

# 高精度磁测在区域矿产调查中的应用

——以 1:5 万平里店、道头幅为例

张吉涛, 马健, 潘广山, 胡庆辉, 刘明明

(山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021)

**摘要:**根据山东省胶西北地区 2 幅 1:5 万地面高精度磁测资料,对工作区内岩性界线、断裂构造进行了划分,取得了良好的效果,为研究以金为主的矿产成矿规律和圈定成矿预测区提供了地球物理信息。同时指出了高精度磁测在区域地质填图、断裂构造研究及区域成矿预测等方面的作用。

**关键词:**高精度磁测;地质填图;断裂构造;矿产调查

**中图分类号:**P631      **文献标识码:**B

**引文格式:**张吉涛,马健,潘广山,等.高精度磁测在区域矿产调查中的应用——以 1:5 万平里店、道头幅为例[J].山东国土资源,2016,32(7):65-70.ZHANG Jitao, MA Jian, PAN Guangshan, etc. Application of High Precision Magnetic Survey in Regional Mineral Survey——Taking Pingliidian and Daotou Map Sheet with the Scale of 1:50000 as an Example [J].Shandong Land and Resources, 2016,32(7):65-70.

1:5 万区域矿产调查是矿产勘查的前期基础性工作,而磁法作为其重要组成部分,主要是配合地质、化探、遥感等方法,为矿产预普查直接提供靶区和新发现矿产地<sup>[1]</sup>。高精度磁测具有装置简单、施工方便、受地形影响小及工作效率高等诸多优点,在矿产勘查、区域地质填图、构造研究等方面能发挥重要作用<sup>[1-4]</sup>。笔者根据山东省胶西北地区 2 幅 1:5 万高精度磁测资料,对区内的隐伏岩体界线进行了圈定,划分了断裂构造,为研究以金为主的矿产成矿规律和圈定成矿预测区及找矿靶区提供了地球物理信息。

## 1 区域地质和地球物理特征

### 1.1 区域地质概括

工作区位于华北板块(Ⅰ级)、胶辽隆起区(Ⅱ级)、胶北隆起(Ⅲ级)胶北断隆(Ⅳ级)胶北凸起和栖霞-马连庄凸起(Ⅴ级)的西部<sup>[5]</sup>。

区内地层不甚发育,由老到新为古元古代荆山群禄格庄组安吉村段和粉子山群祝家乔组,岩性主要为石榴矽线黑云片岩、黑云片岩、黑云变粒岩;新

生代山前组、临沂组、沂河组,岩性主要为砂层、粘土质砂层、亚砂土、砂质粘土、砾石、粗砂等。

区内岩浆活动强烈,岩浆岩出露面积约占总区总面积的 79.43%,均为侵入岩。岩石类型从超基性—基性—中性—酸性均有,形成时代有新太古代、古元古代及中生代。岩性主要为新太古代变辉橄岩、角闪石岩、变辉长岩、细粒含黑云英云闪长质片麻岩、细粒含角闪黑云英云闪长质片麻岩、片麻状细粒奥长花岗岩、片麻状细粒二长花岗岩,古元古代变橄榄岩、含磷灰石变角闪透辉岩、变辉石角闪石岩、变辉长岩(斜长角闪岩)、变角闪辉长岩,中生代片麻状细中粒含石榴二长花岗岩、中粒含黑云二长花岗岩、含斑粗中粒二长花岗岩、中粗粒二长花岗岩、伟晶不等粒花岗岩、细粒辉石角闪闪长岩、中粒含角闪石英二长闪长岩、斑状中粒含角闪二长花岗岩等。另外,燕山期脉岩特别发育,多与燕山期侵入岩相伴产出,分布于侵入体内及附近围岩中,主要有石英闪长玢岩、闪长玢岩、石英二长斑岩、花岗闪长斑岩等。

区内构造复杂,主要表现形式为褶皱、韧性剪切带、断裂构造,断裂构造尤为发育。根据展布方向,

收稿日期:2015-10-08;修订日期:2015-11-24;编辑:曹丽丽

基金项目:山东省地质勘查项目“1:5 万平里店、道头幅区域矿产调查”(鲁勘字 200704 号)

