

# 高精度磁测在某钨锡矿区的应用

黄理善<sup>1</sup>, 敬荣中<sup>2</sup>, 曾 晖<sup>2</sup>, 曾高福<sup>2</sup>, 王建超<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)地球物理与空间信息学院, 湖北 武汉 430074; 2. 桂林矿产地质研究院, 广西 桂林 541004)

**摘 要:** 野外岩、矿石物性测定表明, 研究区内钨锡石英脉矿石磁化强度大于  $5000 \times 10^{-3} \text{A} \cdot \text{m}^{-1}$ , 而正常围岩和热变质弱蚀变岩石为微磁性或弱磁性, 这为在矿区进行高精度磁测提供了可靠的地球物理依据。本次工作在研究区内进行了地面高精度磁法测量, 探测地下钨锡矿化岩体引起的磁异常, 并结合地质和钻探资料, 对地下矿体进行磁异常人机交互反演, 取得了较好的效果。

**关键词:** 高精度磁测; 钨锡矿; 人机交互反演

**中图分类号:** P631.325; P618.44; P618.67 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5663(2009)03-0277-05

## 0 引言

广西某钨锡矿内主要的矿床类型为钨锡石英脉型, 全区共有 700 多条, 其中具有工业价值的矿脉达 200 条。从 60 年代开始到 80 年代末, 多家科研单位和高等院校先后对矿区开展了以成矿预测为主要目的的科研工作, 并获取了较好的找矿成果。为延长矿区的寿命, 积极配合全国危机矿山接替资源勘查工作, 本次物探工作在前人工作的基础上, 进行了地面高精度磁法测量, 结果表明高精度磁测在本矿区外围和深部找矿取得了良好的效果。

## 1 矿区的地质概况与地球物理特征

### 1.1 矿区地质特征

矿区位于广西壮族自治区东北部, 出露地层除第四系外, 全部为泥盆纪地层(图1)。由下至上岩性特征为:

(1) 泥盆系下统(D<sub>1</sub>)划分为莲花山组和那高岭组。莲花山组(D<sub>1l</sub>): 下段为灰白色、浅褐色和紫色厚层含砾砂岩, 中段为紫色、灰色泥质粉砂岩、石英砂岩和页状砂岩, 局部夹白云质灰岩或厚层状砂岩, 上段

为紫红色中厚层状砂岩和泥质粉砂岩夹页岩及白云岩。那高岭组(D<sub>1n</sub>): 下段为灰黄色页岩夹灰岩和白云岩, 紫红色厚层状页岩; 上段为灰黑色、青灰色薄—厚层灰岩和泥灰岩。

(2) 泥盆系中统(D<sub>2</sub>)分为郁江组和东岗岭组。郁江组(D<sub>2y</sub>): 下段为青灰色—灰色泥质砂岩夹页岩和石英砂岩, 青灰色砂质页岩; 上段是泥质砂岩、石英砂岩夹泥质条带, 紫色、灰黄色页岩夹泥灰岩和扁豆状灰岩, 有两层鲕状构造的铁质砂岩。东岗岭组(D<sub>2d</sub>): 中下段为灰—灰黑色、灰岩夹白云质灰岩, 底部夹多层泥质灰岩和含层孔虫灰岩; 上段为灰—灰黑色中厚层灰岩, 顶部为夹燧岩条带的薄层灰岩。

(3) 出露矿区内局部小范围泥盆系上统(D<sub>3</sub>)桂林组(D<sub>3k</sub>), 灰色、具鲕状结构的厚层夹中厚层灰岩, 底部见一层 1m 厚砾状泥质灰岩。

### 1.2 矿区构造

矿区以断裂 F<sub>1</sub> 为界可划分为两个构造带, 即西部 NE 向挤压带和东部 SN 向褶皱带。

(1) 西部 NE 向挤压带 西部 NE 向挤压带位于断裂 F<sub>1</sub> 以西。该构造带以断裂为主, 褶皱规模较小, 主要构造线方向为 NNE 向, 其次为 NW 向断裂, 两组构造交叉发育, 构成菱形格状构造体系。该带构造活动

