

doi: 10.11720/wtyht.2017.4.01

朱丹, 刘天佑, 杨宇山. 鄂东南地区岩体重磁异常场特征及找矿方向[J]. 物探与化探, 2017, 41(4): 587-593. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.01>

Zhu D, Liu T Y, Yang Y S. Gravity and magnetic anomalies characteristics of rock bodies and ore-prospecting orientation in the southeast of Hubei Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(4): 587-593. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.01>

鄂东南地区岩体重磁异常场特征及找矿方向

朱丹, 刘天佑, 杨宇山

(中国地质大学(武汉)地球物理与空间信息学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 鄂东南地区的中酸性侵入岩与区域成矿关系密切。根据研究区岩矿石物性和地质上设想的模式, 建立多种识别信息的地质—地球物理模型与识别标志, 并以实际资料检验所建立模型的正确性。利用小波多尺度分解提取研究区重磁异常弱信号, 对比理论模型和已知岩矿体与不同尺度局部重磁异常的组合关系, 得出大尺度细节中的局部低重高磁异常是岩体的反映、高重高磁异常是较大规模矿化体的反映, 小尺度细节中的局部高重高磁异常是矿化体引起的结论, 并圈出 13 个可能存在隐伏岩体、矿(化)体的低重高磁、高重高磁异常区域。通过研究灵乡地区已知见矿钻井大多对应局部高重高磁的异常特征, 推断螺丝山、ZKI01 孔与陈家山头构成一北东向局部高重高磁异常带、狮子山与玉屏山环状局部高重高磁异常带和柯家湾南部的局部高重力异常带是进一步工作的方向。

关键词: 鄂东南地区; 重磁数据处理; 地质—地球物理模型; 隐伏岩体; 找矿方向

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2017)04-0587-07

0 引言

鄂东南矿集区位于长江断裂带内, 具有断隆区和断凹区的过渡性质^[1-2]。燕山期形成的鄂城、铁山、金山店、灵乡 4 大岩体属陆壳重熔型、高碱富钠的中酸性中深成侵入岩^[3-4]。对于成矿作用以接触交代型为主的矿床, 矽卡岩型铁、铁(铜)成矿亚系列是鄂东地区主要的铁(铜)矿床, 它们主要形成于燕山期中酸性侵入岩与碳酸盐岩接触带附近^[5]。因此, 研究区内燕山期中酸性侵入岩的分布及矿(化)体的特征是解决区内找矿的关键。研究区内岩浆岩体物性以低密度、高磁化率为主, 蚀变岩、铁、铜多金属矿的物性以高密度高磁化率为主, 重磁勘探是该地区圈定岩体范围、划分成矿有利地区的有效方法。

区域物探工作最早开始于 20 世纪 50 年代, 我国多个地质物探单位在鄂城、铁山、金山店、灵乡岩

体及其周围展开不同比例尺的重、磁、电、测井等物探方法测量, 为鄂东南地区的物探研究打下基础。但是在以往的工作中, 以关注高强度、高幅值的物探异常为主, 高强度、高幅值的物探异常往往是由浅部场源体引起, 对于深部场源产生的低、缓、弱、复杂的重磁信号没有深入剖析^[6-7]。

笔者依托中国地质调查局项目《湖北鄂州莲花山—黄石铁山铁多金属矿整装勘查区物探综合研究及异常优选》, 根据 1:5 万重力、1:2.5 万航磁^[21]、灵乡 1:1 万地磁和灵乡 1:1 万重力物探资料, 利用小波多尺度分解的方法^[8-9]研究鄂东地区的重磁异常场及多尺度重磁异常场细节特征, 划分隐伏岩体的分布范围和圈定找矿远景区。

