常,异常总体呈等轴状,面 积约 10km<sup>2</sup>(图 3)。

W、Bi 异常面积大,向南未封闭。两元素具清 晰的浓度分带,浓集中心明显,且向北西向展布,W 最高值 357.6×10<sup>-6</sup>,Bi 最高值 12.2×10<sup>-6</sup>,二者完全 套合,浓度梯度变化 W 西陡东缓,而 Bi 相对平缓。



the Jinghou molybdenum deposit

1-钼矿体;2-异常元素及异常下限;3-元素异常浓度分带
 1-molybdenum ore-body;2-anomalous elements and threshold;
 3-anomaly concentration zoning

Mo 异常套合于 W 异常的西部,出现异常中带,高值 点 17.5×10<sup>-6</sup>与 W 最高值套合;异常分布与燕山早 期浅肉红色黑云母花岗岩出露有关。Cu、Zn、Ag 在 区内出现两处异常,东北部一处异常形态不规则,浓 度梯度变化平缓,在 W 异常的北东部相交展布,Cu、 Zn 出现小面积异常中带,且位于 W 异常外围。异 常分布在大金山组(Pt<sub>1</sub>d)黑云斜长变粒岩、黑云石 英片岩出露区;另一处为弱异常,三元素均与 W、Bi 异常内带相套合,且 Ag 异常面积较大,并出现的小 面积异常中带。

Pb 异常形态不规则,浓度梯度变化平缓,分布 于 W 异常的西北部,小面积异常中带与 Zn 套合较 好。

综上所述,异常以 W、Mo、Bi 为中心,Cu、Pb、 Zn、Ag 呈半环分布,显示了斑岩型矿床元素组份分 带特点。结合异常区地质背景,初步推断异常由隐 伏斑岩型钨矿床引起。

2.2.3 土壤地球化学异常特征

在水系沉积物异常范围,开展了 3km<sup>2</sup> 的 1:1 万 土壤测量,分析了 W、Mo、Bi、Sb。发现了以 W 为 主, Mo、Bi 次之的综合异常。异常呈近椭园形, 向北 东侧递减延伸。异常面积约1.4km<sup>2</sup>。

W 异常呈近椭园形北东向展布(图4),异常强 度大,浓集趋势明显,最高值 5200×10<sup>-6</sup> 远远超过钨 工业品位 1500×10<sup>-6</sup>,浓度梯度变化显著。以 25× 10<sup>-6</sup> 圈定异常,异常面积约 1.4km<sup>2</sup>,大于 1600×10<sup>-6</sup> 面积约 0.05 km<sup>2</sup>。另外还有两个小面积大于 200× 10<sup>-6</sup>的浓集中心。异常与区内发育的花岗斑岩脉走 向一致,且异常内带有多条花岗斑岩脉通过,并发育 有一条硅化-钾化带。

Mo、Bi 异常与 W 异常套合好,且异常强度高, 高值分别为 Mo 158×10<sup>-6</sup>、Bi 200×10<sup>-6</sup>,两元素浓度 分带清晰,且浓集中心与 W 异常较吻合。

综上所述,区内 W、Mo、Bi 异常重现性好,且土 壤异常强度高,规模大,浓度分带清晰,浓集中心明 显,结合异常区的地质背景,初步推测异常是由斑岩 脉侵入过程的硅化、钾长石化等蚀变引起钨元素的 迁移富集,形成矿化引起,从而认为区内出露的花岗 斑岩为成矿提供了物质来源和富矿空间(解惠等, 2010)。

2.2.4 工程验证结果

经地质普查,矿床具有全岩矿化和垂直分带的 特点,岩体外接触带为钨矿化,内接触带为钼矿化 (即上钨下钼),矿石金属矿物有白钨矿、辉钼矿、磁 黄铁矿、黄铁矿,在矿体中心白钨矿呈团粒状或条带 状颗粒粗大且密集,往矿体边缘多呈细的浸染状且 稀疏;具有由高温到低温的蚀变分带特点,即:从矿 床中心向外大致硅化、阳起石化(透闪石)、磁黄铁 矿化带(矿体赋存此带中)→钾长石化、白云母化、 绢英岩化带→高岭土化、绿泥石化、青盘岩化带等蚀 变分带,与斑岩型钨钼矿床大致相当(瓮纪昌等, 2010)。目前矿区发现两条钨矿化带呈北东向展 布。钨333+334 资源量2.32 万吨,达中型钨矿床规 模。

