

doi: 10.11720/wtyht.2018.1545

赵楠,薛生升,张双奎.低缓航磁异常提取技术在寻找隐伏岩体上的应用研究——以五台—恒山地区某隐伏岩体为例[J].物探与化探,2018,42(5):925-931.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1545

Zhao N, Xue S S, Zhang S K. The application research of extraction technology of low aeromagnetic abnormality to exploring hidden rock mass: A case study of hidden rock mass in Wutaishan-Hengshan region [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42 (5): 925 - 931. http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1545

低缓航磁异常提取技术在寻找 隐伏岩体上的应用研究 ——以五台—恒山地区某隐伏岩体为例

赵楠,薛生升,张双奎

(山西省地球物理化学勘查院,山西 运城 044000)

摘 要: 五台—恒山地区是山西省重要的铜、金等多金属成矿带之一,与岩浆热液有关的矿床通常与燕山期岩体关系密切。以往主要研究对象为特征明显的航磁异常,并未对低缓异常引起足够的重视。本次利用滑动平均法对 1:5 万航磁数据求取剩余异常,进行位场分离,提取出弱磁异常信息,结合地质、重力、化探等综合信息推断该异常可能为隐伏岩体的反映,并对其进行野外异常查证,为本区深入开展找矿或找矿突破指明方向。

关键词: 燕山期岩体;重磁;剩余异常;滑动平均法;正反演

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2018)05-0925-07

0 引言

五台—恒山地区位于山西省东北部,属于华北克拉通中部山西板内造山带五台山—吕梁山块隆,北临兴蒙造山带,南与祁连—大别造山带相连。区内早前寒武纪地体分布广泛,构造复杂,岩浆岩发育,成矿条件有利,为我省主要的多金属矿产地之一。已查明的矿产有铁、铜、金、银、铅、锌、锰、钼、硫等 10 多种,这些矿产分布与岩体存在着密不可分的联系。

在研究区内,与岩浆热液有关的铜、金等多金属矿床通常与燕山期岩体关系密切,因此可通过寻找燕山期岩体而达到间接的找矿作用。前人依据 1:25 万区域地质调查成果,对晋东北地区燕山期的火山盆地、断裂及岩浆岩进行了系统的研究。研究区主要出露的岩浆岩为燕山期的中酸性侵入岩,主要分为壳源型和壳幔过渡型^[1]。

从前人的研究成果看,根据岩体与围岩的物性差异^[2-3],利用中、小比例尺重磁资料在寻找岩体上取得了丰富的找矿成果。然而,以往研究对象主要为特征明显的航磁异常,并未对低缓异常引起足够的重视^[4-9]。滑动平均法位场分离技术对发现低缓磁异常有非常明显的效果^[10-21],因此,通过该方法对本区 1:5 万航磁数据重新处理,提取出弱磁异常信息,为该区深入开展找矿或找矿突破提供基础资料 and 依据。

1 重磁圈定燕山期岩体的物性前提

1.1 地层及侵入岩密度特征

对本区地层和侵入岩的密度统计(图 1、图 2),发现其具有以下几个特征:

1) 总体来看,地层由新到老,密度呈逐渐增大的趋势。新生界密度值最低,仅 $(1.6 \sim 1.8) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,与下伏各时代的地层均有明显的密度差;白垩

收稿日期: 2017-12-05;修回日期: 2018-03-28

基金项目: 山西省五台—恒山地区区域资料二次处理与成矿预测研究项目(晋地设发[2013]4号)

作者简介: 赵楠(1983-),女,工程师,研究生学历,2008年毕业于中国地质大学(北京),主要从事物探资料处理解释及地质找矿工作。Email: 77011279@qq.com

系—寒武系地层密度约为 $2.6\times 10^3\text{ kg/m}^3$;前寒武系地层密度最高,平均值约为 $2.74\times 10^3\text{ kg/m}^3$ 。

