

综合物探反演解释方法在南京横溪-小丹阳示范区中的应用

黄 宁¹, 刘国辉², 刘 一¹

(1.中国地质调查局南京地质调查中心, 南京 210016; 2.石家庄经济学院, 石家庄 050031)

摘 要: 基于南京横溪-小丹阳示范区区域重磁数据、CSAMT和地形、地质资料, 并综合区内物性特征, 建立了初始地质-地球物理模型。在地质、钻孔资料的约束下, 利用重磁电数据处理与反演软件系统, 对区内典型重力、磁法、电法测线数据进行综合物探联合反演, 通过不断修改地质-地球物理模型, 使重、磁正演拟合数据和实测异常数据达到最佳拟合状态。结果表明, 利用多种物探方法相互验证和综合解释方法, 开展地质异常体的联合反演, 能有效提高重、磁解释精度。

关键词: 重磁电联合反演; 综合物探; 地质找矿

中图分类号: P613

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2013)02-0146-05

地球物理勘探具有应用范围广、信息量大和高效率快捷等特点, 可以多层次、多角度提供大量有用的地下隐伏地质信息^[1], 因此, 它在地质工作的各个方面和各个领域发挥着越来越重要的作用。

在实际地质工作中, 由于单一的某种地球物理异常场的分布可能对应于地下多种地质现象, 因此, 当对地球物理场的观测资料进行推断解释时, 应注意反演问题的多解性^[2-3]。在资料解释过程中, 我们除了应用已有的各种物探资料外, 还要综合分析工区内的其他资料, 如钻孔、地质等资料, 尽可能地增加已知条件和约束条件, 以避免或减少反演问题的多解性或得到唯一解^[4], 提高解释精度。此外, 还应充分考虑到异常目标体沿走向的端点效应, 才能有效地通过物探资料的解释精度, 发挥物探方法在地质找矿中的优势。为此本文利用RGIS重磁电数据处理与解释软件系统对南京横溪-小丹阳示范区某条重力、磁法和可控源音频大地电磁法(简记CSAMT法)剖面进行了联合反演解释, 取得了较好的效果。

该区处于宁芜断陷盆地, 地质构造比较复杂。由于磁测受地面干扰如电线、房屋等影响较大, 在资料解释中容易存在干扰异常而造成判断上的错误, 而重磁存在纵向分辨率比较低、对浅部地质体的解

释精度不高等缺点, 浅部的密度不均匀体或磁性不均匀体对深部有意义的异常影响很大, 深部的地质体往往得不到很好的异常反应, 为了获取较为真实的地下地质-地球物理模型, 常采用联合反演的方法, 定性和定量解释相结合, 可有效限制反演问题的多解性, 对产生异常的地质体从空间上做出合理而正确的地质解释和推断。

1 地质及地球物理特征

1.1 地质概况

横溪-小丹阳示范区是长江中下游深部矿勘查方法技术示范找矿实践的示范区之一, 位于江苏省南京市西南郊, 在南京市与安徽省当涂县交接地区, 距南京市市区约35 km。区内主要为第四系覆盖, 局部有侏罗系上统龙王山组地层出露。区域内发育较多的地层有侏罗系的中下统象山群($J_{1-2}Xn$), 上统西横山组(J_3X)、龙王山组(J_3L)和大王山组(J_3d); 白垩系下统姑山组(K_1g)和上统娘娘山组(K_2n)、浦口组(K_2p)。

该区处于宁芜北东-北北东向构造岩浆带上, 主要受方山-南山断裂、方山-小丹阳断裂及其伴生的纵向断裂以及晚期的横向断裂控制^[5]。区内所见岩

收稿日期: 2013-01-23

基金项目: 中国地质调查项目: 长江中下游地区深部矿勘查方法技术示范(1212011120854)

作者简介: 黄宁(1983-), 女, 硕士, 助理工程师, 2009年毕业于石家庄经济学院矿产普查与勘探专业, 主要从事地球物理勘探方向的工作和研究, Email: wtgz2012@163.com。

浆岩主要为燕山早期闪长岩、闪长玢岩。区内的矿产以玢岩型铁矿和热液性铜矿为特色,主要矿床类型均属火山-次火山热液型矿床,矿化主要有磁铁矿化、镜铁矿化、黄铁矿化,与偏碱性、碱性火山活动有关^[6]。受区域构造裂隙或火山构造裂隙控制,矿床一般呈脉状沿构造破碎带或破火山口构造成群出现,陡倾斜产出,与围岩界线清楚,多属中低温热液充填型。