2.3 护田金矿地球化学特征

2.3.1 概述

区内出露地层较为复杂,主要为中-新元古代 变质基底及发育其上的中生代火山碎屑岩。中—新 元古代大岭组( $Pt_{2-3}dl$ )、东岩组( $Pt_{2-3}d$ )、龙北溪组 ( $Pt_{2-3}l$ )变质岩是区内重要的变质基底,其上发育北 东向展布的中生代火山盆地,出露有中生代晚侏罗 世南园组( $J_3n$ )、早白垩世石帽山群黄坑组( $K_1h$ ) 火山碎屑岩地层。区内侵入岩仅在北西角见少量燕 山早期正长花岗岩( $\xi\gamma_5^{2(3)c}$ ),呈岩基出现。区内断 裂构造极为发育,两条大规模的北东向断裂构造蚀



1-大金山岩组;2-龙北溪岩组;3-燕山早期钾长花岗岩;4-断层;5-地质界线;6-钼铋矿点;7-异常元素等量线;8-异常浓度分带
 1-Dajinshan formation; 2-Longbeixi formation; 3- early Yanshanian syenogranite; 4-fault; 5-geological boundary; 6-molybdenum and bismuth ore occurrences; 7- anomalous elements isoline; 8- anomaly concentration zoning

变带及后期近东西向-北西向次级断裂构造若干 条。

2.3.2 水系沉积物地球化学异常特征

1:5 万水系沉积物测量在区内发现以 Au 为主, 伴有 Ag、As、Sb 的综合异常。Au 异常形成多个浓 集中心,呈串珠状沿北东向断裂构造展布(图 5)。 由北往南各浓集中心异常特征分别为:

浓集中心 I:为椭园形,异常中带北西向展布, 最大值 7.42×10<sup>-9</sup>。其上套合有 As 异常中带与 Sb 异常外带,且套合好。

浓集中心 II:为扁椭园形,异常内带东西向展 布,浓度分带清晰,浓集明显,最大值 36.31×10<sup>-9</sup>。 Ag、As 异常内带和 Sb 异常中带与 Au 异常内带相吻 合。 浓集中心Ⅲ:为椭园形,异常内带北东向展布, 浓度分带清晰,最大值 27.22×10<sup>-9</sup>。Sb、As 异常内 带和 Ag 异常外带与 Au 异常内带相吻合,且 Sb、As 异常中带面积大于 Au 异常中带。

浓集中心Ⅳ:呈近等轴状,异常内带北西向展 布,浓度分带清晰,浓集明显,最大值115.9×10<sup>-9</sup>。 As 异常中带和 Sb 异常外带与 Au 异常中心相吻合, 且 Sb 异常面积较小。

浓集中心V:为不规则状,异常内带呈扁椭圆形 北东向展布,浓度分带清晰,最大值54.52×10<sup>-9</sup>。 Hg、As、Sb 异常均出现在Au 异常外围,套合不好。

综上所述,区内出露南园组火山岩地层,在断层 两侧见强烈的硅化、黄铁矿化、叶腊石化等蚀变。从 而认为,区域内深大断裂将中生代火山盆地错断直

418



图 4 上房钨矿土壤综合异常图



1-tungsten ore-body (mineralized body); 2-anomalous elements and threshold; 3-anomaly concentration zoning

至变质基底,变质基底内丰富的金矿质随构造热液 活动运移到中生代火山盆地内,在断裂构造及其次 级构造内富集,且区内出现较好的金矿化异常元素 组合(丁见广等,2010),由此推测本异常可能存在 隐伏金矿(化)体。

2.3.3 土壤地球化学异常特征

在 1:5 万水系沉积物 Au 异常区开展了 8km<sup>2</sup> 的 1:1 万土壤测量,分析了 Au 及与其相关的 Ag、As、Sb 等四种元素。在区内圈定以金为主的综合异常 5 处,均沿两条北东向断裂带分布。主要异常特征如 下:

浓集中心 I:为椭园形,异常中带北西向展布, 最大值 7.42×10<sup>-9</sup>。其上套合有 As 异常中带与 Sb 异常外带,且套合好。

浓集中心Ⅱ:为扁椭园形,异常内带东西向展

布,浓度分带清晰,浓集明显,最大值 36.31×10<sup>-9</sup>。 Ag、As 异常内带和 Sb 异常中带与 Au 异常内带相吻 合。

浓集中心Ⅲ:为椭园形,异常内带北东向展布, 浓度分带清晰,最大值 27.22×10<sup>-9</sup>。Sb、As 异常内 带和 Ag 异常外带与 Au 异常内带相吻合,且 Sb、As 异常中带面积大于 Au 异常中带。