2) 燕山期岩体密度从酸性岩—中酸性岩—中性岩逐渐增大,密度平均值为 $2.62\times 10^3\text{ kg/m}^3$ 。

3) 相对于前寒武系地层而言,燕山期岩体整体呈低密度,密度差在 $0.1\times 10^3\text{ kg/m}^3$ 以上。

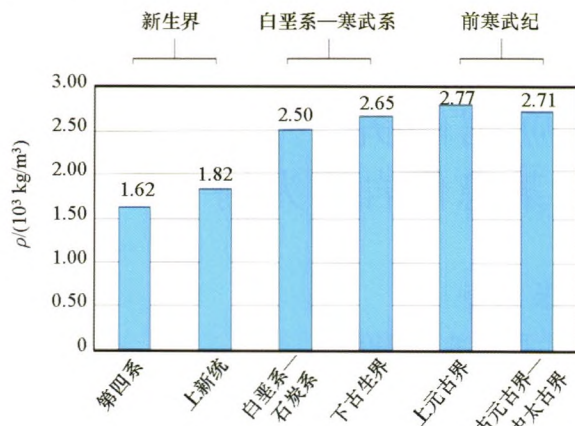


图 1 五台—恒山地区地层平均密度柱状图

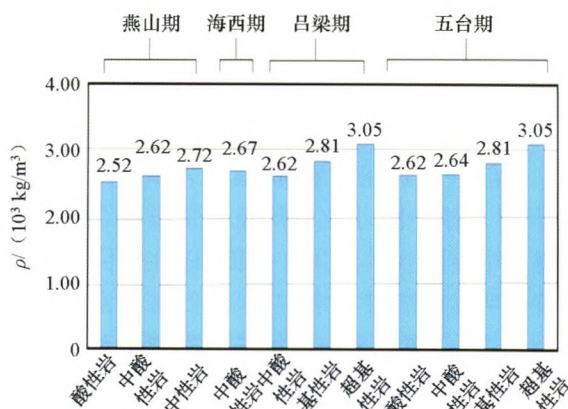


图 2 五台—恒山地区侵入岩平均密度柱状图

1.2 地层及侵入岩磁性特征

该区地层总体呈现弱磁性(图 3),磁化率最高仅有 $158\times 10^{-6}4\pi\text{SI}$;而根据侵入岩磁化率柱状图(图 4)可以看出,燕山期不同岩性岩体中,酸性岩的磁性较弱,而中酸性岩和中性岩磁性最强,磁化率可达到 $2\,000\times 10^{-6}4\pi\text{SI}$,因此在航磁图上能表现出较明显的中高磁异常。

根据以上总结的密度和磁性特征可知:相对于老地层而言,燕山期的酸性、中酸性岩整体呈低密度;而燕山期的中酸性岩和中性岩具有一定的磁性,在航磁图上能表现出较明显的中高磁异常。因此,根据岩性的不同物性,利用低重力(酸性岩)、中等磁性(中性岩)或“低重力+中等磁性”(中酸性岩)的重磁场特征,来寻找燕山期岩体。

