

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2018.03.021

综合物化探方法在粒七湾钨钼矿 勘查中的应用实践

张恩厚

(华东冶金地质勘查局物探队,安徽 芜湖 241004)

摘要: 化探异常通常直接显示浅部地层元素富集程度,激发极化法对地下岩层含矿位置进行定位,两者有机结合,可对找矿起到事半功倍的作用。本文针对粒七湾钨钼矿与黄铁矿紧密相伴、钨钼矿越富伴随黄铁矿越多的特点,通过激电异常圈定地下金属硫化矿物富集范围,结合化探钨钼异常,其找矿效果良好。应用实践表明,地表有化探钨钼异常而对应地下无激电异常,地下无钨钼矿存在,只有两者异常都存在,地下深部才有可能成矿。这可为本地区寻找同类型矿床提供借鉴。

关键词: 粒七湾钨钼矿;化探异常;激电异常;综合物化探方法;安徽省

中图分类号: P631;P618.67 **文献标识码:** A

0 引言

粒七湾钨钼矿区位于安徽省祁门县西南边缘,属于高山峻岭地区,地质工作程度较低。华东冶金地质勘查局物探队于二十世纪八十年代初通过1:5万水系沉积物地球化学普查工作,在粒七湾花岗闪长斑岩体西南段(端)发现W、Mo、Cu、Bi、Ag等多元素组合异常;2008年经过1:1万土壤化探调查,发现该岩体上土壤中的W、Mo元素异常强度高、形态规则,三级浓度带清晰;钻孔验证表明高强度W、Mo元素异常为浅部矿体引起。为了进一步查清深部情况,开展了激电中梯扫面和激电测深找矿工作。目前粒七湾钨钼矿床已探明为中型斑岩型钨(钼)矿床^[1]。本文将阐述利用化探、物探法进行综合找矿所取得的成果及其重要性。

1 地质概况

1.1 区域地质简述

粒七湾钨钼矿勘查区地处扬子陆块江南地块障

公山隆起北缘。区内发育有一系列NEE—NE向的同斜—紧闭倒转背、向斜褶皱构造和断裂构造、韧性剪切带,其构成了本区域主要构造格架^[2]。粒七湾钨钼矿勘查区就位于石景—大江村背斜上^[2]。

区域地层出露中元古界溪口群浅变质岩系,其由老到新划分为:板桥组(Pt_2b)、木坑组(Pt_2m)、牛屋组(Pt_2n)。区内断裂发育有NE向、近EW向、NW向三组,且以NE向断裂为主、规模大、多为压扭性特征。NE向渚口—金凤山断裂切割了勘查区东南部位(图1),断裂带内岩石破碎、角砾岩发育,岩层多成挤压状态。区内岩浆岩主要为燕山期酸性—中酸性岩类小岩体和岩脉,多沿断裂带呈小岩株及串珠状产出。

1.2 矿区地质概述

粒七湾钨钼矿勘查区内出露地层为中元古界木坑组(Pt_2m),岩性主要为灰绿色中厚层千枚状粉砂岩、粉砂质千枚岩,地层走向总体成NE向。矿区内次级褶皱发育,自北西→南东依次分布:猪毛岭向形、粒七湾背形、新粒七湾向形、大坞里背形,轴向呈NE向;矿区内断裂发育,分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 ,其中 F_1 为NE向压扭性断裂, F_2 、 F_3 为近EW向张

收稿日期: 2018-05-09; 责任编辑: 王传泰

作者简介: 张恩厚(1966—),男,物探高级工程师,长期从事物探找矿工作。通信地址:安徽省芜湖市镜湖区星隆国际城B座11层,华东冶金地质勘查局物探队地勘所;邮政编码:241004;E-mail:WTDZEH@126.com