1.2 物性特征

通过收集整理前人物性资料,对该区采集标本进行实验室物性测定,获得了该区地层物性特征并列于表1。

从表中可见,各组地层的物性特征有较明显的差别。龙王山组火山岩系除了凝灰岩类的密度、磁性较低外,总体呈现为高密度、较高磁性、高电阻率和低极化率的特点。西横山组和象山群均为砂岩、砾岩、粉砂岩,以较低的密度、低磁性和低阻低极化率呈现。周冲村组因不同程度矿化、变质,岩性间差异较大。大理岩呈现高密度高阻、低磁低极化特点;含磁(赤)铁矿化层呈现高密度高磁和低阻高极化的特点。

1.3 区域重、磁特征

研究区区域重力场的场值、形态主要受印支期地质构造制约。重力高与重力低之间的重力梯级带则与控制凹陷盆地沉积的同生断裂密切相关。区域航磁具有低值、低缓和次级异常特征,位于重力高梯

度带附近或重力等值线的扭曲地段。异常区及其附近均是有利于成矿的岩体(闪长石英岩)、围岩(如象山群、西横山组及龙王山组)及其接触带。

2 重磁电联合反演

300剖面位于研究区东北部,沿北西47度方向垂直地质体走向布设,剖面总长3860 m。沿剖面方向表层为第四系覆盖,地势平坦,地质特征简单。

2.1 联合反演思路与方法

一般来讲,深部物质的密度、磁性异常带来的异常响应要非常小^[7],因此,重磁电的联合反演的主要作用是检验并修正其地质解释模型,获得地下较真实的地质-地球物理模型,以达到精细描述地质空间特征的目的^[8]。

具体步骤为:

(1)根据已获取的区域重磁面积性数据、CSAMT资料、地形地质资料、物性数据和其它已知资料建立起初始地质-地球物理模型,输入剖面所在的地磁场参数和剖面实际方位角,对模型体赋上物性参数(密度和有效磁化强度)。

(2)将建立的初始模型经计算所得的重磁异常剖面形态与实测重磁异常进行对比分析,优选、剥离反映主要目的层的异常区^[9],在地质、钻孔资料的约束下,对重磁反演的结果修正CSAMT异常的反演初始模型。

表1 横溪-小丹阳示范区地层物性统计表

Table 1 Material statistics of the Hengxi-xiaodanyang demonstration area

地层	岩性	密度 (10^3kg/m^3)	磁化率 (10^5SI)	剩磁强度 (10^{-3}A/M)	电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$)	极化率 (%)
龙王山组	角闪安山岩	2.776 ~ 2.892	1005 ~ 5 020	329 ~ 4730	6959 ~ 18763	1.26 ~ 9.37
	角砾安山岩	2.703 ~ 2.888	640 ~ 5260	125 ~ 7 120	1171 ~ 19911	0.15 ~ 12.1
	集块安山岩	2.721	250	217	16522	4.91
	安山质角砾熔岩	2.708	437.5	2180	18422	0.93
	角砾凝灰岩	2.585 ~ 2.801	7.57 ~ 2276	0.45 ~ 240	539 ~ 17838	0.2 ~ 3.43
	硅化凝灰岩	2.61 ~ 2.743	2.22 ~ 19	0.05 ~ 51	1084 ~ 17492	0.28 ~ 3.92
西横山组	砂岩	2.475 ~ 2.885	0.57 ~ 11.47	0.18 ~ 6.61	709 ~ 32300	0.59 ~ 2.51
	砾岩	2.698	2.15	4.34	4752	2.00
象山群	粉砂质泥岩	2.498	5.86	0.11	114.3	0.88
	粉砂岩、泥质粉砂岩	2.594 ~ 2.791	0.25 ~ 15	0.04 ~ 0.64	35 ~ 1709	0.18 ~ 5.77
	角砾岩(原岩粉砂岩)	2.497 ~ 2.94	0.31 ~ 9.28	0.11 ~ 0.17	752 ~ 1200	0.62 ~ 5.09
	砂砾岩	2.631 ~ 2.632	2.07 ~ 2.44	0.51 ~ 2.03	14788 ~ 15442	1.45 ~ 5.86
周冲村组	大理岩	2.810 ~ 2.967	0 ~ 10	0.02 ~ 0.36	3108 ~ 7559	0.50 ~ 0.70
	矿化角砾岩	2.791 ~ 3.461	5 ~ 24	0.47 ~ 2.85	3072 ~ 4681	0.45 ~ 0.82
	磁(赤)铁矿化层	3.491 ~ 3.529	399 ~ 408	4910 ~ 6010	1477 ~ 2212	3.27 ~ 19.02