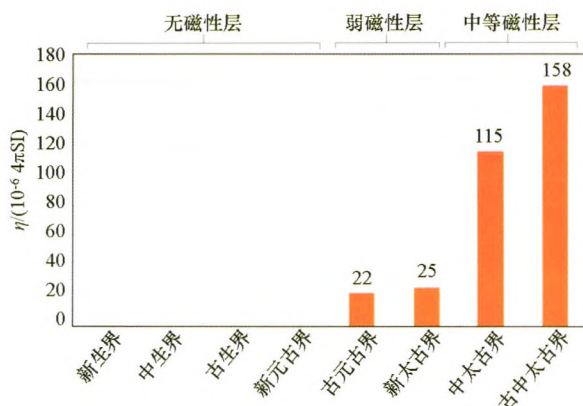


图 3 五台—恒山地区地层磁化率柱状图

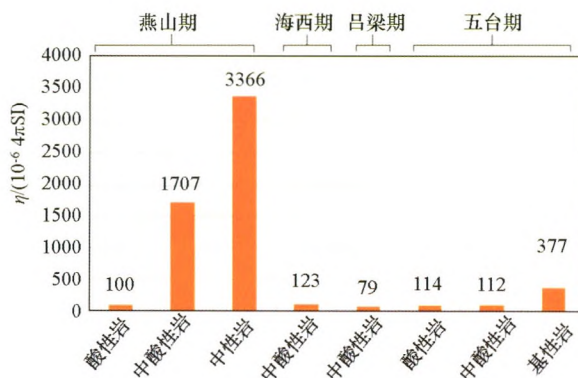
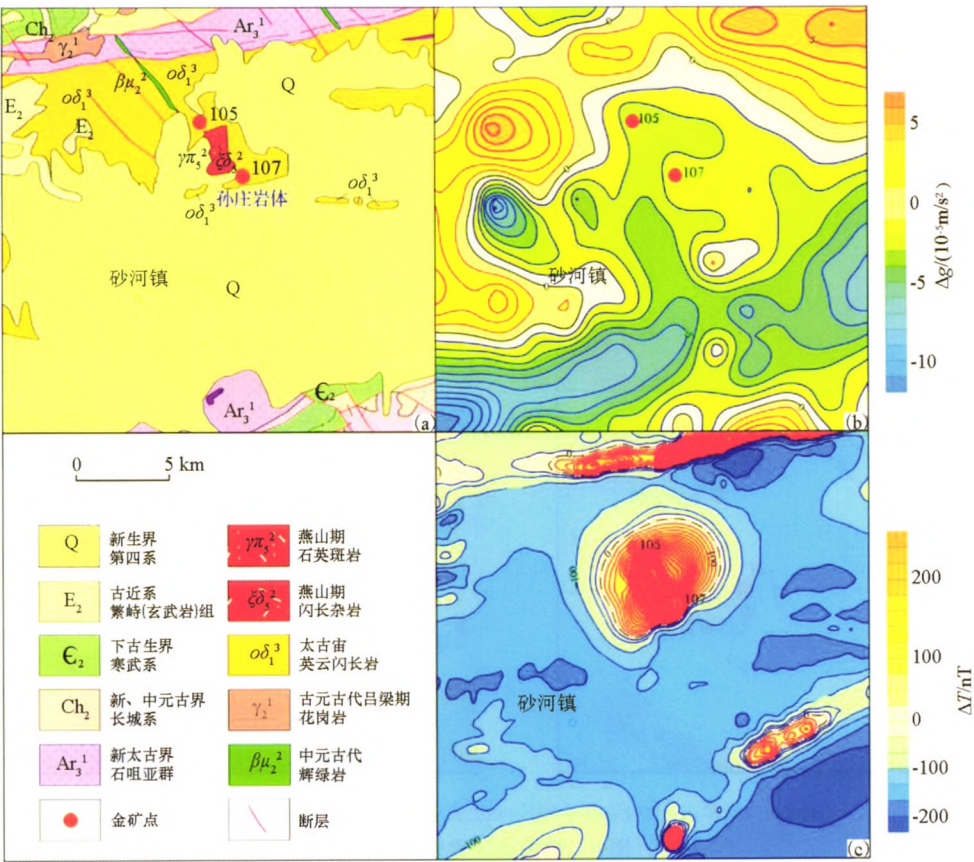


图 4 五台—恒山地区侵入岩磁化率柱状图

2 燕山期岩体的重磁场特征——以孙庄岩体为例

义兴寨(辛庄)金矿田由分布于孙庄岩体北部的义兴寨大型金矿(编号 105)和南部的辛庄中型金矿(编号 107)及外围若干矿床(点)组成。区内地层简单,大面积被第四系覆盖,主要出露地层为新太古界石咀亚群含铁建造,近矿围岩是太古宙的英云闪长岩。区内出露有孙庄闪长杂岩以及与其具有密切成生联系的超浅成侵入相(石英斑岩、长石石英斑岩),矿区内断裂构造发育(图 5a)^[22-23]。

根据前文总结的燕山期岩体的重磁场特征,来圈定孙庄岩体的范围。1:20 万剩余重力图上(图 5b)呈现出相对低的重力场特征,是第四系和晚期侵位的石英斑岩、长石石英斑岩的共同反映。根据收集的物性资料,孙庄岩体(闪长岩)的磁化率为 $3800\times 10^{-6}4\pi\text{SI}$,具有较强的磁性,矿区除辉绿岩具强磁性外(但辉绿岩为脉状,规模也小),其他金、铜矿体或地层均为弱磁和无磁性。在 1:5 万航磁图上表现为独立的椭圆状异常,故用磁测的手段圈定火成岩体具有良好的地球物理前提,可起到间接找矿



a—地质;b—剩余重力异常;c—航磁化极异常

图 5 义兴寨矿区物化探地质综合剖析图

的作用。

同时,对比地质图和重磁图也可以看出,据重磁异常推断岩体范围较岩体实际出露范围大很多,反映孙庄岩体在深部还具有一定的规模。

3 弱磁异常提取在已知岩体上的应用效果

3.1 弱磁异常提取的必要性

五台—恒山地区工作程度很高,利用前述的传统技术方法圈定和寻找隐伏岩体早已在工作中广泛使用,并取得了丰富的找矿成果,如孙庄岩体。如何利用新的技术手段重新对以往资料进行处理,提取新的找矿信息,圈定出新的找矿靶区,预测深盲矿等,是我们下一步工作重点。