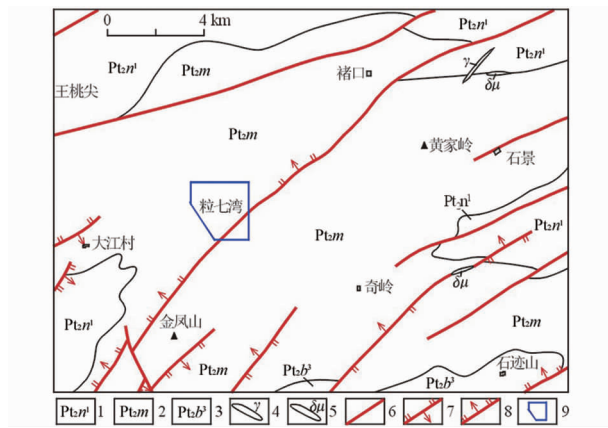


图 1 粒七湾地区区域地质简图

Fig. 1 A regional geological map of the Liqiwan area

1. 中元古界牛屋组下段; 2. 中元古界木坑组;
3. 中元古界板桥组上段; 4. 花岗岩; 5. 闪长玢岩;
6. 性质不明的断裂; 7. 实测正断层; 8. 实测逆断层; 9. 勘查区范围

扭性断裂, F_4 、 F_5 为近 NW 向断层(图 2)。

在粒七湾背形轴部(核部)有燕山期花岗(闪长)岩斑岩侵入, 背形两翼地层较陡, 倾角介于 $64^\circ \sim 85^\circ$ 间。粒七湾花岗(闪长)岩斑岩出露面积约 0.3 km^2 , 呈 NE 向展布的“葫芦”状, 长轴方向与主构造线近一致; 接触带产状较陡, 一般 $50^\circ \sim 80^\circ$ 。岩体北部的北西接触带发育有岩浆期后气液活动产生的隐爆角砾岩, 且伴随有云英岩化、硅化、绿泥石化等蚀变。岩体北部的外围, 脉岩极为发育。

粒七湾岩体岩石呈斑状结构, 块状构造; 岩体西部岩石的斑晶含量较东部略高, 且粒径也相对较大。岩体普遍热液蚀变强烈: 硅化、钾长石化、云英岩化、

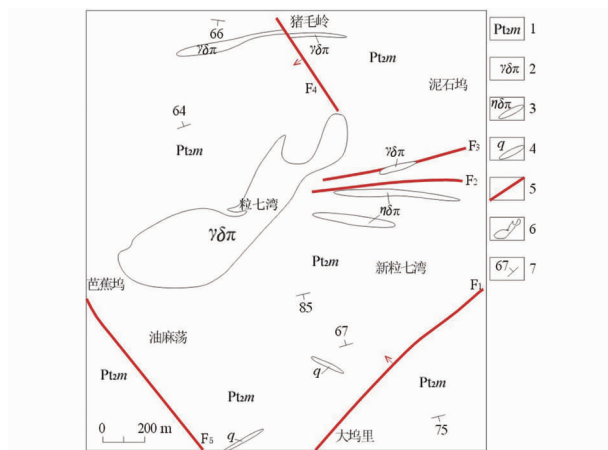


图 2 粒七湾勘查区地质简图

Fig. 2 Brief geological map of Liqiwan exploration area

1. 中元古界木坑组; 2. 花岗闪长斑岩; 3. 石英二长斑岩;
4. 石英脉; 5 断层及编号; 6. 岩体界线; 7. 岩层产状

绢云母化、绿泥石化、高岭石化等, 岩体西部较东部蚀变强, 尤其是钾长石化、硅化、云英岩化在岩体西部明显强于岩体东部^[2]。

钨钼矿化见于岩体西南部位的边部和上部, 矿化连续性较差。钨钼矿化随硅化、钾化、绢云母化、云英岩化的增强而增强, 尤与硅化的强弱成较为明显的正相关关系^[1]; 与微裂隙带控制的石英微-细脉发育程度关系密切, 特别是含黄铁矿石英微-细网脉越发育钨钼矿化越好^[2]。岩体上部及其边缘的石英微-细脉较为密集、含脉率达 10 条/米以上的其钨钼矿化最富。矿石以细脉浸染状为主, 浸染状为辅; 细脉浸染状矿石较富。辉钼矿和白钨矿主要赋存于石英微-细脉或含黄铁矿石英微细脉组成的网脉中或其旁侧^[2]。矿石矿物主要有白钨矿、辉钼矿, 次为黄铁矿、黄铜矿等; 脉石矿物有石英、斜长石、钾长石、黑云母、绢云母、绿泥石等。矿石品位不高, $w(\text{WO}_3) = 0.07\% \sim 0.30\%$, 平均 0.1668% ; $w(\text{Mo}) = 0.03\% \sim 0.104\%$, 平均 0.0969% , 多为贫矿。矿体与围岩界线不清, 矿床成因类型属斑岩型钨钼矿床^[2]。