1 地质地球物理背景

1.1 研究区地质背景

燕山期是本区岩浆活动最强烈和频繁的时期。

收稿日期: 2016-11-02; 修回日期: 2016-12-28

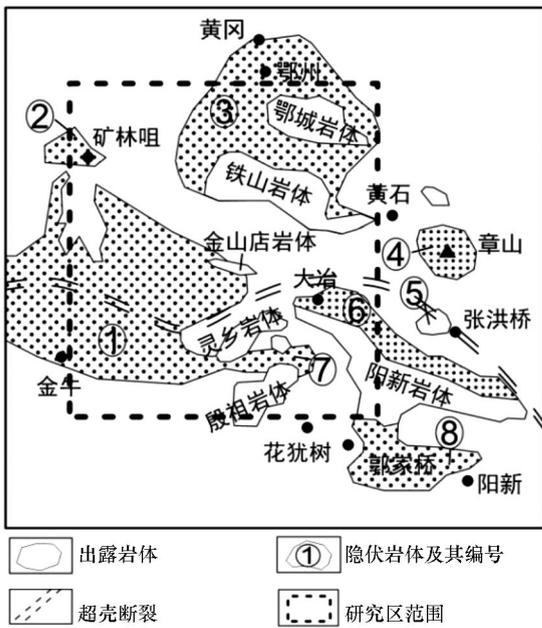
基金项目: 中国地质调查局项目“湖北鄂州莲花山—黄石铁山铁多金属矿整装勘查区物探综合研究及异常优选”(12120114052001); 国家高技术研究发展计划(“863”计划)“金属矿地下物探数据处理解释系统”(2014AA06A608)

作者简介: 朱丹(1991-), 男, 博士研究生, 主要从事物场数据处理及综合解释。Email: ZhuD@2014.cug.edu.cn

通讯作者: 刘天佑(1945-), 男, 教授, 博士生导师, 从事应用地球物理教学和科研。Email: liuty@cug.edu.cn

山坡—枫林断裂是鄂东南地区深部物质上升的主要通道。岩体分布于超壳断裂两侧,这是岩浆由超壳断裂导入,然后沿构造薄弱位置上侵就位,形成的具有排列规律、规模较小的以出露岩体为主的岩浆岩体群^[10](图1)。

本区的大中小型铁铜矿床在空间分布上与燕山中酸性岩浆岩的分布是一致的,矿床类型从铁矿床到以铜为主的铁、钨、钼、金多金属矿床^[11],表现出由铁矿带→铁铜和铜铁矿带→铜矿带→铜钨钼矿带的矿化规律^[12-14]。具体到单个岩体(多为复式岩体)与矿床(田)的空间关系更是形影不离,矿床主要分布在岩体的边缘或顶部部位。



① 金牛隐伏岩体;② 矿林咀隐伏岩体;③ 鄂城—铁山岩体边部隐伏岩体;④ 章山隐伏岩体;⑤ 张洪桥隐伏岩体;⑥ 阳新岩体北缘隐伏岩体;⑦ 龙角山隐伏岩体;⑧ 郭家桥隐伏岩体

图1 鄂东南地区岩浆岩分布(据周安保等修改,2013)

1.2 物性特征

鄂东南地区的物性资料来源于中国冶金地质总局中南地质勘查院。通过分析总结各个地区的物性资料,我们可以得出以下结论:① 磁铁矿、赤铁矿及矽卡岩的密度比围岩高,能引起重力高;闪长岩、石英闪长岩、黑云母闪长岩、闪长斑岩类密度通常低于围岩(灰岩),能引起重力低,但若高于围岩则引起重力高;火山岩及砾、砂、页岩类密度低,会产生局部重力低。② 研究区内沉积岩表现为无或弱磁性;不同岩性的侵入岩具有一定的磁性,当有一定规模,侵入到无磁性的大理岩、砾岩页岩等时能够引起局部高磁异常;磁铁矿、赤铁矿及矽卡岩、矿化大理岩磁性强。

2 研究区地质—地球物理模型^[15-17]

图2是薛迪康建立的鄂东南地区地壳地质模型^[18]。模型深部是大型岩浆房,岩浆通过构造薄弱位置上侵就位,以岩珠、岩枝和岩墙的形式构成中浅部和出露岩体。

结合该地质模型建立地质—地球物理模型(图3)。模型主要包括4个岩体和4个矿(化)体,岩体按照地质学家(图2)的地壳地质模型分为深部岩浆房和浅部岩脉两类,由于研究区内的成矿作用主要以接触交代为主,矿体主要分布于岩体与三叠系地层接触的位置,因此将矿(化)体模型由左至右分别建立于浅部岩脉的下覆、下覆、上覆、上覆位置。岩体模型相对围岩的剩余密度是 -0.2 g/cm^3 ,磁化强度是 $2000 \times 10^{-3}\text{ A/m}$,矿体模型相对围岩的剩余密度是 1.5 g/cm^3 ,磁化强度是 $15000 \times 10^{-3}\text{ A/m}$ 。图3a