作者简介:张吉涛(1982—),男,山东海阳人,工程师,主要从事物探及矿产勘查工作,E-mail:zhangjitao12@163.com

将区内断裂构造划分为 NE—NNE 向、EW 向、SN 向及 NW 向 4 组,NE—NNE 向极发育,EW 向次之,NW 向及 SN 向不甚发育。NE—NNE 向断裂构造是区内构造格架中的骨干构造,属于郯庐断裂的次级派生构造,其内赋存着丰富的金矿床<sup>[6]</sup>。

### 1.2 区域地球物理特征

#### 1.2.1 区域重力特征

根据 1:50 万布格重力异常图(图 1)所呈现的布格重力异常特征,该区重力场总体表现为周边高、中部低。周边一般显示 $(0\sim 30)\times 10^{-5} \text{ m/s}^2$  的重力背景值,在此背景上平度北部—招远南部一带显示 NNE 向的重力低。重力高背景值反映了荆山群、粉子山群以及中太古代—中元古代侵入岩等高密度岩石组成的断块基底,重力低背景值是由晚元古代—中生代侵入岩引起。

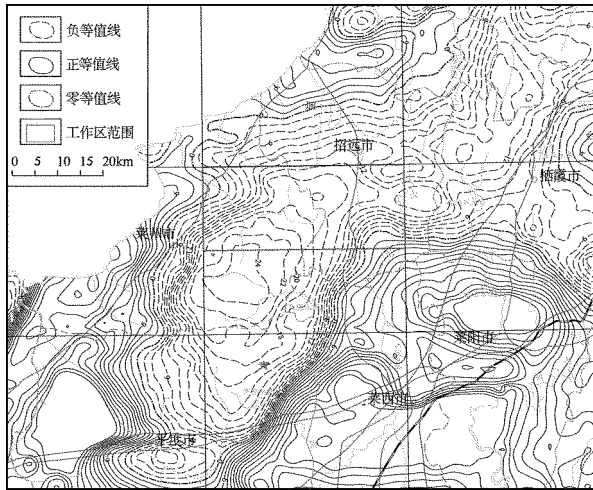


图 1 区域布格重力异常图

#### 1.2.2 区域磁场特征

根据 1:50 万航磁异常图(图 2)所呈现的磁场特征,工作区位于胶辽隆起区平稳磁异常区。区域磁场特征总体表现为负磁异常背景上的 NE, NNE, NEE 向的局部正磁异常,胶北断隆和胶莱盆地具有相似性。其中的负异常值一般为 $-200\sim -300 \text{ nT}$ ,正异常值一般为 $50\sim 200 \text{ nT}$ ,最高可达 $400\sim 500 \text{ nT}$ 。工作区的磁场特征为成片的负磁场,强度在 $-100\sim -200 \text{ nT}$ 之间,磁场展布特征主要反映了 NE 向和 NEE 向构造形迹的特征。

#### 1.2.3 岩石物性特征

岩石的磁性特征是高精度磁测推断解释的重要依据之一<sup>[7-8]</sup>。在区内共采集了岩石磁性标本 310

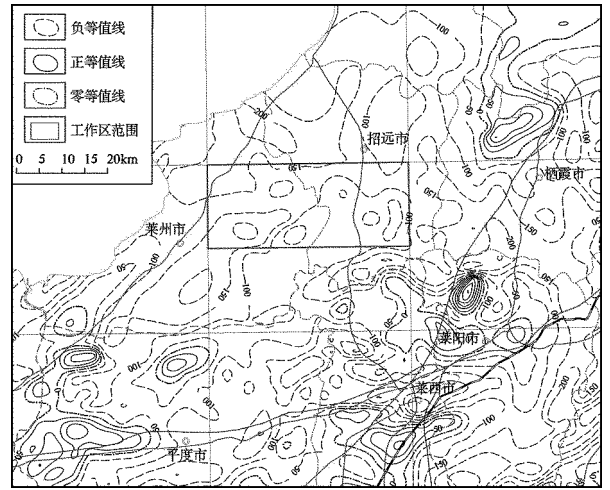


图 2 区域航磁异常图

块,对其进行了磁化率测量,磁性参数测定结果见表 1。从表 1 可以看出:碎裂岩类磁化率  $K$  值一般为 $(6\sim 79)4\pi\times 10^{-6} \text{ SI}$ ,磁性差异不大,基本属于无磁性或微弱磁性;黑云片岩磁化率  $K$  值为 $(25\sim 60)4\pi\times 10^{-6} \text{ SI}$ ,磁性差异不大,属于无磁性或微弱磁性;片麻岩类磁化率  $K$  值一般为 $(5\sim 1206)4\pi\times 10^{-6} \text{ SI}$ ,因原岩变质程度及矿物成分的不同,磁性差异较大,但总体属于弱磁性;花岗岩类因矿物成分的不同,磁性略有差异,总体属于弱磁—中等磁性;变辉长岩磁性最强,属于强磁性。