以往该区对航磁资料的处理技术仅限于求取化极磁异常、垂向导数等,并未对弱磁异常引起足够重

视和深入研究。本次为了突出局部异常效果,能够识别可能存在的隐伏岩体,通过各种方法比较,对该区的航磁数据采用滑动平均法求取剩余异常,对其进行位场分离处理,此方法可以较有效地消除区域场的影响,用以突出反映局部弱异常。

3.2 弱磁异常提取在伯强岩体上的应用

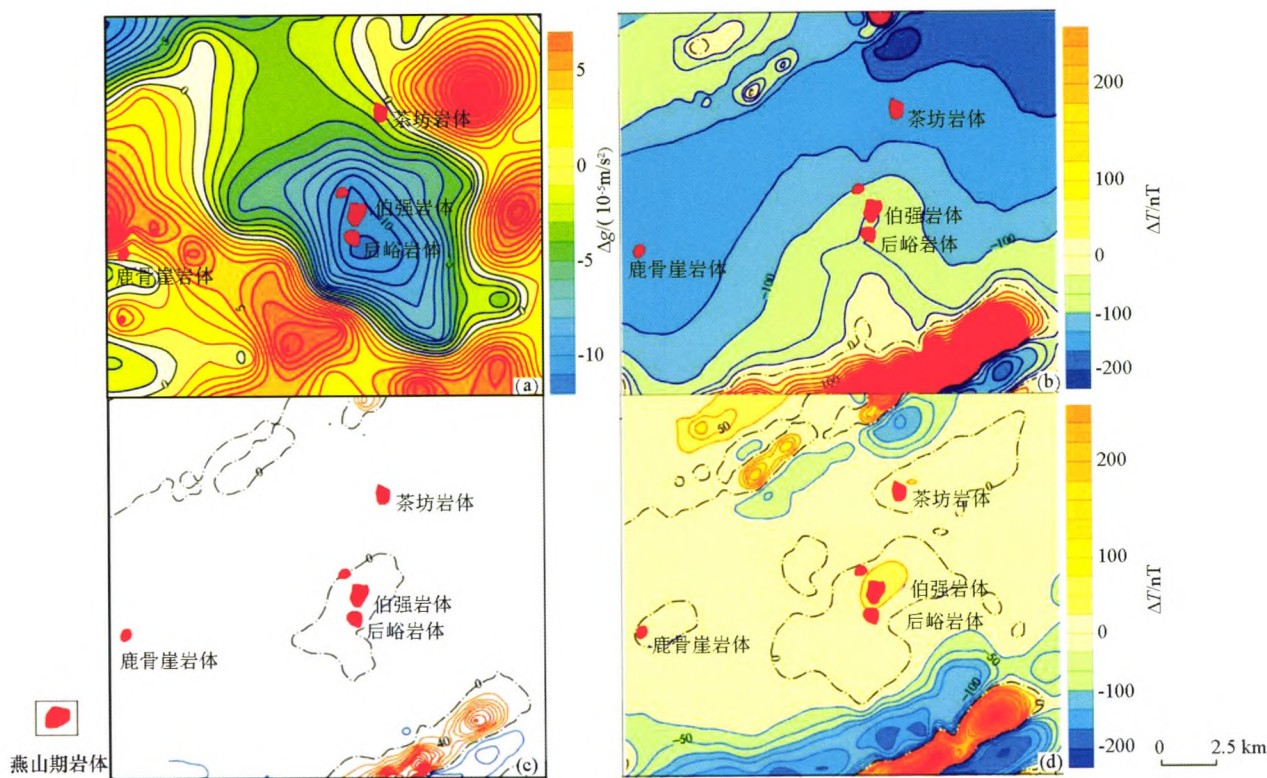
伯强岩体为多次形成的复式岩体,由耿庄、后峪和茶坊岩体组成。从图 6a 可以看出,伯强岩体、后峪岩体位于低剩余重力异常的中心,茶坊岩体位于低剩余重力异常边部。

根据表 1 可知,后峪南花岗闪长岩(磁化率 $1\,448\times10^{-6}4\pi\text{SI}$)、茶坊花岗岩(磁化率 $2\,032\times10^{-6}4\pi\text{SI}$),与南部磁铁矿带的磁化率(磁化率大于 $50\,000\times10^{-6}4\pi\text{SI}$)相差悬殊,磁性显得“微弱”,特别是当岩体的规模较小时容易被完全掩盖。