表1 研究区岩矿石物性

岩石类别	岩性/时期	$\sigma(\text{g/cm}^3)$	$\kappa(4\pi \times 10^{-6}\text{SI})$	$M_r(10^{-3}\text{A/m})$
沉积岩	白云岩夹灰岩/三叠纪中晚期	2.67	143.31	49.30
	灰岩/三叠纪早期	2.65	33.45	7.96
	页岩、硅质岩、煤夹灰岩/二叠纪晚期	2.62	16.73	1.72
	燧石结核灰岩/二叠纪早期	2.58	5.86	11.60
	燧石条带灰岩、瘤状灰岩/二叠纪早期	2.61	127.70	66.97
	上部灰岩、下部白云岩/石炭纪中期	2.61	140.85	22.85
岩浆岩	砂砾岩/泥盆纪晚期	2.60	186.26	262.24
	闪长斑岩	2.48	2700	215
	石英闪长岩	2.64	1741	1200
	闪长岩	2.64	2187	260
变质岩	辉石闪长岩	2.8	1458	400
矿化体	大理岩	2.74	0	0
	矽卡岩	3.18	3100	320
	赤铁矿	3.22	17000	4600
	磁铁矿	4.14	55000~150000	15000

万方数据

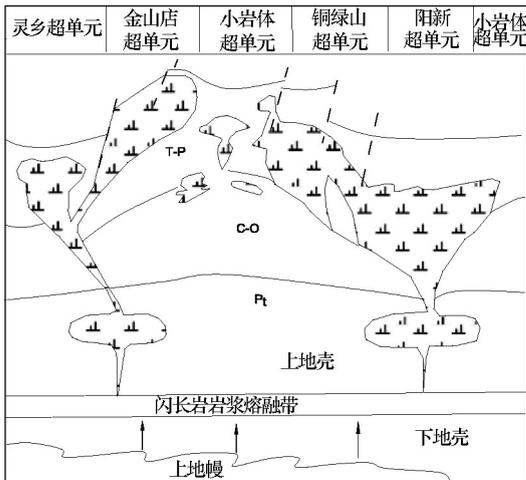


图2 鄂东南地区地壳地质模型(据薛迪康,1997)

中红线是正演重力异常曲线,蓝线是正演化极磁异常曲线。对于规模较小、倾角较大的矿(化)体如1号和2号岩体对应的矿(化)体,小波低阶的细节如1阶高磁高重细节重叠,这主要反映矿化体,高阶细节如3阶高磁低重细节重叠和高阶逼近如3阶高磁低重逼近重叠,主要反映岩体。对于规模较大、倾角较小的矿(化)体如3号岩体对应的矿(化)体,岩体产生弱磁异常和低重异常容易被矿(化)体产生的高磁高重异常所掩盖,因此小波细节和逼近均表现高磁高重异常。

图4是鄂城—铁山剖面重磁异常曲线图,重力异常和磁异常分别是从小1:5万重力资料和1:2.5万航磁资料数字化得来。从曲线图中看出,2000~10000m段的局部低重高磁异常由鄂城岩体产生,14000~18000m段的局部低重高磁异常对应铁山岩体中北段,铁山岩体南缘矿化现象活跃,因此18000~22000m段为局部高重高磁异常。理论地质—地球物理模型和实际资料中的重磁异常曲线在形态、幅值、对应关系上具有一定相似性。

3 研究区重磁异常场特征

3.1 平面重磁异常特征

图5a是布格重力异常图,本区布格重力异常值在-20.3~5.5mGal之间,在金山店岩体和灵乡岩体之间,有一明显重力梯度带,梯度带以北是高重异常,梯度带以南是低重异常。其中,鄂城、铁山、金山店岩体在重力梯度带以北,对应高重力异常中的局部低重异常,灵乡岩体位于重力梯度带附近,对应局部低重异常,阳新、殷祖岩体位于重力梯度带以南,对应低重力异常中的局部低重异常。

研究区化极磁异常值在-500~1500nT之间,如图5b。北部地区有两条北西西—南东东向的带状局部高磁异常,分别由鄂城岩体和铁山岩体引起。其中鄂城岩体对应的化极磁异常极大值约1000nT,铁山岩体对应的化极磁异常极大值约1400nT,鄂城岩体和铁山岩体产生的异常均是南西强北东弱。金山店岩体对应北西西—南东东向的带状局部高磁异常,磁异常极大值约1400nT,位于已知出露岩体的南翼。研究区南部的南西—北东向条带状局部高磁异常由灵乡岩体产生。金山店岩体南部的陈家湾地区以及金牛—肖家边地区,有两个圆形局部高磁异常,异常幅值分别约为900nT和950nT。地表盖层以第四系为主,那么如此强度高范围广的局部高磁异常,应该由隐伏磁性体产生。