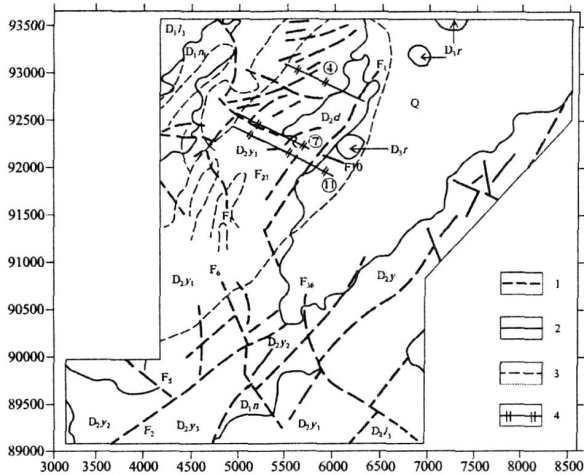


图1 矿区地质简图

Fig 1 Geological map of the mine

Q- 第四系 D<sub>3</sub>r- 泥盆系上统融县组 D<sub>1</sub>l- 泥盆系下统莲花山组 D<sub>1</sub>m- 泥盆系下统那高岭组 D<sub>2</sub>d- 泥盆系中统东岗岭组 D<sub>2</sub>y- 泥盆系中统郁江组 1- 断裂 2- 地质分界线 3- 矿(化)体范围 4- 勘探线

强度大, 期次多, 与成矿关系密切, 珊瑚钨锡矿床位于其中。

(2) 东部 SN 向褶皱带: 东区位于矿区东侧 F<sub>1</sub> 断裂以东, 主要发育一系列轴向近南北向背斜和向斜, 并伴有与之有成因联系的近南北向压性纵断裂和近东西向张(剪)性横断裂及 NE 和 NW 向斜断裂。

### 1.3 地球物理特征

矿区岩石及矿石的磁性参数列于表1 中。由表可见, 按磁性大小可将岩石及矿石分为4 类, 其中 I 类为矿石, 属中等以上磁性; II 类为近矿的蚀变及矿化砂页岩岩石, 属中弱磁性; III 类为具有热变质特征并叠加有弱蚀变的砂页岩岩石, 属弱磁性; IV 类为无热变质、无蚀变的正常岩石, 属微磁性。据前人的研究, 有 I 类矿石和 II 类近矿蚀变岩石形成的磁性体在空间上呈脉状, 其磁性从矿床的浅部往深部有增加的趋势; III 类热变质岩石磁性体呈帽状或层状, 分布于矿床的深部。

表1 矿区内岩石及矿石的磁性参数

Table 1 Magnetism parameters of rock and ore in the mine

| 分类   | IV       |    | III       |     | II      |      | I                             |      |
|--|----------|----|-----------|-----|---------|------|-------------------------------|------|
|  | 正常围岩     |    | 热变质弱蚀变岩石  |     | 强蚀变矿化岩石 |      | 矿石                            |      |
|  | 变化范围     | 均值 | 变化范围      | 均值  | 变化范围    | 均值   | 变化范围                          | 均值   |
| 磁化率 $K$<br>( $10^{-6} \text{SI}$ )                         | 0~ 30    | 25 | 100~ 500  | 300 | < 1000  | 500  | ( $n \sim 10$ ) $\times 10^3$ | 3000 |
| 剩余磁化强度 $J_r$<br>( $10^{-3} \text{A} \cdot \text{m}^{-1}$ ) | 0~ 10    | 5  | 100~ 1000 | 500 | < 5000  | 1000 | ( $n \sim 10$ ) $\times 10^3$ | 5000 |
| 磁化强度 $M$<br>( $10^{-3} \text{A} \cdot \text{m}^{-1}$ )     | (1~ 10)n |    | 100n      |     | 100n~ 1 |      | 5000~ 6000                    |      |