表 1 岩石磁性参数统计

岩石名称	标本块数	$K(4\pi\times 10^{-6} \text{ SI})$	
		变化范围	平均值
碎裂状花岗岩	20	6~79	20.58
碎裂岩	6	10~17	13.13
硅化碎裂岩	4	7~13	9.86
黑云变粒岩	1	30	30
糜棱岩化砂线黑云片岩	30	25~60	34.47
细粒含角闪黑云英云片麻岩	31	5~1206	27.79
细粒含角闪黑云英云闪长质片麻岩	31	7~1103	44.04
片麻状细粒奥长花岗岩	32	1~108	8.44
伟晶不等粒花岗岩	30	4~343	29.93
中粗粒二长花岗岩	33	15~553	71.15
中粒含黑云二长花岗岩	31	5~367	36.19
片麻状细中粒含石榴二长花岗岩	31	4~880	53.09
变辉长岩	30	15~6847	107.41

注:  $K$  为磁化率

需要指出的是,工作区内花岗岩类和片麻岩类磁性相当,均属于弱磁性,单纯利用磁性强弱很难进行区分,可结合岩石出露情况圈定不同地质体的大致范围。

## 2 地面高精度磁测野外工作方法

工作区总体构造线方向为 NNE 向,为了施测方便,该次高精度磁测的测线方位为  $90^\circ$ ,测网为  $500\text{ m}(\text{线距})\times 100\text{ m}(\text{点距})$ ,使用国土资源部航空物探遥感中心生产的 HC-95a 型氦光泵磁力仪进行测量。开工前和完工后均对磁力仪进行了噪声水平和仪器一致性测定,测定结果表明,各磁力仪的性能指标均达到规定要求,能满足野外工作需要。日变站、校正点的选择及 T0 值的确定和测点观测均按照《地面高精度磁测技术规程》(DZ/T0071-93)执行,全区共完成测点 16 735 个,质量检查点 531 个,质检率 3.17%,磁测总均方误差  $\pm 2.38\text{ nT}$ 。

## 3 磁测数据处理与转换

### 3.1 磁测数据改正

高精度磁测数据在进行各种数学处理之前,需进行数据改正,将测区内的观测数据归一化。数据改正主要包括日变改正、正常场改正、高度改正。日变改正利用磁力仪自带的软件进行改正;正常场改正和高度改正利用国际地球物理数据中心(NGDC)网站提供的国际地磁参考场模式(IGRF10)计算出各项改正值,然后用 Excel 表格进行每个测点的改正。

### 3.2 磁测数据处理与转换

为了突出磁异常在某个方面的信息及异常解释的需要,对各项改正后的磁测数据进行了化极、向上延拓、水平方向导数、垂向二次导数等数学处理,处理软件利用乌鲁木齐金维图文信息科技有限公司生产的 GeoIPAS 数据处理系统。

化极可消除斜磁化的影响,使磁异常主体与磁性体位置在平面上更加对应,利于推断地质体的空间形态。向上延拓可以消除浅部磁性不均匀的高频干扰异常,分离垂向叠加的各种区域背景场和局部异常场,突出深部大的磁性地质体的磁异常<sup>[9]</sup>。某一方向的水平一次导数可以突出与之垂直方向的带状异常,可为推断断裂构造、划分岩性界线提供有效依据,工作区断裂构造以 NE—NNE 向为主,因此在  $135^\circ$  水平方向导数图上线性构造更容易识别。垂向二次导数主要用来压制区域场,突出局部异常,还可

用其零值线圈定磁性体的范围<sup>[10-11]</sup>。

## 4 磁场分布特征与应用分析

### 4.1 磁场分布特征

由工区  $\Delta T$  等值线平面图(图 3)可以看出,区内磁场以低缓的正、负磁场为主,变化比较杂乱。正磁场值一般在  $0\sim 100\text{ nT}$  之间,局部可达  $200\sim 500\text{ nT}$ ,负磁场值一般在  $0\sim -50\text{ nT}$  之间,局部可达  $-100\text{ nT}$ 。以  $\Delta T$  值  $350\text{ nT}$  为异常下限,工区内共圈出 2 处规模较大磁异常,编号分别为 C1, C2。