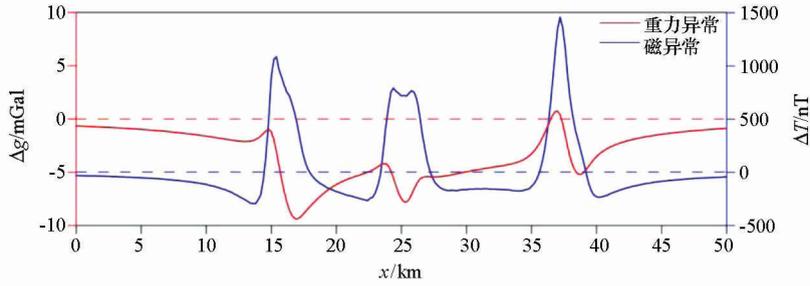
从已知岩体的物性及其与重磁局部异常的对应关系来看,燕山期中酸性侵入岩产生低重高磁局部异常。已知矿床、矿点相对围岩密度高、磁化率高,并分布于岩体与围岩接触带附近。利用这一对应关系,可以进一步推断隐伏岩体和隐伏矿体的范围。

3.2 局部重磁异常对应关系

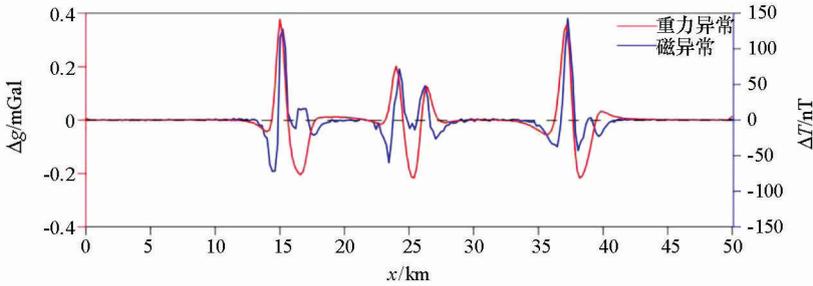
局部重力异常(重力异常滑动平均窗口10km)和局部磁异常(化极磁异常小波3阶细节)反映中浅部场源信息。低密度高磁化率的岩体对应局部高磁异常和局部低重异常;高密度高磁化率的蚀变岩对应局部高磁异常和局部高重异常。结合已知出露岩体分布特征,划分13个低重高磁、高重高磁区域如图6所示。

A12和A13对应的局部高磁低重异常分别由鄂城岩体和铁山岩体引起。鄂城岩体以西有局部高磁低重异常,推断由隐伏花岗岩体引起,铁山岩体以西有局部高磁、低重异常,推断由隐伏闪长岩和花岗岩引起。A1和A2对应的局部高磁低重异常分别由金山店岩体和保安岩体引起,金山店岩体南倾并向东延伸,岩体南部与三叠系中上统粉砂岩接触,产生较强的磁化强度,是矿化蚀变现象活跃部位,保安岩体位于局部高磁低重异常北部,推断保安岩体南倾与陈家湾岩体连接。A5、A6和A8对应的局部高磁低重异常由灵乡岩体引起,区内存在局部高磁高重局部异常,这是高密度高磁化率的蚀变岩引起。A9、A10和A11区域对应的局部高重低磁异常分别是由阳新岩体、江桥岩体、殷祖岩体引起。

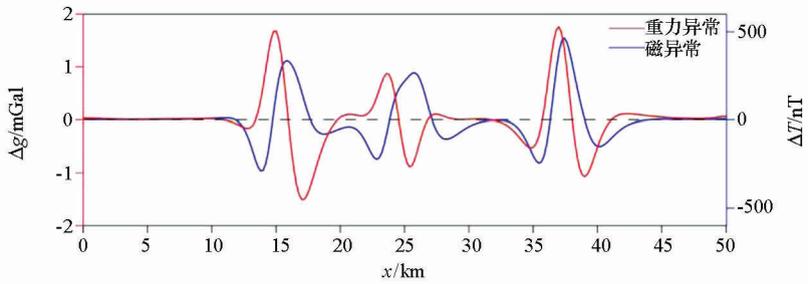
A3区域内的椭圆状局部高磁低重异常长轴走向向北西—南东,与鄂城岩体、铁山岩体、金山店岩体及构造方向平行,推断该局部异常由隐伏岩体引起。A4位于金牛火山盆地,推断金牛—肖家边隐伏岩体