注: (n 为 1~ 9 的正整数)

## 2 野外工作及数据预处理<sup>[1~ 4]</sup>

### 2.1 野外工作方法

本次磁测的野外工作严格按《地面高精度磁测技术规程》(DZ/T0071- 1993) 执行。施工前对三台 W CZ- 1 质子磁力仪的噪声水平、探头一致性和观测精度进行了测定, 确保仪器正常工作。查明民房、电线和地下管道等干扰因素的磁场大小和特征, 以便在生产过程分辨和消除干扰。在确定日变站(基点) 前, 在矿区内设计了一条测线进行试验性测量, 测线经过已知矿体, 了解矿区的磁场强度范围, 并在适合的位

置设立日变站。根据本矿区的实际情况, 日变站也兼当总基点。日变站磁力仪读数间隔 5S, 并每天与测网磁力仪进行秒级同步。

### 2.2 各项改正

对观测数据剔除干扰后, 进行日变改正、高度改正和正常场改正。在做日变改正前, 对日变观测数据做了 7 点滑动平均, 以压低噪声水平, 提高观测精度。

高度改正依据公式  $\frac{\partial T}{\partial R} = \frac{3T_0}{R}$  进行, 取  $T_0 = 46122$  nT, 地球半径  $R = 6371000\text{m}$ , 由公式算得地磁场沿垂向的变化量为  $0.0217\text{nT/m}$ , 约每 46m 高差改正 1nT, 高度改正的改正量为测点与总基点的高差乘以

0.0217 nT。

为了达到精度要求,对磁测结果做了正常场改正。正常场改正采用国际地磁参考场 IGRF2000 0 模型提供的高斯系数,编制计算机程序计算出测区内  $1000\text{m} \times 1000\text{m}$  节点和总基点的地磁场值  $T_0$ ,然后以  $1\text{nT}$  的间距绘制等值线图,通过总基点的等值线为零线,向北每过一条等值线测点磁测值减小  $1\text{nT}$ ,向南每过一条等值线测点磁测值得增加  $1\text{nT}$ 。

野外观测的磁测数据经过日变改正、高度改正和正常场改正后,得到磁力  $\Delta T$  异常,它是地磁场强度与正常地磁场强度的模量差,是地下磁性体的综合反映,用磁力  $\Delta T$  异常绘制平面等值线图,结果如图2所示。

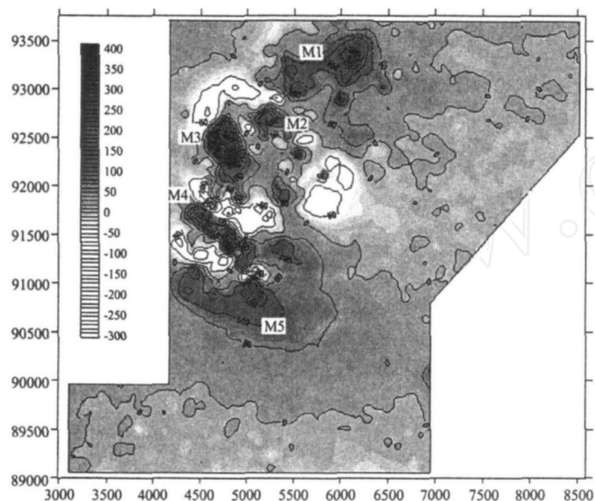


图2  $\Delta T$  磁异常平面等值线图

Fig. 2 Plane chart of  $\Delta T$  magnetism anomaly iso line

### 3 磁异常推断与解释<sup>[3~6]</sup>

#### 3.1 磁异常特征

从图2地磁异常等值线图可以看出,矿区内磁异常主要分布在泥盆系中统和下统地层,是一个由多个不同强度的异常叠加在一起并为零线值所包围的异常,总体上呈NNE向展布,全长约3km,宽约2.5km。自北向南有5个小异常(M1、M2、M3、M4、M5),每一个异常又由2个以上的局部异常组成。5个异常组成一个向西凸出的弧形异常带,它明显受到其东西两侧  $F_1$  和  $F_5$  断裂(如图1所示)的控制,而每个局部异常又受到NW向断裂的控制。几乎在每一个被NW向断裂切割的断块上都对应着一个局部异常。