C1 磁异常位于工区中南部,形态呈似哑铃状,近 SN 向展布, $\Delta T$  峰值  $646\text{ nT}$ ,面积约  $0.23\text{ km}^2$ , $\Delta T$  上延  $250\text{ m}$  后,异常强度降低,形态成椭圆状,推断异常是由磁性较高的岩体引起。异常区中北部岩性为中粒含辉石角闪石英二长闪长岩,南部岩性为中粗粒二长花岗岩,并有数条 NNE 向的闪长玢岩脉侵入,推断 C1 磁异常是由中粒含辉石角闪石英二长闪长岩引起,但不排除闪长玢岩脉对磁异常有一定影响。

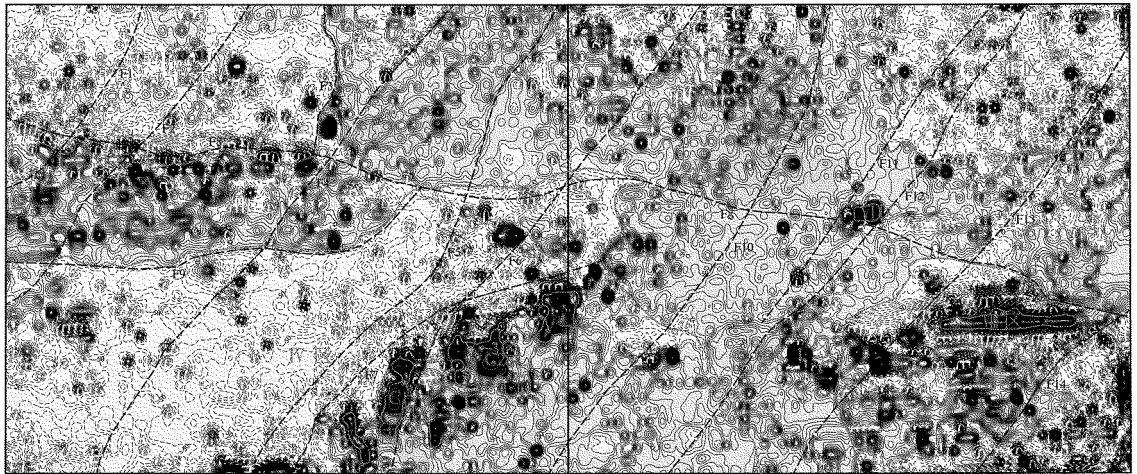
C2 磁异常位于 C1 磁异常东北部,呈似圆状, $\Delta T$  峰值  $918\text{ nT}$ ,面积约  $0.38\text{ km}^2$ , $\Delta T$  上延  $250\text{ m}$  后,异常强度降低,形态更规则,推断异常是由磁性较高的岩体引起。异常区南部岩性为中粗粒二长花岗岩,北部岩性为中粒含辉石角闪石英二长闪长岩,根据物性测定结果,中粗粒二长花岗岩不足以引起如此强度的磁异常,而含辉石角闪石英二长闪长岩中的辉石、角闪石磁性较高,因此推断 C2 磁异常是由中粒含辉石角闪石英二长闪长岩引起的。

### 4.2 岩性界线的划分

岩性界线的划分主要依据不同岩石的磁性差异所引起的磁场强度的差异,磁场的强弱反映了地质体磁性的强弱,不同磁场区的分界线、梯度带一般反映地质体的界线<sup>[12]</sup>。

根据工区磁场分布特征及磁异常处理转换后的特征,结合地质资料,对工区内地质体的界线进行了推断划分,共划为 I~VIII 区(图 3)。

I 区位于工区西北部,磁场特征表现为在低缓负磁场背景上出现片状低缓正磁场,磁异常上延  $250\text{ m}$  后磁场呈大面积低缓负磁场。该区第四系覆盖严重,多处出露小面积的中细粒含角闪黑云英云闪长质片麻岩,根据物性测定结果,其磁场特征应以



1— $\Delta T$  正等值线 (nT); 2— $\Delta T$  零等值线 (nT); 3— $\Delta T$  负等值线 (nT); 4—磁异常及编号; 5—推断地质界线及分区编号;  
6—推断断裂及编号; 7—图幅分界线