注:测试单位为南京地质调查中心实验室

(3)以上步骤反复迭代,多次进行,通过可视化人机交互正反演,直至获得拟合度较高的正演曲线,此时,重磁异常正演曲线与实测曲线达到最佳拟合状态。该结果可作为最后推断地下未知场源体的赋存空间形状、埋深、产状和密度大小、磁化强度大小以及剖面构造形态的综合解释成果^[10]。

重磁电联合反演流程如图1所示。

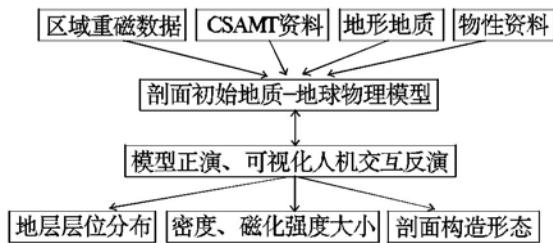


图1 联合反演流程图

Fig.1 The flow chart of joint inversion

2.2 初始地质-地球物理模型的建立

依据对以往地质资料的认识,在已知钻孔数据的约束下,对300剖面CSAMT法资料进行反演,电阻率反演断面图如图2所示。从图中可见,整个地层分为3层,上层为龙王山组,下层为西横山组,在剖面的124~134点段处,推测为闪长岩体。

利用反演电阻率资料确立了地质-地球物理模

型的地层分布和埋深,建立了初始地质-地球物理模型(图3)。

2.3 重磁电联合反演效果分析

横溪-小丹阳300高精度重、磁剖面曲线如图4所示,从图中可见,布格重力剖面图整体表现为中间高两边低的异常图,中部重力高,且为正值,两边重力低,为负值,局部异常极大值约为 $0.7 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,推断可能为有限延伸的球形密度不均匀体。对应重力高值区的磁测反应同为高值,“重磁同高”异常区是深部隐伏的高密度、强磁性中基性大岩体和密度稍高无磁性地层隆起的综合反映,称之为“侵入隆起”单元所引起的异常,是很有意义的指示铁成矿远景区的异常区。

将初始地质-地球物理模型和重磁剖面数据导入计算机,同时输入测区各个岩性的物性参数,发现重力剖面曲线与模型正演曲线形态大致吻合,而磁测数据则与模型有明显出入,在106~108点段和116~118点段,磁测表现为相对高值,与初始地质模型不符,推断下伏有岩体存在,为角闪闪长岩。在124~134点段,据CSAMT法电阻率反演断面图认为是闪长岩体,钻孔资料显示在630 m处打穿闪长岩体并见西横山组砂岩,因此,判断该区内龙王山组地层厚