2 地球化学勘查

勘查区 1:1 万土壤地球化学测量显示 W、Mo、Cu、Bi、Pb、Zn 元素异常良好, 其分布明显与粒七湾岩体有关, 各元素异常主要出现于粒七湾岩体上方或接触带(图 3)。元素 W、Mo、Cu、Bi 异常浓集中心位于岩体中, 异常展布方向与岩体一致; Pb、Zn 异常主要分布在岩体的外接触带。这种 W、Mo、Bi 元素异常强度强且分布于岩体上——高温元素异常位于岩体上, Pb、Zn 异常强度弱且分布于粒七湾岩体外围——中低温元素异常位于岩体外围, 形成了较清晰的土壤地球化学场分异现象, 也说明了粒七湾岩体遭到一定程度剥蚀。

从图 3 可知, W、Mo 元素异常强度较强, 异常点分布集中^[1,3], 连续性好, 三级浓度带清晰, 梯度变化明显, 异常形态规整。在粒七湾岩体的西南部位, W、Mo 元素异常呈同心圆状, 中心部位异常高, 四周异常较低。以 50×10^{-6} 圈定的 W 元素异常范围, 与粒七湾岩体出露范围基本一致; 以 100×10^{-6} 圈定的 W 元素异常等量线呈圆形, 直径达 300 多米, 处在岩体中心部位; 以 200×10^{-6} 圈定的 W 元素异常等量线呈肾形, 处在粒七湾岩体西南部位的

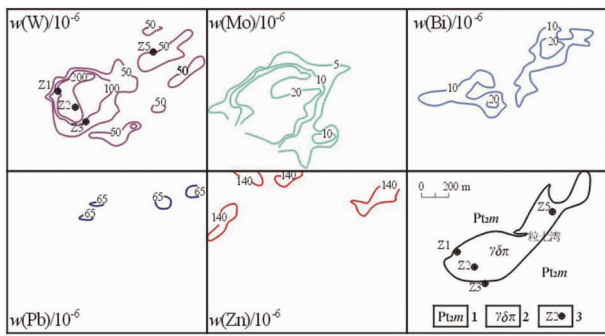


图3 粒七湾勘查区化探扫面元素异常图

Fig. 3 Anomaly map of geochemical survey surface in Liqiwan exploration area

1. 中元古界木坑组; 2. 花岗闪长斑岩; 3. 钻孔位置及编号

西北边缘处, W 元素含量峰值高达 506.3×10^{-6} 。Mo 元素异常分布与 W 元素异常类似, Mo 元素最高峰值 $w(\text{Mo}) = 96.9 \times 10^{-6}$ 。从 W、Mo 元素异常强度和形态看, 粒七湾岩体西南部位为含矿岩体。

3 激电勘查

3.1 岩矿石电性参数特征

本次工作采集了粒七湾勘查区内的花岗闪长斑岩、矿化花岗闪长斑岩(含钨钼矿或(和)黄铁矿硫化物花岗闪长斑岩)、千枚岩化粉砂岩标本 54 块, 进行极化率参数测试。测试结果显示, 矿化花岗闪长斑岩 η_s 值范围为 $3.78\% \sim 5.74\%$, 花岗斑岩 η_s 值范围为 $2.87\% \sim 3.68\%$, 千枚状粉砂岩 η_s 值范围为 $2.89\% \sim 3.43\%$ 。矿化花岗闪长斑岩极化率大于花岗斑岩和千枚状粉砂岩的极化率, 矿化岩体与不含矿岩体及地层的极化率差异的存在为本区开展激电勘查提供了可能性。激电方法寻找金属硫化物效果明显, 激电异常直接指示矿化特征^[4-7]。