图 3 工区  $\Delta T$  等值线平面图

低缓的正磁场为主,但由于第四系覆盖较厚,在近地表处磁场强度有所降低,表现为低缓的负磁场为主,推断该区为栖霞超单元新庄单元中细粒含角闪黑云英云闪长质片麻岩分布区。

II 区位于工区中北部,磁场特征表现为大面积低缓正磁场,磁异常上延 250 m 后磁场仍呈低缓正磁场。该区出露大面积的玲珑超单元崔召单元中粒含黑云二长花岗岩和零星郭家店单元中粗粒二长花岗岩、九曲单元弱片麻状细中粒含石榴二长花岗岩,并有大量的闪长玢岩脉、石英闪长玢岩脉等中基性脉岩侵入岩体内。根据物性测定结果,二长花岗岩属弱磁性,易形成低缓的正磁场或负磁场,但中基性脉岩磁性相对较高,该区低缓的正磁场为二长花岗岩与中基性脉岩二者磁场叠加的反映。根据磁场特征并结合地质资料,推断该区为玲珑超单元崔召单元分布区。

III 区位于工区东北部,磁场特征表现为低缓负磁场为主,零星分布低缓的正磁场,磁异常上延 250 m 后磁场呈低缓负磁场。该区主要出露新太古代栖霞超单元回龙单元细粒含角闪黑云英云闪长质片麻岩和谭格庄超单元牟家单元片麻状细粒奥长花岗岩,另外有少量古元古代莱州超单元西水单元细粒变辉长岩呈窄带状东西向分布。回龙单元和牟家单元岩石磁性均属弱磁性,磁场特征表现为低缓

的负磁场,变辉长岩磁性较强,但由于其规模较小在 1:5 万磁异常图上反映不明显,很难进行划分。根据磁场特征并结合地质资料,该区划为栖霞超单元回龙单元和谭格庄超单元牟家单元分布区。

IV 区位于工区西南部,磁场特征表现为正负伴生的低缓磁异常,磁异常上延 250 m 后磁场特征不变。该区主要出露玲珑超单元郭家店单元中粗粒二长花岗岩,东部有大量的闪长玢岩脉、石英闪长玢岩脉等中基性脉岩侵入岩体内。根据物性测定结果,二长花岗岩属弱磁性,易形成低缓的正磁场或负磁场,但中基性脉岩磁性相对较高,能引起一定强度的正磁场。根据磁场特征并结合地质资料,推断该区为玲珑超单元郭家店单元分布区。

V 区位于工区中南部,由 V-1, V-2, V-3, V-4 组成,磁场特征表现为正磁场,局部形成磁异常,磁异常上延 250 m 后磁场呈强度较高的正磁场。该区主要出露中生代燕山晚期埠柳超单元埠柳单元中粒含辉石角闪石英二长闪长岩,岩石中暗色矿物含量较多,磁性较强,磁场特征表现为正磁场。根据磁场特征并结合地质资料推断该区为埠柳超单元埠柳单元分布区,岩性界线以垂向二次导数图中零等值线圈出。

VI 区位于工区中东部,分布范围较小,磁场特征表现为强度较高的正磁场,磁异常上延 250 m 后磁

场强度仍较高。该区主要出露古元古代莱州超单元苏家庄子单元变纯橄榄岩,变纯橄榄岩为超基性岩,磁性较强,易形成强度较高的正磁场,推断该区为莱州超单元苏家庄子单元分布区,岩性界线以垂向二次导数图中零等值线圈出。

Ⅶ区位于工区东南部,磁场特征为杂乱分布的低缓正负磁场,磁异常上延 250 m 后东南部为负磁场区,中西部为正磁场区。该区中西部主要出露栖霞超单元新庄单元中细粒含角闪黑云英云闪长质片麻岩,东南部为第四系覆盖,磁场特征基本符合中细粒含角闪黑云英云闪长质片麻岩的磁性特征,推断该区为栖霞超单元新庄单元分布区。

Ⅷ区位于工区东南部,磁场特征表现为条带状东西向正磁场,磁异常上延 250 m 后仍呈正磁场。该区主要出露荆山群安吉村段砂线黑云片岩和莱州超单元西水沱单元变辉长岩,根据物性测定结果,砂线黑云片岩磁性较弱,而变辉长岩磁性较强,磁场特征与变辉长岩的物性特征较吻合,推断该区为莱州超单元西水沱单元分布区。