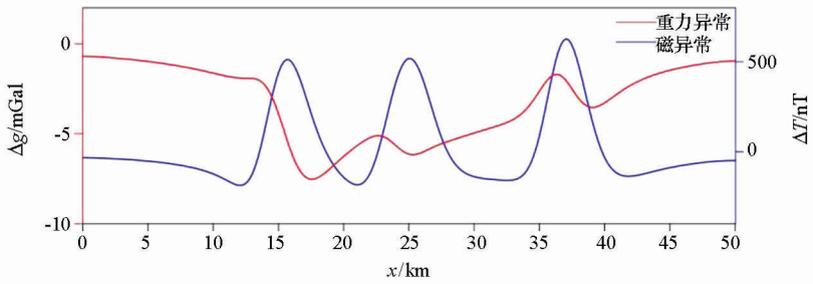
(a) 正演重力异常与化极磁异常



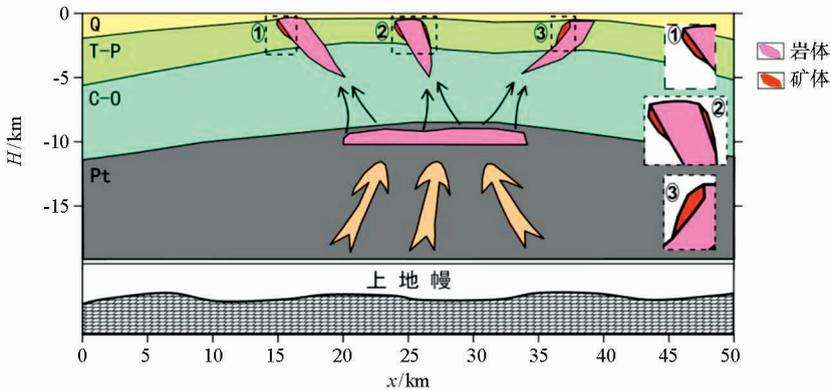
(b) 正演重磁异常小波1阶细节



(c) 正演重磁异常小波3阶细节



(d) 正演重磁异常小波3阶逼近



(e) 地质模型

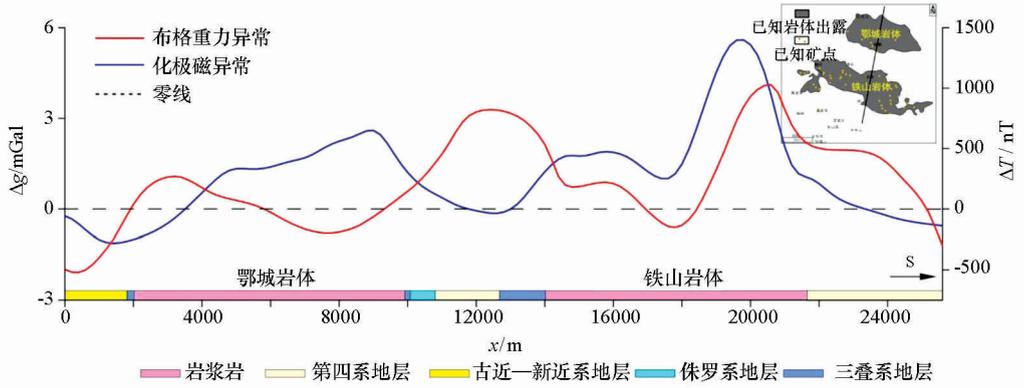


图 4 鄂城—铁山剖面重磁异常曲线

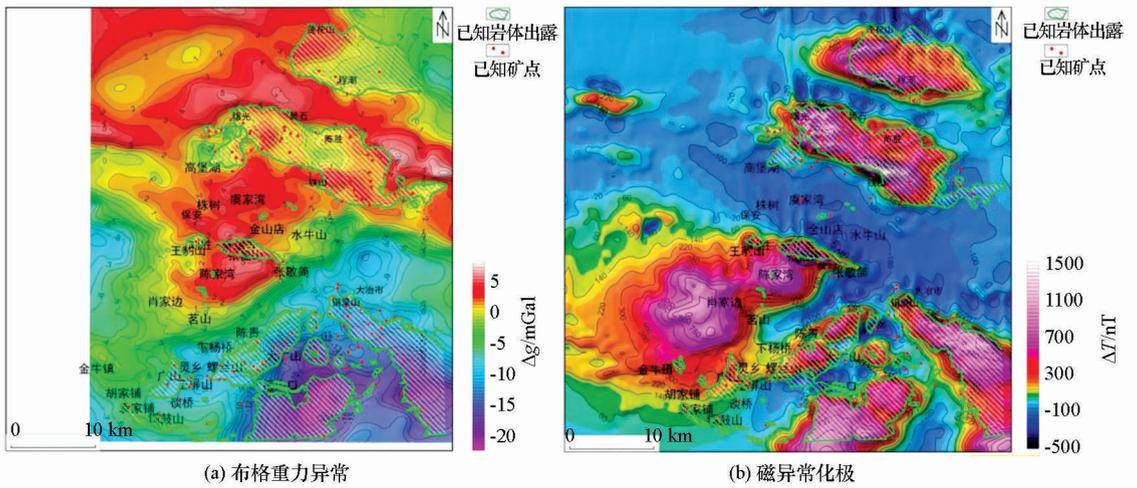


图 5 鄂东南地区重磁异常

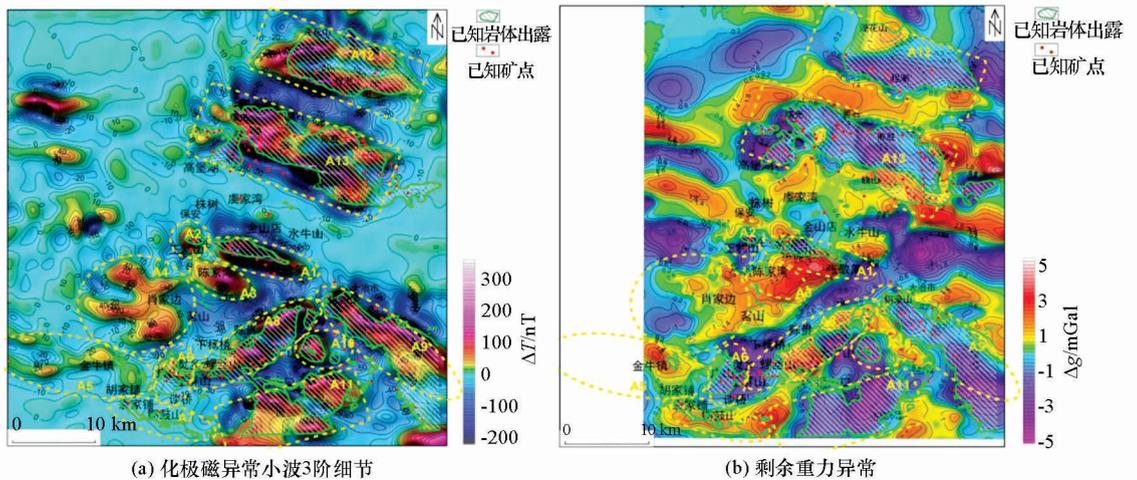


图 6 鄂东南地区局部重磁异常场

的形成由近东西向超壳断裂主导,岩浆沿超壳上侵,在金牛—肖家边—陈家湾—金山店地区形成大型岩浆房,然后岩浆沿构造薄弱位置侵入就位,构成位于
 万方数据

A1~A4 区域的多条中浅部岩浆岩脉,其中 A1、A2 对应的金山店岩体、保安岩体出露,A3、A4 对应的陈家湾岩体、金牛—肖家边岩体隐伏。

表 2 重磁异常对应关系

异常编号	磁异常特征	重力异常特征	重磁对应关系	出露地层
A1	北西走向条带状异常,异常极大值位于出露岩体南缘,	岩体出露部分为低重,岩体南缘有高重异常	低重高磁 高重高磁	石英闪长岩/三叠系中统/侏罗系、三叠系上统
A2	近球状高磁异常	低重异常	低重高磁	石英闪长岩/白垩系地层/三叠系中统/侏罗系、三叠系上统