3.2 激电异常平面特征

本次激电勘查在化探异常区(粒七湾花岗闪长斑岩体)布置激电中梯扫面, 测线垂直岩体走向、方位 135° , 供电电极距 $\overline{AB} = 2\,000\text{ m}$ 、测量极距 $\overline{MN} = 40\text{ m}$ 、点距 20 m 、线距 100 m 。目的是寻找由矿化岩石引起的极化率异常区域。对粒七湾花岗闪长斑岩激电中梯扫面的 η_s 异常结果, 如图 4 所示。 η_s 异常总体走向呈 NE 向, 以粒七湾为分界点, η_s 异常在其南西方向部位和北东方向部位表现出不同特征。

在粒七湾南西方向部位的岩体上, 6.5% 极化率异常等值线与岩体边界基本对应, 岩体范围内 η_s 小

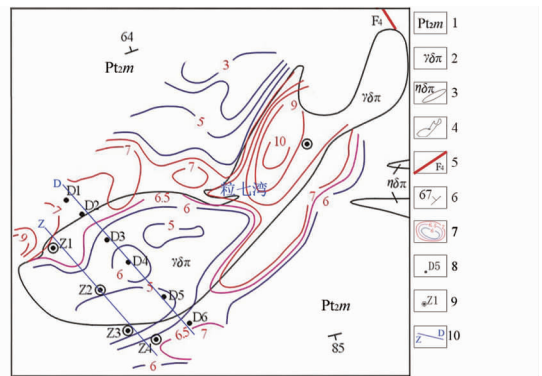


图4 粒七湾勘查区极化率扫面异常及地质平面图

Fig. 4 The polarization anomaly and geological plan of the Liqiwan exploration area

1. 中元古界木坑组; 2. 花岗闪长斑岩; 3. 石英二长斑岩;
4. 岩体界线; 5. 断层及编号; 6. 岩层产状; 7. η_s 等值线;
8. 激电测深点; 9. 钻孔位置及编号; 10. 剖面线及编号

于 6.5% , 呈相对弱极化率异常区域; 在岩体边缘及其外围, η_s 大于 6.5% , 呈高极化率异常区域, 总体上极化率异常强度表现为由岩体周边向岩体中心区域逐渐减弱。由此说明, 岩体中心区域矿化强度弱, 岩体周边矿化强度高。而 W、Mo 元素异常分布特征是在岩体中心区域异常强度高, 岩体周边异常强度低, 与极化率异常强度分布特征相反。因此, 推测高 W、Mo 元素异常反映了岩体浅部矿化强度高, 岩体周边高极化异常指示在岩体与围岩接触带附近可能富集 W、Mo 矿。

在粒七湾北东方向部位的岩体上, η_s 大于 6.5% , $\eta_{s\max}$ 达到 10.5% , 呈高极化率异常区, 反映岩体矿化强度高; 在岩体边缘外围, η_s 小于 6.5% , 反映了岩体与围岩接触带矿化强度低。但是, 化探扫面结果是在粒七湾北东方向岩体内无 Mo 异常、W 异常弱且零散。因此, 其高极化异常反映的是岩体内的黄铁矿矿化强, 而 W、Mo 成矿可能性小。

综上, 在粒七湾南西方向的岩体上, 岩体中心区域 W、Mo 矿化弱, 周边区域 W、Mo 矿化强; 在粒七湾北东方向的岩体上, 岩体区域是黄铁矿矿化区, 而非 W、Mo 矿化区。

3.3 激电异常垂向特征

为了进一步了解粒七湾南西方向的岩体及其周边深部极化率变化情况, 沿北西方向布置一条激电测深剖面(D—D'), 剖面穿过 W、Mo 异常中心, 采用不等比测深法, 最大供电距离 $1\,600\text{ m}$, 以 $1/4$ 距离为纵坐标轴, 测深剖面水平线为横坐标, 绘制激电测深断面图如图 5 所示。