在化极航磁异常图上可以看出(图 6b),受南部

表 1 伯强岩体物性参数统计

总岩体名称	单岩体名称	岩性	密度/(10^3 kg/m^3)	磁化率/($10^{-6}4\pi\text{SI}$)
伯强岩体	后峪	花岗闪长岩	2.61	1448
	茶坊	花岗闪长岩	2.64	2032



a—剩余重力异常;b—化极航磁异常;c—航磁化极垂向一阶导数;d—剩余化极航磁异常
图 6 伯强地区重磁异常剖析

磁铁矿带的影响,伯强、后峪岩体处在弱缓升高异常区,茶坊、鹿古崖岩体则位于鼻状突起异常带,化极航磁异常无法清晰反映岩体范围。对航磁异常求取垂向一阶导数(图 6c),可根据零值线识别出规模较大的伯强、后峪岩体,但却对规模较小的茶坊、鹿古崖岩体没有指示信息。求取剩余异常后可以看出(图 6d),利用剩余航磁异常零值线圈定岩体的范围与几个岩体群的对应关系良好,因此可以采用剩余航磁异常来识别岩体范围。

4 灵丘地区某隐伏岩体圈定

4.1 塔地火山岩盆地深部隐伏岩体存在的可能性分析

塔地中生代火山岩盆地,区内第四系分布较广泛,主要出露地层有上元古界长城系、蓟县系,古生界寒武系、奥陶系以及侏罗系火山岩。在柳科北部侏罗系火山岩中有花岗斑岩侵入,此外,刁泉、小彦—枪头岭及其外围有多个燕山期中酸性岩体出露(图 7)^[24]。

根据 1:20 万剩余重力异常图可以看出(图 8),塔地火山岩盆地整体表现为 NW 走向的重力低,异常中心幅值达到-12 mGal 左右。对照地质图和重

力异常图可知,该重力低异常主要由两部分组成:区内的低密度地层(主要为第四系及侏罗系角砾凝灰岩)和区内的燕山期岩体。

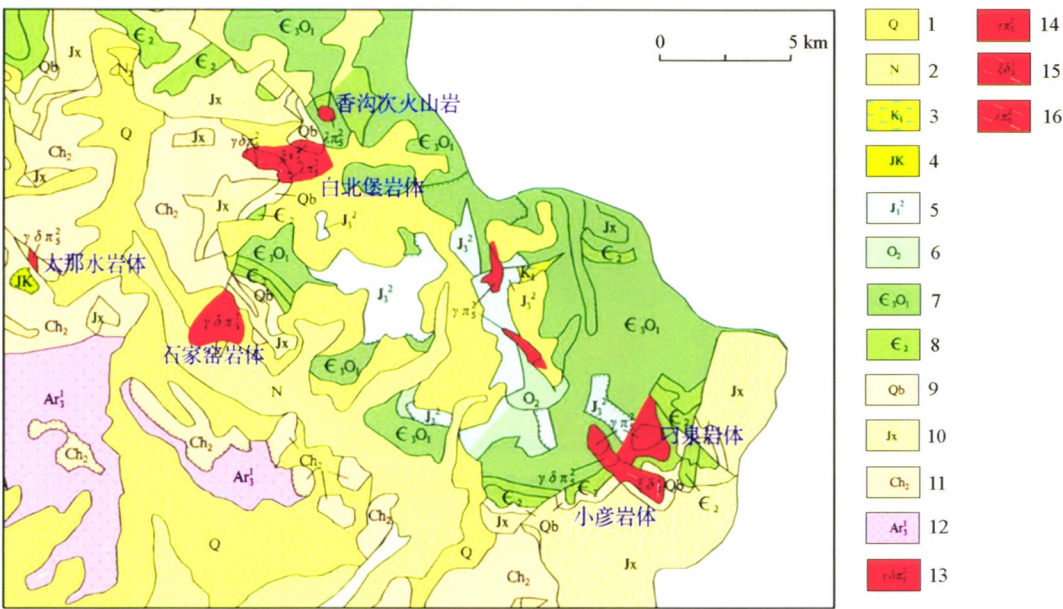
采用图切剖面法,垂直于该重力低异常中心取一条 NNE 向剖面 I—I' 进行反演计算(图 9),得到结论如下:

- 1) 第四系厚度有限,不能左右曲线异常特征。
- 2) 取侏罗系角砾凝灰岩密度值 $2.50 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,围岩平均密度值 $2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,利用 RGIS 软件做正演拟合计算,得到侏罗系厚度约 2 000 m,范围 260 km^2 。
- 3) 根据地表出露和地质资料,该处侏罗系最大厚度仅有 800 m 左右,范围仅 70 km^2 。
- 4) 为此推断下伏有密度值为 $2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 左右的大规模的中酸性侵入岩,最大深度在 5 000 m 左右,而地表出露的范围很有限。