浓集中心Ⅳ:呈近等轴状,异常内带北西向展 布,浓度分带清晰,浓集明显,最大值115.9×10<sup>-9</sup>。 As 异常中带和 Sb 异常外带与 Au 异常中心相吻合, 且 Sb 异常面积较小。

浓集中心 V:为不规则状,异常内带呈扁椭圆形 北东向展布,浓度分带清晰,最大值 54.52×10<sup>-9</sup>。  $H_{g}$ ,As,Sb 异常均出现在 Au 异常外围,套合不好。

综上所述,区内出露南园组火山岩地层,在断层 两侧见强烈的硅化、黄铁矿化、叶腊石化等蚀变。从



Fig. 5 Map showing geochemical anomalies of stream sediments in the Hutian gold deposit 1-第四系;2-黄坑组上段;3-南园组第二段;4-龙北溪组下段;5-东岩组;6-地质界线/角度不整合;7-断层;8-破火山口;9-异 常元素及异常下限值;10-异常浓度分带

1-Quaternary; 2-upper segment of Huangkeng formation; 3-The second segment of Nanyuan formation; 4-lower segment of Longbeixi f ormation; 5-Dongyan formation; 6-geological boundary and angular unconformity boundary; 7-fault; 8-caldera; 9- anomalous elements and threshold; 10-anomaly concentration zoning

而认为,区域内深大断裂将中生代火山盆地错断直 至变质基底,变质基底内丰富的金矿质随构造热液 活动运移到中生代火山盆地内,在断裂构造及其次 级构造内富集,且区内出现较好的金矿化异常元素

组合,由此推测本异常可能存在隐伏金矿(化)体。
2.3.4 土壤地球化学异常特征
在 1:5 万水系沉积物 Au 异常区开展了 8km<sup>2</sup> 的

1:1 万土壤测量,分析了 Au 及与其相关的 Ag、As、Sb 等四种元素。在区内圈定以金为主的综合异常 5 处,均沿两条北东向断裂带分布。主要异常特征如 下:

Ht-1 异常: Au 异常北东东、北西西向展布,面积 0. 16km<sup>2</sup>, 平均异常强度 47. 76×10<sup>-9</sup>。浓度分带清晰, 梯度变化大, 异常内带面积达 0. 08km<sup>2</sup>, 最大值 140×10<sup>-9</sup>, 大于 100×10<sup>-9</sup>的点有 10 个。其上套合有大面积的 Ag、As、Sb 异常, 且三伴生元素均出现清晰的浓度分带、浓集中心明显, 且与 Au 的浓集中心相吻合, 特别是前缘元素 As、Sb 异常面积大于Au 异常, 剥蚀程度应相对较低(邵跃, 1997)。异常处于两条断裂带之间。

Ht-2 异常: Au 异常为串珠状北东向展布,面积为 0.18 km<sup>2</sup>, 平均异常强度 21.44×10<sup>-9</sup>。膨胀处为 异常浓集中心, 从北往南有三个浓集中心, 各中心具 清晰浓度分带。其上出现有 As、Sb、Ag 异常, 且三 元素均具清晰浓度分带, 浓集趋势明显, 在北部与 Au 异常套合较好, 往南套合一般, 特别是 As、Sb 异 常规模较 Au 异常规模大, 往南两元素出现套合较 好的长条带状异常。Au 异常与区内  $F_1$  断裂带基本 吻合。

Ht-5 异常: Au 异常沿北东向呈不规则状分布, 面积为 0. 16 km<sup>2</sup>, 平均异常强度达 34. 49×10<sup>-9</sup>。异 常浓度分带清晰, 梯度变化不均, 最大值 452×10<sup>-9</sup>。 在异常浓集中心套合有 As、Sb 异常, 且两元素见浓 度分带。异常处于  $F_2$  断裂带上。

综上所述,区内各元素异常重现性好,Au 异常 浓度分带清晰,浓集中心明显,且异常与区内北东向 断裂带关系密切,并受其控制。各异常元素在空间 上相关性好,反映了金矿化的异常元素组合特点。 也证明了土壤地球化学测量能有效缩小靶区,圈定 异常形态和规模,查明异常源(刁理品等,2010)。