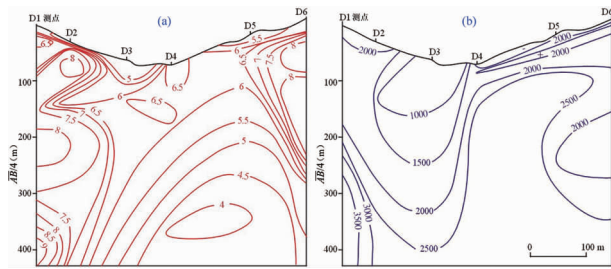


图 5 粒七湾勘查区激电测深 η_s 、 ρ_s 等值线断面图

Fig. 5 Cross-sectional drawing of contour lines of η_s , ρ_s of IP sounding in section of Liqiwan exploration area

a. η_s 等值线断面图; b. ρ_s 等值线断面图

在激电测深断面图上,根据视极化率强度和形状,很清晰地显示岩体及其周边矿化分布状况。在 D2—D5 区间为岩体部位,其纵向上随着距增大,视极化率异常由 6.5% 逐渐降低为 4% (图 5a),视电阻率表现为由低阻异常逐渐升高为高阻异常 (图 5b),反映了岩体浅部矿化强、深部矿化弱,由此可推测岩体(上部)中心强 W、Mo 元素异常是由浅部矿体引起,而不是岩体深部矿化引起;横向上,岩体边部接触带附近(D2 点、D5 点附近)视极化率强,异常曲线扭曲,反映岩体与围岩之间发生热液作用及成矿作用,即接触带附近 W、Mo 元素异常为矿体引起。

对激电测深视极化率异常进行二维反演,从图 6 中可以直观地看出地下极化体位置:视极化率异常主要位于岩体边部附近,岩体顶部 D4 点附近存在极高化异常区,岩体中心部位为相对低极化率异常区;反演结果表明,在岩体顶部 D4 点附近区域、边部区域均为矿化区域,岩体中心部位矿化最弱。

4 物化探异常验证

在粒七湾西南方向的岩体上,W、Mo 元素异常形态与出露岩体基本对应,异常中心位于岩体中心部位(见图 3)。从 W、Mo 元素强度、形态和岩体对应关系来看,在岩体中心深部应当富含 W、Mo 矿体,但通过激电异常进行分析得知岩体浅部矿化较强、深部矿化低,推测岩体中心区域的高、强 W、Mo 元素异常为岩体(上部)浅部 W、Mo 矿体引起。为此,在化探异常中心区域内布置钻孔 Z2 进行验证,钻孔深 363 m,结果在地表至地下 9 m 区间见到 W、Mo 矿,其余区段见到零星矿体,未见到规模型矿体。在岩体边部为极高化率异常区,表明矿化程度

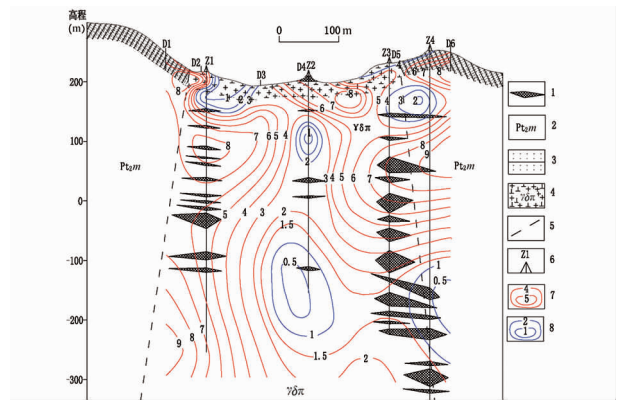


图 6 粒七湾勘查区地质-极化率反演断面及

钻探验证剖面图

Fig. 6 Liqiwan exploration area composite cross section of geology and IP electrical sounding

polarizability inversion

1. 钨(钼)矿; 2. 中元古界木坑组;

3. 千枚岩化粉砂岩; 4. 花岗闪长斑岩; 5. 推测地质界线;

6. 钻孔位置及编号; 7. 高极化率异常; 8. 低极化率异常

高,成矿可能性大。因此,在岩体北西侧布置 Z1 钻孔,在岩体南东侧布置 Z3、Z4 钻孔,钻探结果表明矿体富集于岩体边部;把视极化率异常反演图套合在勘探剖面上,矿体主要位于极高化异常区(图 6),钻探验证了物探推测成果。