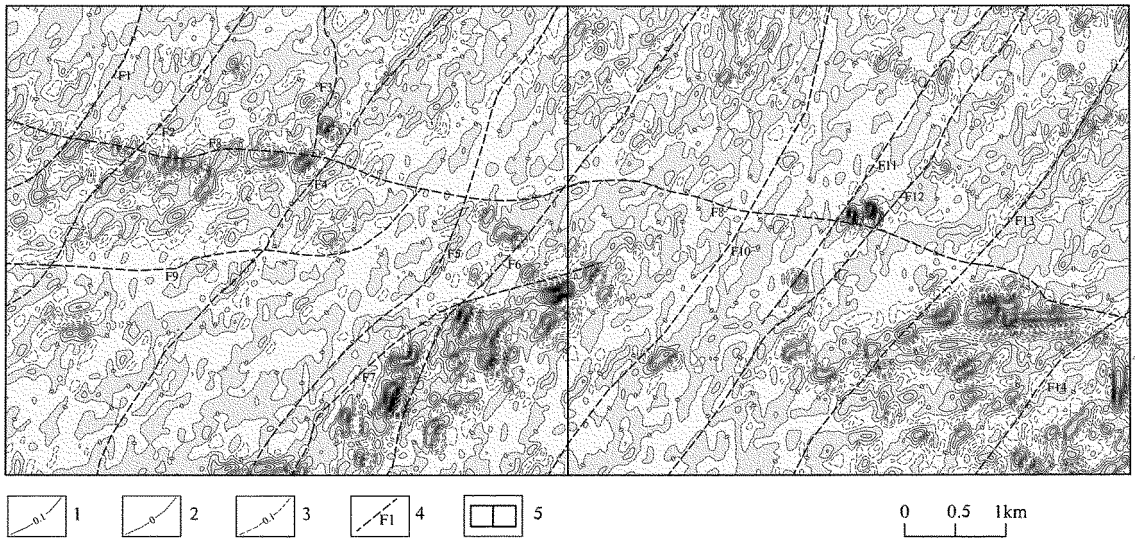
#### 4.3 断裂构造的推断

分析研究断裂构造的磁场特征对于充分利用高磁资料间接推断断裂构造是十分必要的。蚀变破碎

岩相对原岩的磁性均有所降低,磁性降低的程度往往与断裂带规模的大小、蚀变破碎程度有关。另外,断裂带的围岩不同,也表现出不同的磁场特征,即使同一条断裂带由于围岩磁性的变化在不同地段也有不同的特征。

根据磁场特征推断断裂构造的主要依据有以下几种<sup>[10,13]</sup>:①不同磁场的分界线;②线性异常带;③磁异常的梯度带;④串珠状异常带;⑤磁异常的突变部位、错动部位;⑥水平方向导数异常的零值线或极值带的轴部。

根据上述断裂构造划分依据并结合区域地质条件,工区内共推断了 14 条断裂构造(图 3、图 4),编号为 F1~F14。具体为:根据不同磁场的分界线划出的断裂有 F3, F7, F9 断裂及 F8 断裂的西段;根据线性异常带划出的断裂为 F13 断裂;根据磁异常的梯度带、突变带、错动带划出的断裂有 F2, F4, F5, F6, F14 断裂及 F8 断裂东段;根据串珠状异常带划出的断裂有 F1, F11, F12 断裂;在 135°方向导数图上反映较明显的断裂有 F4, F10, F13, F14 断裂。除了 F4, F8, F9 断裂外,其余推断断裂在基岩裸露区都能或多或少的观察到断裂的存在。



1— $\Delta T$  正等值线 (nT); 2— $\Delta T$  零等值线 (nT); 3— $\Delta T$  负等值线 (nT); 4—推断断裂及编号; 5—图幅分界线

图 4 工区  $\Delta T$  水平 135° 方向导数图

从图 3、图 4 可以看出,工区内 NE—NNE 向断裂构造极为发育,是区内的主干构造,该组构造带具有明显的集中成带,且具有等距性分布特征,断裂均

呈舒缓波状分布,总体走向主要为 20°~30°。该组构造带既是金矿的导矿构造,又是储矿构造,控制了区域内大、中、小型金矿床的展布,较著名的断裂构

造有焦家断裂带(F1, F2)、驿道断裂(F5)、招平断裂带(F11~F14)。

## 5 结论

通过开展 1:5 万地面高精度磁测, 获得了较为完整、可靠的磁测资料, 对磁测资料进行了各种处理及转换, 并结合地质资料对岩体界线、断裂构造进行了推断解释, 取得了较为明显的效果, 对区域矿产调查工作具有重要的地质意义。