2.3.5 工程验证结果

目前对矿区初步地质调查发现了7条金矿化体 (为单工程控制),矿体产于南园组火山岩内的北东 向 $F_1$ 、 $F_2$  断裂破碎带及北西向断裂带中,与黄铁矿 化、硅化、叶蜡石化密切相关(单立华等,2010)。厚 度 0.9~10.6m,Au 品位 0.11 g/t~0.32 g/t。下步 将开展地质预查工作。

3 讨论与结语

水系沉积物元素异常下限的确定是否合适,关 系到区内异常的识别与评价,下限太高,易遗漏隐伏 矿床形成的矿致异常,而下限太低,容易干扰矿致异 常的识别。根据笔者的经验,是通过统计测区地球 化学参数后,计算出一个异常下限,然后根据测区地 质背景进行调整,使其达到主成矿元素异常面积适 当,有较明显的浓度分带为好。

一般而言,表生地球化学异常的元素组合特征 可以反映了原生矿化或原生异常的元素组合特征 (朱有光等,2001)。本次工作的新发现矿产地也证 实了这一点。可由水系沉积物异常元素组份分带 性,推测异常区内原生异常的分带特征,判断异常成 因。在土壤测量时选择不同组份分带的元素进行测 试,以最经济成本达到最好的异常评价效果。本文 认为一般取6~7个元素较为经济,元素选择以主异 常元素以及相关性好的元素2~3个、前晕元素2 个、尾晕元素2个。

水系沉积物综合异常评价时,应先根据元素异 常强度与面积认定主成矿元素(邵跃,1984),再分 析伴生元素。本文总结提出:当主成矿元素有清晰 的浓度分带,明显的浓集中心,且伴生元素在浓集中 心套合较好时,多为矿致异常,因为不同性质的元素 由互不相关转为互相关联,是成矿作用的特征。是 否具找矿前景,再看主成矿元素的面积和规模,异常 面积大,强度高就具找矿潜力(陈郑辉等,2009);反 之,可能多为局部矿化引起的异常。

在植被发育,残坡积层较厚的地区采用 1:5 万 水系沉积物测量→1:1 土壤测量→地质观察→地表 揭露→深部钻探验证,取得较好的找矿效果。说明 在 1:5 万区域矿产远景调查中具有较好的应用前 景。

#### [注释]

瞿承燚,王文兵,杜建文,陈金良,李学燮,余根锌,黄长煌,雷玉平,吴求仁. 2009. 福建花桥—小湖地区矿产远景调查报告,汇交:42.

#### [References]

- Chen Yun-chuan, Wang Deng-hong, Zhu Yu-sheng. 2007. Mineralization system and region mineralization evaluation of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 82-85 (in Chinese with English abstract)
- Chen Zheng-hui, Chen Yun-chuan, Wang Deng-hong. 2009. Demonstration research of mineral resources potential prediction and evaluation [M]. Beijing: Geological Publishing House, 92–95 (in Chinese with English abstract)
- Ding Jian-Guang, Shen Kai-hong, Liu Jia-ju, Yang Dong, Yang Haicheng. 2010. Comprehensive appraisement and ore prediction for Pijizhai region in Henan province [J]. Geology and Exploration, 46 (2): 306-313 (in Chinese with English abstract)
- Diao Li-pin, Han Run-sheng, Fang Wei-xuan. 2010. Application of soil geochemical survey in the Puqing antimony-gold exploration area deposit and prospecting effect [J]. Geology and Exploration, 46

(1): 120-127 (in Chinese with English abstract)

- Ren Tian-xiang, Wu Zong-hua, Qiang Rong-sheng. 1998. Method and technology of filtration and verify in region chemical exploration [M]. Beijing: Geological Publishing House: 20-90 (in Chinese with English abstract)
- Rui Zong-yao, Huang Chong-ke, Qi Guo-ming, Xu Yu, Zhang Hongtao. 1984. Porphyry copper (molybdenum) deposits of China [M]. Bei Jing: Geological Publishing House, 67-75 (in Chinese with English abstract)
- Shan Li-hua, Xu Jiu-hua, Wei Xiao-feng, Su Da-yong. 2010. Geological characteristics and ore prospecting of the Axile gold deposit, Xinjiang [J]. Geology and Exploration, 46(1): 24-32 (in Chinese with English abstract)
- Shao-yue. 1997. Hydrothermal deposit rock survey [M]. Beijing: Geological Publishing House, 48–51 (in Chinese with English abstract)
- Shao-yue. 1984. Element zoning of deposits and the role of geochemical prospecting [J]. Geology and exploration, (2):47 (in Chinese with English abstract)
- Weng Ji-chang, Zhang Yun-zheng, Huang Chao-yong, Li Wen-zhi, Cui Bei-lei, Luo Ming-wei. 2010. Geological characteristic and genesis of Sandaozhuang super-large molybdenum-tungsten ore deposit in Luanchuan [J]. Geology and Exploration, 46(1): 41-48 (in Chinese with English abstract)
- Xie Hui, Shen Kun, Zhu Ying-Tang, Tian Jing-chun, Wang Hong-li, Gu Wang-jiu, Yang Chen-yu, Tian Jiang-fei, Cao Tong-sheng, Zhang Feng. 2010. Major types and prospecting direction of molybdenum polymetallic deposits in Aershan region, China-Monogolia border [J]. Geology and Exploration, 46(1):49-58 (in Chinese with English abstract)
- Zhu You-guang, Jiang Jing-ye, Li Ze-lin, Li Fang-lin, Ouyang-Jianping. 2001. Tentative discussion on the influence of landscape and epigenetic factors upon indicators of copper and gold geochemical anomalies in important landscape regions of China [J]. Geophysical