最北部M1小异常为2个局部异常组成,其中正

异常中心值为200nT,往NW向梯度值大,负异常出现在其NW方向,其中心值为-40nT;M2异常在M1异常的SW侧,NW向展布,其中心值为400nT;M3异常有2个NW展布的局部异常组成,其中心值为200nT;最南部M4和M5是2个等轴状异常,二者呈近EW向排列。

在  $F_1$  断裂以东的构造带上,未发现较强的、有意义的磁异常。

#### 3.2 磁异常推断与解释

M1异常主要分布在泥盆系中统郁江组和东岗岭组地层,岩性主要为泥质砂岩、石英砂岩和灰岩等,异常面积较大,且正负异常特征不明显,正异常往南方向变化平缓。由此推断M1大片的磁异常是由呈NE走向的隐伏花岗岩岩体顶部的热变质磁性岩层引起,磁性壳层埋深较大,向南倾斜。通过对磁异常资料进行向上延拓处理,并结合对数功率谱分析的方法<sup>[3]</sup>,推断花岗岩岩体上的磁性岩层顶部埋深大约在1.2km~1.5km之间。而M1异常南部叠加有相对较小的局部高值异常,推断为钨锡石英脉和矿化磁性岩石引起。

M2和M3异常范围较小,呈NW向,磁异常规整,正负伴生,且夹有很多正负伴生的小异常。从异常特征推测M2和M3大片的异常应该是由下延深度有限的热变质磁性岩体引起,岩体顶部埋深较浅。很多正负伴生的小异常则推测为矿化带和含钨锡矿石英矿脉所引起。

M4和M5异常是2个等轴状异常,明显受NW向的  $F_1$  断裂和  $F_6$  断裂控制和影响。根据异常特征,推断此2处异常也是由热变质磁性岩体引起,岩体为东西走向,向南倾斜,但由于受东西向断裂影响,出现2个规整的等轴状异常;M4异常局部叠加有少量的钨锡石英矿脉引起的高值异常。

从磁异常特征分析,矿脉主要分布于M1、M2、M3和M4磁异常东侧,与矿脉集中地段相对应的是呈NNE向展布的局部相对高值异常带。受热变质作用而具有一定磁性的地层岩石引起异常一般范围较大,而与矿脉有关的局部异常具有尖峰状,两者有明显的区别。在M1、M2、M3和M4大片异常中,同时叠加有少量的钨锡石英矿脉所引起的高值异常。从磁异常分布和矿脉分布的规律来看,在  $\Delta T$  异常梯度带、过渡带和相对负异常区是找钨锡矿的有利位置。

#### 3.3 剖面人机交互反演

磁异常的人机交互反演是根据选定的数学地质模型及磁场正演公式,由给定的初始模型参数计算理

论场值, 并把理论场值与实际观测的场值进行对比, 利用输出曲线图形对比不一致或残差, 依靠人的经验和技能来修改模型及参数, 重新计算理论场值进行下一次对比, 反复多次直至达到满意的拟合状态为止<sup>[3]</sup>。

本次工作在矿区内设计了两条精测剖面, 分别为 11 和 4 勘探线, 剖面位置如图 1 所示。结合矿石物性、地质与钻探资料加以控制, 对地下矿脉组进行反演推断, 反演结果如图 3 和图 4 所示。