A3	椭球状高磁异常	整体是局部重力高 陈家湾地区局部重力低	低重高磁 高重高磁	石英闪长岩/白垩系地层/侏罗系、三叠系上统
A4	条带状高磁异常	低重异常	低重高磁	第四系地层/白垩系地层
A5	条带状高磁异常	金牛镇北有椭球状高重异常	高重高磁	辉绿玢岩/第四系地层/白垩系地层
A6	岩体北部为高磁异常 岩体南部为低磁异常	低重异常	低重高磁	闪长岩/第四系地层/白垩系地层/侏罗系、三叠系上统
A7	通鼓山南局部小范围磁异常,最大值为 10 nT	条带状高重异常	高重高磁	石英闪长岩/砂卡岩/第四系地层/三叠系地层/二叠系地层/石炭系地层/志留系—泥盆系地层
A8	条带状高磁异常	北西部有北东向条带高重异常,南西部有环状高重异常,其余为低重	低重高磁 高重高磁	砂卡岩/铁矿化/铁帽/闪长岩/石英闪长岩/透辉闪长岩/第四系地层/白垩系地层/三叠系地层
A9	条带状高磁异常	低重异常	低重高磁	砂卡岩/石英闪长岩/斑状石英闪长岩
A10	西部有近球状高磁异常 东部有较低幅值磁异常	低重异常	低重高磁	砂卡岩/石英闪长岩/三叠系地层
A11	块状高磁异常	低重异常	低重高磁	石英闪长岩/二叠系地层/志留系—泥盆系地层
A12	带状高磁异常	低重异常	低重高磁	花岗斑岩/石英闪长斑岩/闪长岩/第四系地层/侏罗系地层/三叠系地层
A13	带状高磁异常	低重异常	低重高磁	花岗斑岩/石英闪长斑岩/闪长岩/第四系地层/侏罗系地层/三叠系地层

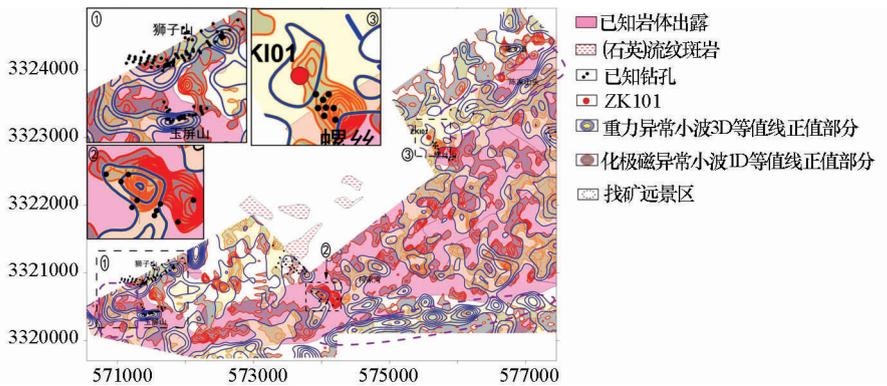


图 7 灵乡中南段局部重磁异常叠合