(1) 利用地面高精度磁测资料能够较准确划分磁性差异明显的地质填图单元岩性界线, 而对磁性差异不大的填图单元进行界线划分较为困难, 可结合地质资料大致圈定其范围。

(2) 高精度磁测地质填图一般达不到同比例尺地质填图的详细程度, 但可作为第四系覆盖区填图的有效辅助手段。

(3) 高精度磁测资料在推断断裂构造方面的作用较明显, 工区内推断的 14 条断裂构造大部分与地质实测断裂较吻合, 为区内断裂构造拼接和构造格架建立提供了依据。

(4) 通过对磁测资料的处理与转换, 能使资料利用更充分, 可提高推断的准确性, 有利于提高矿产远景调查的工作程度。

(5) 工作区为胶西北金矿集中区, 分析总结已知金矿床的地质条件和磁场特征, 可在区内进行类

比预测, 圈定找矿靶区, 为寻找金矿提供间接帮助。

## 参考文献:

- [1] 江秉忠, 赵炎, 贺小明. 高精度磁测在青年林场矿产地质调查中的应用[J]. 甘肃冶金, 2012, 34(3): 92-95.
- [2] 蔡芬良, 梁国祥, 卢树新. 高精度磁测在西昆仑高寒山区矿产资源调查评价中的应用[J]. 陕西地质, 2005, (2): 70-74.
- [3] 沈莽庭, 骆学全, 朱国强, 等. 高精度磁测在会昌湖区矿产地质调查中的应用[J]. 甘肃冶金, 2009, 31(6): 62-67.
- [4] 傅人康, 张匡华. 高精度磁测在菲律宾某铁铜矿区的应用[J]. 西部探矿工程, 2013, (9): 101-103.
- [5] 宋明春, 王沛成. 山东省区域地质[M]. 济南: 山东省地图出版社, 2003.
- [6] 宋明春, 崔书学, 伊丕厚, 等. 胶西北金矿集中区深部大型—超大型金矿找矿与成矿模式[M]. 北京: 地质出版社, 2010.
- [7] 赵法强, 曹秀华, 庞绪贵, 等. 高精度磁测在单县龙王庙地区铁矿调查中的应用[J]. 山东国土资源, 2011, 27(8): 23-27.
- [8] 智云宝, 张贵丽, 王英鹏, 等. 高精度磁测在第四系浅覆盖区的应用——以山东省昌邑市德胜庄地区铁矿勘查为例[J]. 山东国土资源, 2014, 30(6): 73-76.
- [9] 文明, 叶洪华. 携带 GPS 的高精度磁力仪在金矿勘查中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2013, (17).
- [10] 管志宁. 地磁场与磁力勘探[M]. 北京: 地质出版社, 2005.
- [11] 林善华. 磁异常数据处理与推断解释方法探讨[J]. 福建地质, 2011, (4): 362-366.
- [12] 赖月荣, 韩磊, 杨树生. 高精度磁测在阿勒泰冰碛物覆盖区地质填图中的应用[J]. 物探与化探, 2014, 38(6): 1181-1185.
- [13] 王富群, 刘国栋. 根河高磁资料在划分岩性与断裂构造中的应用分析[J]. 中州煤炭, 2013, (5): 29-31.

## Application of High Precision Magnetic Survey in Regional Mineral Survey

—Taking Pinglidian and Daotou Map Sheet with the Scale of 1:50000 as an Example

ZHANG Jitao, MA Jian, PAN Guangshan, HU Qinghui, LIU Mingming

(No.4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China)

**Abstract:** According to two map sheets of ground high precision magnetic survey data with the scale of 1:50000 in northwest Jiaodong area in Shandong province, lithologic boundaries and faults have been divided in the work area and achieved good results. Geophysical information has been provided for studying metallogenic rules and delineating metallogenic prediction areas. The role of high precision magnetic survey in the regional geological mapping, faults research and regional metallogenic prediction have been pointed out as well.

**Key words:** High precision magnetic survey; geological mapping; fault structures; mineral survey