从图 3 和图 4 来看, 矿脉主要呈 NE 走向成成群密集平行分布, 脉组之间距离为 100~ 200m, 脉组长度大小不等。在垂向方向看, 11 线和 4 线的矿脉组总体上呈一个反方向的“y”字型, 2 剖面的倾向矿脉大致平行。2 条剖面的矿脉向深部逐渐收敛, 至负 120 ~ 200m 标高范围, 两脉组趋于合并。反演结果显示, 矿脉延伸深度达 650~ 800m, 这与 11 线和 4 线的钻孔 (ZK11-、ZK11-、ZK11-、ZK4-、ZK4- ) 验证的结果吻合较好。

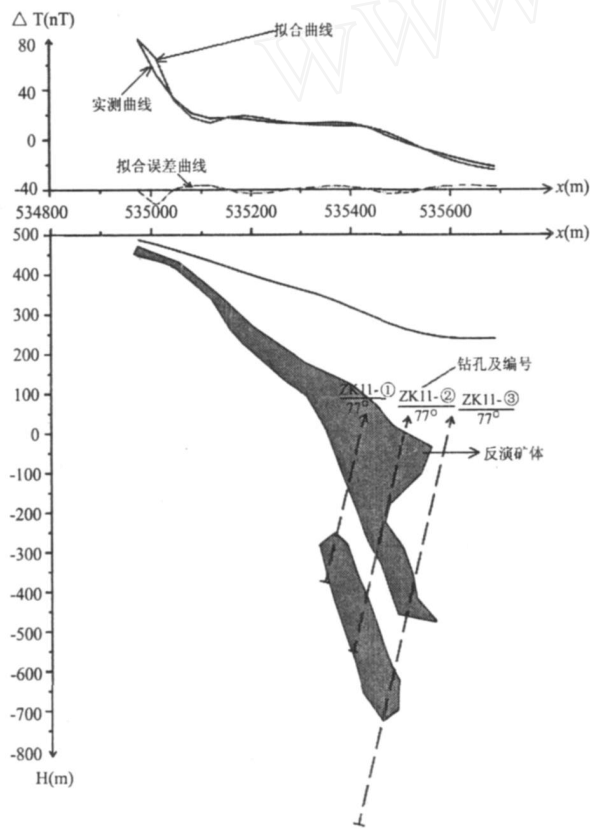


图 3 11 线磁异常人机交互反演成果图

Fig 3 Magnetism anomaly inversion result of profile 11 by Human-Computer Interaction

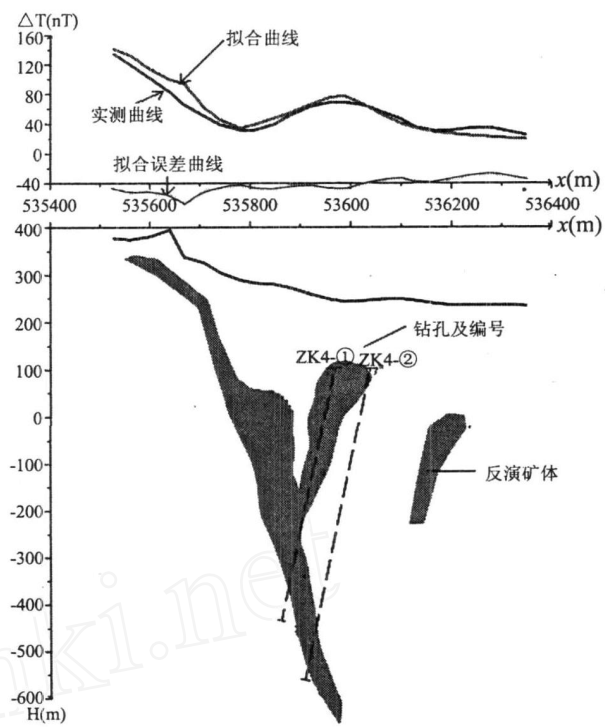


图 4 4 线磁异常人机交互反演成果图

Fig 4 Magnetism anomaly inversion result of profile 4 by Human-Computer Interaction