4.2 塔地火山岩盆地航磁异常特征

区内的燕山期岩体如刁泉—小彦、白北堡、太那水、石家窑等都表现为独立的航磁异常(图 10),而这些岩体均与多金属矿床关系密切。

对航磁数据进行剩余异常求取,新发现两处弱磁异常 M128、M139(图 11)。由于该区的燕山期岩体如刁泉、白北堡、太那水等都有一定的磁性,因此



1—第四系;2—新近系;3—白垩系下统;4—侏罗-白垩系;5—侏罗系上统;6—奥陶系中统;7—寒武-奥陶系;8—寒武系中统;9—青白口系;10—蔚县系;11—长城系;12—新太古界石咀亚群;13—花岗闪长(斑)岩;14—花岗斑岩;15—正长闪长岩;16—石英斑岩

图7 塔地火山岩盆地地质

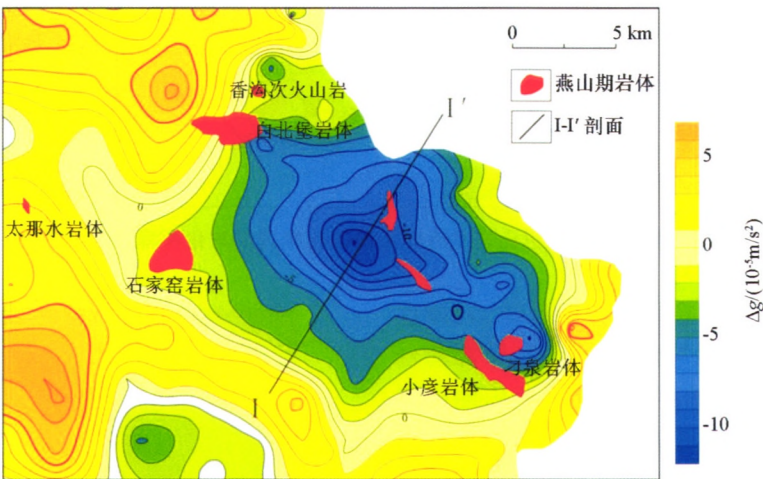


图8 塔地火山岩盆地剩余重力异常

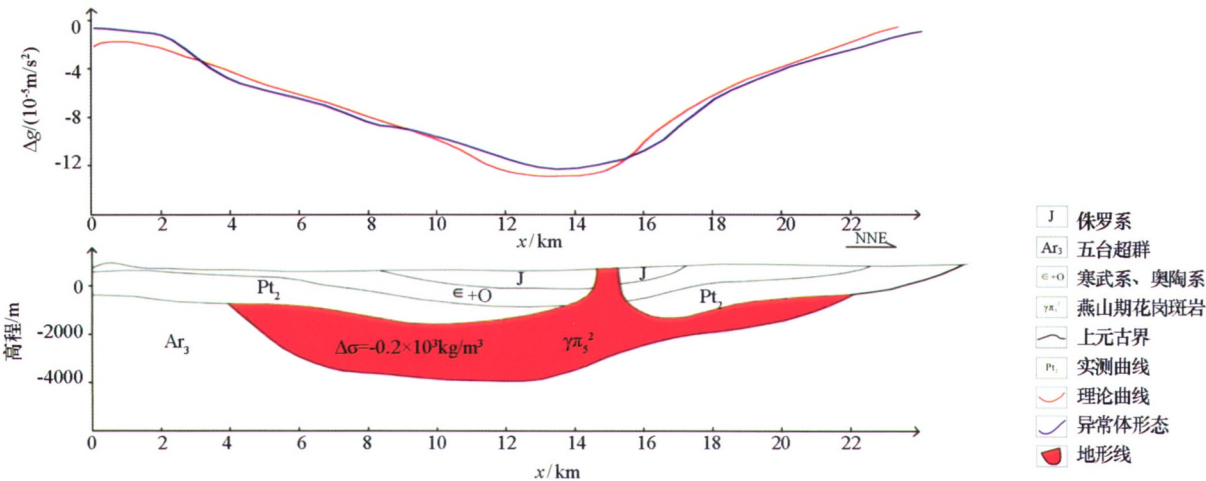


图9 I-I'剖面重力反演解释推断

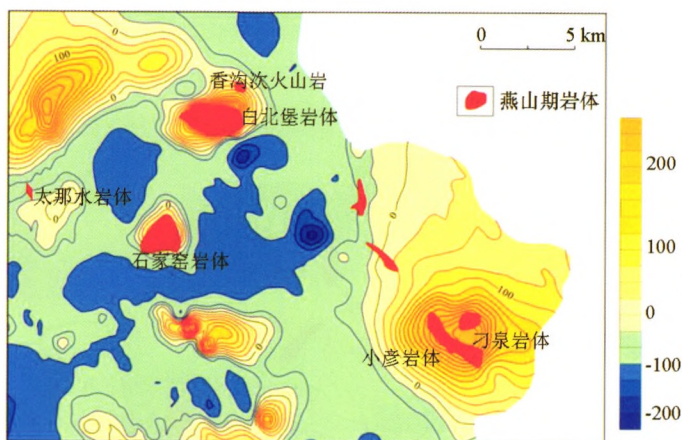


图 10 塔地火山岩盆地航磁化极



图 11 塔地火山岩盆地剩余航磁化极异常与化探异常综合

推断此两处弱磁异常也为隐伏岩体的反映,岩体埋深可能较深。两处磁异常与化探 Au、Pb 异常套合较好,进一步证实了岩体的存在可能。燕山期岩体的侵位与深大断裂带关系密切,推断的该隐伏岩体在北北西向断裂的西侧,断裂附近有利于岩体的侵入。而根据区域地质资料^[25],本区火山岩盖层下为寒武奥陶系地层,岩体侵入该地层时,必然会发生一定的成矿作用。