在粒七湾北东方向的岩体上布置钻孔 Z5,钻孔中见到黄铁矿化发育,未见到钨钼矿体,证实视极化率异常为黄铁矿引起。

钻探验证结果表明,根据粒七湾综合物化探异常特征:钨、钼矿与黄铁矿紧密相伴,激电异常直接指示矿化特征^[4-7],最终勘探得到一个中型矿床。利用物化探异常综合找矿方法对成功找矿起到事半功倍之效果^[8]。

5 结语

(1)地表地质工作发现粒七湾钨钼矿化与石英微-细脉和/或黄铁矿化相伴,钨钼矿化越好其伴随的黄铁矿化越强;金属硫化物发育为利用激电法寻找矿体提供基础。

(2)化探扫面工作,发现粒七湾南西方向岩体上存在 W、Mo 元素异常,说明岩体具有含矿性;激电异常显示岩体矿化特征为:岩体边部矿化最强,顶部矿化较强,中心部位矿化最弱;据此推测矿体主要赋存于岩体边部,高 W、Mo 元素异常为浅部矿体引

起,钻探证实了推测,找矿取得成功。在粒七湾北西方向岩体上有高极化率异常,W、Mo 化探异常无或很弱,钻探证实岩体中富含黄铁矿而不含 W、Mo 矿。

(3)从探矿过程可以看出,W、Mo 元素异常越强对应极化率异常越高,则成矿可能性最大;W、Mo 异常强但极化率异常弱,则浅表层含矿;极化率异常高而无化探异常,则成矿可能性极小。

(4)通过对粒七湾勘查区地质、物化探异常特征综合找矿过程的总结表明,恰当运用地质、物化探技术方法综合找矿是找矿成功的最佳途径。

参考文献:

[1] 董胜,唐科远.祁门县粒七湾钨矿地球化学特征及找矿标志

[J].现代矿业,2012,28(6):32-34.

[2] 唐科远.皖南粒七湾钨钼矿成矿地质特征及找矿远景[J].安徽地质,2012,22(2):98-102.

[3] 傅建真,董会明.皖南东源钨钼矿化探异常特征及找矿潜力分析[J].安徽地质,2010,20(2):100-103.

[4] 傅良魁.电法勘探教程[M].北京:地质出版社,1987:247-249.

[5] 何继善.双频激电法[M].北京:高等教育出版社,2005:29-50.

[6] 曾昭社.大功率激电在某矿区找矿中的应用效果[J].南方金属,2013(4):1-3.

[7] 李冰,尚建阁,刘清泉,等.综合物探方法寻找斑岩型钼矿床的应用试验研究[J].黄金,2015,36(1):21-26.

[8] 李金铭.地电法与电法勘探[M].北京:地质出版社,2005:261-264.

The Comprehensive Appliation of Physical and Chemical Prospecting Technique in the Exploration of Tungsten and Molybdenum Ore of Liqiwan, Qimen County

ZHANG Enhou

(Physical exploration Team, Bureau of East China Metallurgical Geological Survey,
Wuhu 241004, Anhui, China)

Abstract: Geochemical anomaly usually directly shows the degree of concentration of shallow strata elements, locating the ore-bearing position of underground rock formations by IP and an organic combination of these two works better. In this paper, according to the characteristics of the Liqiwan tungsten molybdenum ore closely associated with pyrite and the more abundant tungsten molybdenum ore is accompanied by pyrite, the range of underground metal sulfide mineral enrichment is delineated by IP anomalies, and combined with geochemical tungsten molybdenum anomalies, the prospecting effect is good. The application practice shows that there is geochemical exploration tungsten-molybdenum anomaly on the surface of the earth and there is no excitation electrical anomaly under the ground. There may has tungsten molybdenum deposit underground if both are anomaly. This can help to locate the similar deposits in this region.

Key Words: Liqiwan tungsten molybdenum ore; chemical anomaly; IP anomaly; integrated geophysical-geochemical technique; Anhui province