4 结论和建议

- (1) 地面高精度磁测精度高、勘探深度大、探测磁异常特征细节清晰, 在钨锡矿勘查中是一种行之有效的方法。
- (2) 磁测结果圈定了成矿有利位置在  $\Delta T$  异常梯度带、过渡带和相对负异常区, 精测剖面 (11 线和 4 线) 人机交互反演矿脉延伸深度达 650~ 800m, 与钻孔结果吻合较好, 这为地质勘探工作提供了可靠的参考。
- (3) 磁异常主要集中在工区的西面, 紧靠工区边界, 结合地质资料, 在工区西、北部可能还存在有意义的磁异常, 建议进一步加大矿区外围磁测工作。野外岩、矿石电性测定结果表明, 矿区内钨锡石英脉矿石具有低阻高极化特征, 与围岩高阻低极化特征形成鲜明对比, 建议在进一步的物探工作中布置一定的电法工作, 对比和检查磁异常, 多种方法互相补充, 进行综合找矿。

## 参考文献:

- [1] 管志宁. 地磁场与磁力勘探[M]. 北京: 地质出版社, 2005. 8
- [2] 罗孝宽, 郭绍雍. 应用地球物理教程——重力、磁法[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [3] 刘天佑. 应用地球物理数据采集与处理[M]. 中国地质大学出版社, 2004.
- [4] 熊光楚. 金属矿区磁异常的解释推断[M]. 北京: 地质出版社, 1981.
- [5] 敬荣中, 黄永平, 卢宗柳. 广西南丹县大厂矿田地球物理找矿方法示范[J]. 矿产与地质, 2007, 21(4): 461-467.
- [6] 梁德超, 邓军, 杨立强. 地面高精度磁测在胶东某金矿普查区的应用[J]. 地质与勘探, 2000, 36(1): 67-70.

## Application of ground high-precision magnetic measurement in a tungsten-tin mine

HUANG Li-shan<sup>1</sup>, JING Rong-zhong<sup>2</sup>, ZENG Hui<sup>2</sup>, ZENG Gao-fu<sup>2</sup>, WANG Jian-chao<sup>2</sup>

(1. Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2. Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin 541004)

**Abstract:** Physical property test of the rocks and ores in the field shows that the tungsten-tin ore has a strong magnetic properties, magnetization is more than  $5000 \times 10^{-3} \text{A} \cdot \text{m}^{-1}$ , while the normal rock and hot metamorphic rock are micro or weak magnetic, which provides a reliable basis for geophysicist to carry out ground high-precision magnetic measurement survey in the mining area. The research work in the area is to detect the magnetic anomalies caused by the underground tungsten-tin mine using the ground high-precision magnetic measurement, and to conduct magnetic anomaly Human-Computer Interaction Inversion for underground ore body. Compared with the geological and drilling data, the obtained results are good.

**Key Words:** ground high-precision magnetic measurement, tungsten-tin mine, Human-Computer Interaction Inversion

(上接第276页)

## Research review of Re-Os isotopic system dating method

LIU Chun, MENG Xiang-lun

(Engineering Research Center of Exploration for hidden Non-ferrous and Precious Metal Deposits of Ministry of Education, Guilin University of Technology, Guilin 541004)

**Abstract:** The most suitable target is molybdenite for Re-Os isotopic dating system. The method is based on  $^{187}\text{Re}$   $\beta$ -decay to  $^{187}\text{Os}$ , causing Os stable isotope abnormality to calculate the geological age. In the current study, the commonly used program is the Carius tube digestion-separating Os by distillation-separating Re by extraction-testing the isotope ratio by TJA PQ ExCell ICPMS. The new thermal ionization mass spectrometer (TIMS, IsoProbe-T) is with high sensitivity and high precision characteristics. There are many successful examples of dating Mo deposit, using Re-Os isotopic system. The determination of the ore-forming is of great significance both in theory and in practice, which is helpful to the understanding of the character and origin of an ore deposit and summing up the formation and evolution disciplinary of the regional ore deposits and solving the related geological problems. It is also with great scientific value to guide the deposit forecast and exploration.

**Key Words:** Re-Os isotopic system, dating methods, review