& Geochemical exploration, 25(6): 418-424 (in Chinese with English abstract)

#### [附中文参考文献]

- 陈毓川,王登红,朱裕生.2007.中国成矿体系与区域成矿评价[M]. 北京:地质出版社:82-85
- 陈郑辉,陈毓川,王登红.2009. 矿产资源潜力预测评价示范研究 [M].北京:地质出版社:92-95
- 丁见广,申开洪,刘家橘,杨 东,杨海成.2010.河南皮家寨金异常综 合评价及找矿预测[J].地质与勘探,46(2):306-313
- 刁理品,韩润生,方维萱. 2010. 沟系土壤地球化学测量在贵州普晴 锑金矿勘查区应用与找矿效果[J]. 地质与勘探,46(1):120-127
- 任天祥,伍宗华,羌荣生. 1998. 区域化探异常筛选与查证的方法技 术[M]. 北京:地质出版社:20-90
- 芮宗瑶,黄崇轲,齐国明,徐 珏,张洪涛. 1984. 中国斑岩铜(钼)矿 床[M]. 北京:地质出版社:67-75
- 单立华,徐九华,卫晓锋,苏大勇. 2010. 新疆阿希勒金矿地质特征 及成矿远景分析[J]. 地质与勘探,46(1):24-32
- 邵 跃. 1997. 热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿[M]. 北京:地质 出版社:48-51
- 邵 跃. 1984. 矿床元素分带的研究及其地球化学找矿中的作用
   [J]. 地质与勘探,(2):47
- 瓮纪昌,张云政,黄超勇,李文智,崔蓓蕾,罗明伟. 2010. 栾川三道 庄特大型钼钨矿床地质特征及矿床成因[J]. 地质与勘探,46 (1):41-48
- 解 惠,沈 坤,朱迎堂,田景春,王洪黎,顾往九,杨辰雨,田江飞,曹 桐生,张 峰. 2010. 中蒙边境阿尔山地区钼多金属矿的主要 类型及找矿方向[J]. 地质与勘探,46(1):49-58
- 朱有光,蒋敬业,李泽九,李方林,欧阳建平. 2001. 试论我国重要景 观区中景观・表生因素对金・铜区域化学异常标志的影响 [J]. 物探与化探, 25(6):418-424

# Application of Geochemical Exploration to the Survey of Regional Mineral Resources at Scale 1:50000 in Northern Fujian Province and Iits Exploration Potential

LIU Nai-zhong<sup>1,2</sup>, CHEN Zheng-hui<sup>3,4</sup>

China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan. Hubei 430074; 2. Fujian Geological Survey, Fuzhou, Fujian 350013;
 China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083;

4. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract: Based on the geochemical anomaly features of Mo, W and Au newly found in the Jinghou and Shangfang areas of northern Fujian Province, we made an assessment of mineral resource prospect for this region. The evaluation steps include water sediment measurements at 1:50000 scale, soil measurements at 1:10000 scale, geological observations, surface exposure, and deep drilling validation. The study shows that the features of the secondary haloes indicate the composition zoning of original geochemical anomalies of ore deposits. Based on the theory of original halo zoning, it was determined whether these anomalies are associated with ores contained. Then the indicative elements that are well focused the target were chosen for further geochemical survey. The purpose was to attain the best anomaly assessment by the minimum economic cost.

Key words: geochemical exploration, northern Fujian Province, mineral resource prospect, exploration potential