4.3 野外异常查证

对该两处弱磁异常进行野外查证,异常区出露地层主要为白垩纪火山岩,主要岩性为英安岩、流纹岩、角砾岩、珍珠岩等,并发育有多条放射状和环状次火山岩脉(图 12)。根据野外地质特征,确定两处火山机构。同时结合发现的多条次火山岩脉,认为本区火山机构通道内可能存在晚期侵位的岩体。

5 结论

1) 五台—恒山地区的燕山期岩体与岩浆热液

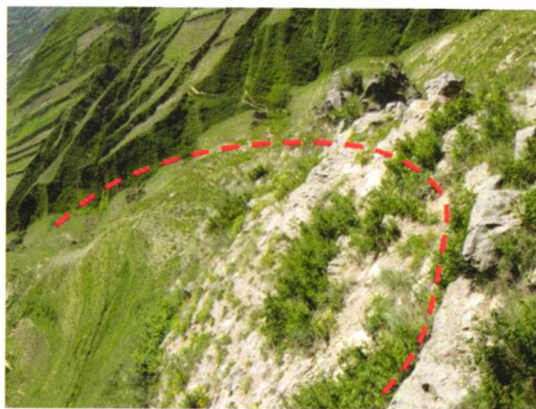


图 12 呈环状分布的次火山岩

有关的多金属矿床关系密切,根据总结的物性资料,相对于老地层而言,燕山期岩体具有低重力(酸性岩)、中等磁性(中性岩)或“低重力+中等磁性”(中酸性岩)的重磁场特征。

2) 该地区工作程度很高,取得了丰富的找矿成果,但对低缓航磁异常的研究重视程度不够。笔者以已知出露的伯强岩体为例,进行多种航磁数据处

理方法的对比研究,验证了滑动平均法求取剩余异常圈定岩体的有效性。

3) 通过资料的重新处理,在塔地火山岩盆地内新发现两处弱磁异常 M128、M139,同时化探 Au、Pb 异常与弱磁异常套合较好,推断此两处异常可能为隐伏岩体的反映。在野外异常检查时发现一处火山机构,在地表还见有次火山岩脉、花岗斑岩和花岗闪长斑岩。说明该方法在低缓航磁异常的研究上是可行的,为该区寻找隐伏燕山期岩体提供了有效技术手段,为深入开展找矿或找矿突破指明方向。

参考文献:

- [1] 吴凌根,王万银,李建国,等.利用重、磁资料研究五台—恒山地区构造格局[J].地球物理学进展,2015,30(2):531—539.
- [2] 张文陆.山西省 1:50 万航磁图说明书[R].山西物探队,1986.
- [3] 方双夫,吴洪武.山西省东北地区 1:20 万区域重力调查成果报告[R].山西物探队,1991.
- [4] 管志宁,郝天瑶,姚长利.21 世纪重力与磁法勘探的展望[J].地球物理学进展,2002,17(2):237—244.
- [5] 严加永,滕吉文,吕庆田.深部金属矿产资源地球物理勘查与应用[J].地球物理学进展,2008,23(3):871—891.
- [6] 王庆乙,胡玉平.金属资源的紧缺与隐伏矿找矿的思考[J].地质与勘探,2004,40(4):75—79.
- [7] 滕吉文,杨立强,姚敬金,等.金属矿产资源的深部找矿、勘探与成矿的深层动力过程[J].地球物理学进展,2007,22(2):317—334.
- [8] 吕庆田,杨竹森,严加永,等.长江中下游成矿带深部成矿潜力、找矿思路与初步尝试——以铜陵矿集区为实例[J].地质学报,2007,81(7):865—881.
- [9] 刘光鼎,郝天瑶.应用地球物理方法寻找隐伏矿床[J].地球物理学报,1995,36(6):850—854.
- [10] 范正国,黄旭钊,熊盛青.磁测资料应用技术要求[M].北京:地质出版社,2010.
- [11] 宋新华,尹秉喜,闫红,等.航磁资料在卫宁北山寻找多金属矿中的应用[J].物探与化探,2010,34(3):289—290.
- [12] 罗潇,王彦国,邓居智,等.位场异常分离方法的对比分析——以江西相山铀多金属矿田为例[J].地球物理学进展,2017,32(3):1190—1196.
- [13] 关有国,李洪普.青海东昆仑群力地区高精度弱磁异常的找矿意义[J].矿床地质,2009,28(5):718—724.
- [14] 王万银,邱之云,杨永,等.位场边缘识别方法研究进展[J].地球物理学进展,2010,25(1):196—210.
- [15] 王万银,邱之云,刘金兰,等.位场数据处理中的最小曲率扩边和补空方法研究[J].地球物理学进展,2009,24(4):1327—1338.
- [16] 姚绍萍,徐荣华,晏俊灵,等.重力勘探法在侵入岩体导矿构造上的分析应用[J].地球物理学进展,2012,27(4):1679—1686.
- [17] 刘彦华,陈宗刚,欧阳长亮.重磁异常对应分析在相山地区的应用[J].物探与化探,2008,32(6):586—589.
- [18] 李宏录,卫岗,曾宪刚,等.应用航磁资料在野马泉地区寻找以铁为主多金属矿产[J].物探与化探,2009,33(2):117—122.
- [19] 于长春,范正国,王乃东,等.高分辨率航磁方法及在大冶铁矿区的应用[J].地球物理学进展,2007,22(3):979—983.
- [20] 刘燕戎,李文勇,徐剑春.航空重、磁异常相关性分析方法及其应用[J].物探与化探,2012,36(5):783—787.
- [21] 严加永,吕庆田,孟贵祥,等.三维可视化及物探新技术在矿山接替资源勘查中的应用[J].地球学报,2008,29(1):116—120.
- [22] 杜佩峰.义兴寨金矿成矿地质背景及物化探异常特征[J].华北国土资源,2015.
- [23] 葛良胜,王治华,杨贵才,等.晋东北燕山期岩浆活动及金多金属成矿作用动力学[J].岩石学报,2012,28(2):619—636.
- [24] 代军治,毛景文,杨富全,等.华北地台北缘燕辽铜(钼)成矿带矿床地质特征及动力学背景[J].矿床地质,2006,25(5):598—612.
- [25] 牛翠伟,卿敏,唐明国,等.山西刁泉银铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J].矿床地质,2009,32(5):972—978.

The application research of extraction technology of low aeromagnetic abnormality to exploring hidden rock mass: A case study of hidden rock mass in Wutaishan-Hengshan region

ZHAO Nan, XUE Sheng-Sheng, ZHANG Shuang-Kui

(Geophysical and Geochemical Exploration Institute of Shanxi Province, Yuncheng 044000, China)

Abstract: Wutaishan-Hengshan region is one of the important copper and gold polymetallogenic districts in Shanxi Province, the Yanshanian rock mass is closely related to ore deposits. In the past, the main object of the study was strong aeromagnetic anomalies, there is not enough attention to weak anomalies. In this area, by use of residual anomaly method of moving average, weak anomalies are extracted from 1:50 000 aeromagnetic data, and combines with geological, gravity and geochemical exploration, the paper infers the presence of hidden rock mass by outdoor inspection of abnormalities, and the prospecting targets and delineated for future geological prospecting work.

Key words: Yanshanian rock mass; gravity-magnetic; residual anomaly; method of moving average; forward and inversion

(本文编辑:王萌)