4 灵乡地区成矿远景区

图 7 是灵乡地区局部重磁异常叠合图。底图是地质图,蓝色等值线是重力小波 3 阶细节正值部分,其等值线间距为 0.05 mGal,红色等值线是化极磁异常小波 1 阶细节正值部分,其等值线间距为 20 nT。黑色实点是已知见矿钻孔,从图中可以看出,狮子山以南、玉屏山以北、螺丝山等地区的已知见矿钻孔大多分布于岩体与沉积地层接触的位置,并且对应局部高重、高磁异常带,其中螺丝山 ZKI01 孔见矿 110 m 矿体数据。

厚。根据这一特征,螺丝山、ZKI01 孔与陈家山头构成一北东向局部高磁高重异常带、狮子山与玉屏山环状局部高磁高重异常带和柯家湾南部的局部高重力异常带是进一步工作的方向。

5 结论与认识

笔者基于鄂东南地区 1:2.5 万航磁资料、1:5 万布格重力资料、灵乡 1:1 万地磁资料和灵乡 1:1 万布格重力资料,利用小波多尺度分解、磁异常化极、滑动平均等物探数据处理方法,对鄂东南地区重磁异

常特征、局部重磁异常对应关系、隐伏岩体范围和找矿远景区进行研究,得到了以下结论:

1) 通过分析岩矿石物性建立地质地球物理模型,利用重磁异常及小波不同尺度异常细节的组合关系,圈出 13 个低重高磁、高重高磁区域,这些地区可能存在隐伏岩体、蚀变岩和矿体。

2) 灵乡中南段已知见矿钻井大多分布于岩体与沉积地层接触的位置,并且对应局部高重高磁异常,根据这一地质—物探特征,螺丝山、ZKI01 孔与陈家山头构成一北东向局部高磁高重异常带、狮子山与玉屏山环状局部高磁高重异常带和柯家湾南部的局部高重力异常带是进一步工作的方向。

参考文献:

- [1] 周涛发,范裕,袁峰.长江中下游成矿带成岩成矿作用研究进展[J].岩石学报,2008,24(8):1665-1678.
- [2] 张国胜.鄂东南燕山期构造特征及其控岩控矿作用[J].湖北地质,1992,6(2):16-29.
- [3] 王瑜,李朗田,苏绍明.鄂东铁矿成矿地质特征与找矿预测[J].地质与勘探,2007,43(1):17-25.
- [4] 刘晓妮,孔繁河,杨培,等.鄂东南小岩体分布及其基本特征[J].资源环境与工程,2009,23(4):390-395.
- [5] 夏金龙.湖北大冶灵乡铁矿床接触带构造及其成矿控矿意义[D].武汉:中国地质大学(武汉),2010.
- [6] 刘天佑,刘大为,詹应林,等.磁测资料处理新方法及其在危机矿山挖潜中的应用[J].物探与化探,2006,30(5):377-381.

- [7] 刘天佑,吴招才,詹应林,等.磁异常小波多尺度分解及危机矿山的深部找矿:以大冶铁矿为例[J].地球科学—中国地质大学学报,2007,32(1):135-141.
- [8] 侯遵洋.小波分析及其在勘察地球物理中的应用[J].物探与化探,1998,22(1):71.
- [9] 张恒磊,刘天佑.基于小波分析的磁测数据处理流程及解释方法[J].物探与化探,2009,33(6):686-690.
- [10] 苏欣栋.鄂东南成矿区壳幔结构及其特征[J].地质与勘探,1995,31(1):18-25.
- [11] 张国胜.鄂东南地区构造特征及其控岩控矿规律[J].湖北地矿,1998,12(2):16-23.
- [12] 谢桂青.鄂东南地区晚中生代铜铁金多金属矿的区域成矿模型探讨[J].矿物岩石地球化学通报,2013,32(4):418-426.
- [13] 胡清乐.鄂东南地区中生代成岩成矿构造背景与时空分布规律[J].资源环境与工程,2014,28(6):768-776.
- [14] 周安保,张国胜,徐磊,等.鄂东南隐伏岩体的推断及其找矿前景[J].资源环境与工程,2013,27(2):120-124.
- [15] Snezana I, Ivana V, Milenko B, et al. 2D geological-geophysical model of the Timok Complex (Serbia, SE Europe): a new perspective from aeromagnetic and gravity data[J]. Swiss Journal of Geosciences, 2014, 107(1): 1-12.
- [16] Zhang X, Zhang D, Tan HD, et al. Geological and Geophysical Model of Thrust Controlling on Iron ore deposits in the Southwestern Fujian Province[J]. Earth Science, 2012, 37(6): 1243-1251.
- [17] Song L J, Zhu J Y. The model of geophysical metallogenic prognosis of Baimazhai nickel-deposit of Jinping county[J]. Progress in Geophysics, 2004, 19(1): 186-190.
- [18] 薛迪康.鄂东南铜金矿成矿模式与找矿模型[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.

Gravity and magnetic anomalies characteristics of rock bodies and ore-prospecting orientation in the southeast of Hubei Province

ZHU Dan, LIU Tian-You, YANG Yu-Shan

(Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: There exists close relationship between intermediate-acid intrusive rock and regional mineralization in the southeast of Hubei Province. According to the features of rock bodies and geophysical properties of the ores and the model put forward by geologists, the authors set up a geological-geophysical model which is characterized by multi-identifying information and identifying mark. And then, the authors used actual data to prove it. The authors extracted weak local gravity and magnetic anomalies to compare theoretical model's combination with local gravity and magnetic anomalies on different scales with the effect of the theoretical model through wavelet multi-scale decomposition, from which the authors have drawn the conclusion that low gravity-high magnetic local anomalies are caused by rocks, whereas high gravity-high magnetic local anomalies are caused by large scale mineralized body on large scale details; high gravity-high magnetic local anomalies are caused by mineralized body on small scale details. On such a basis, the authors delineated 13 low gravity-high magnetic local anomalies and high gravity-high magnetic local anomalies areas which may have concealed rock bodies or mineralized bodies (orebodies). The authors infer that the northeast high gravity-high magnetic local anomaly stripe of Luosishan-ZKI01-Chenjiashantou, the ringlike high gravity-high magnetic local anomaly of Shizishan-Yupingshan and the high local gravity anomaly are further ore-prospecting targets, as shown by the features of known drill holes' relation to high gravity-high magnetic local anomalies.

Key words: southeast of Hubei Province; gravity and magnetic exploration; geological-geophysical model; exposed rock body; ore-prospecting direction