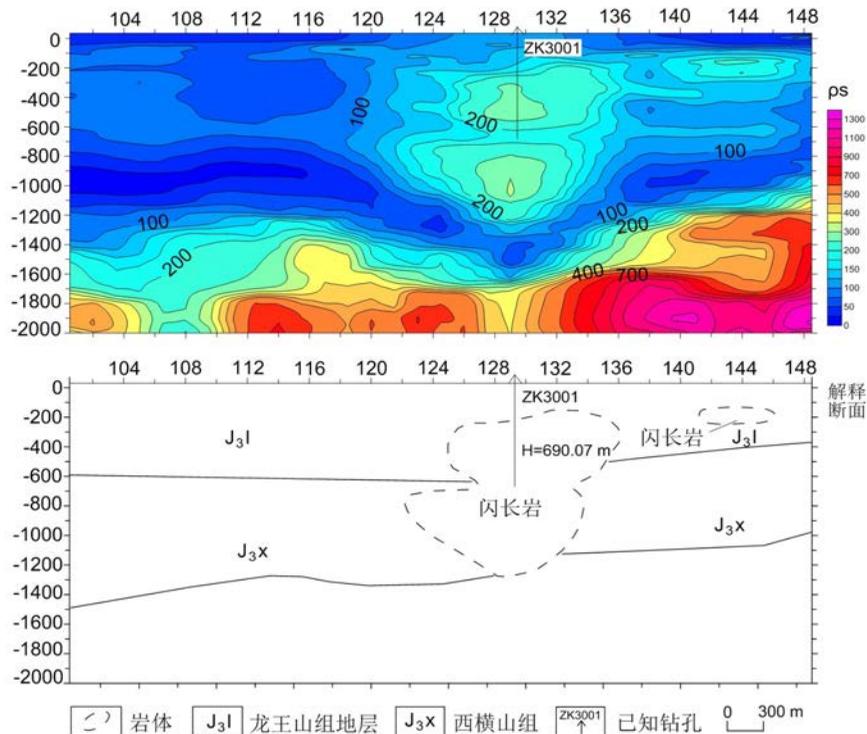


图2 300剖面CSAMT法电阻率及反演解释断面图

Fig.2 No.300 resistivity profile and inversion profile of CSAMT

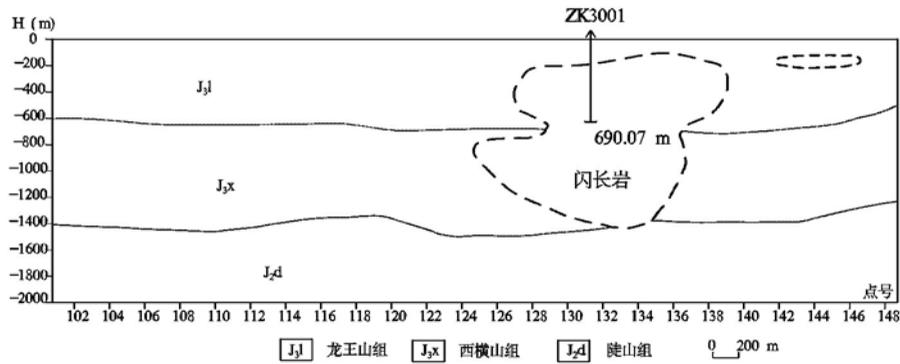


图3 300剖面初始地质-地球物理模型

Fig.3 Initial geologic geophysical model of the No. 300 profile

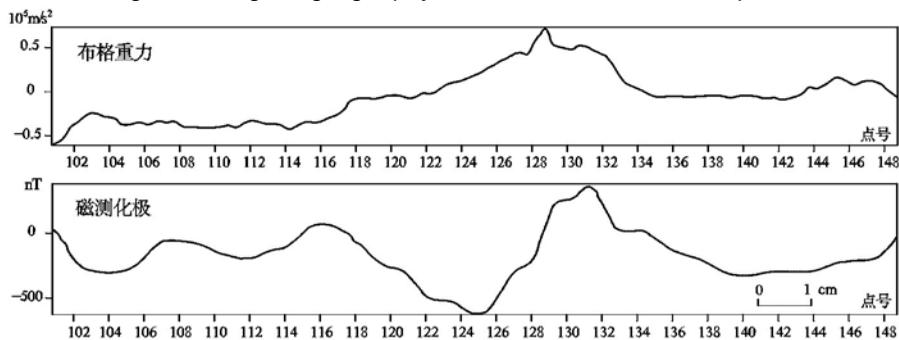


图4 300重、磁剖面曲线图

Fig.4 Gravity magnetic profile curve graph of the No. 300 profile

度约为600~700 m,且在测区东侧有减小的趋势。同时,按照物性数据表,在不超过其上下变化范围的原则下,适当调整模型体的密度和磁化强度。

通过反复修改物性参数,并不断调整模型体的形状、大小和位置等,获取了拟合程度较高的反演成果图,重力剖面计算曲线和实测曲线拟合均方差达1%。图5为修改后的地质-地球物理模型及通过重磁电联合反演后的成果图,吻合度较高。

2.4 综合反演的地质解释

通过重磁电联合反演,基本查明了地下地层的分布特征,各个地层分布的厚度以及密度、磁化强度的大小等。

综合分析重、磁、电曲线图,认为该区异常主要为铁矿(化)闪长岩体上侵的矿致异常,范围位于124~134点段,宽度约1 km。在钻孔处,剥去表层覆土即见闪长岩体,其出现的下界深度约为550~650 m,其

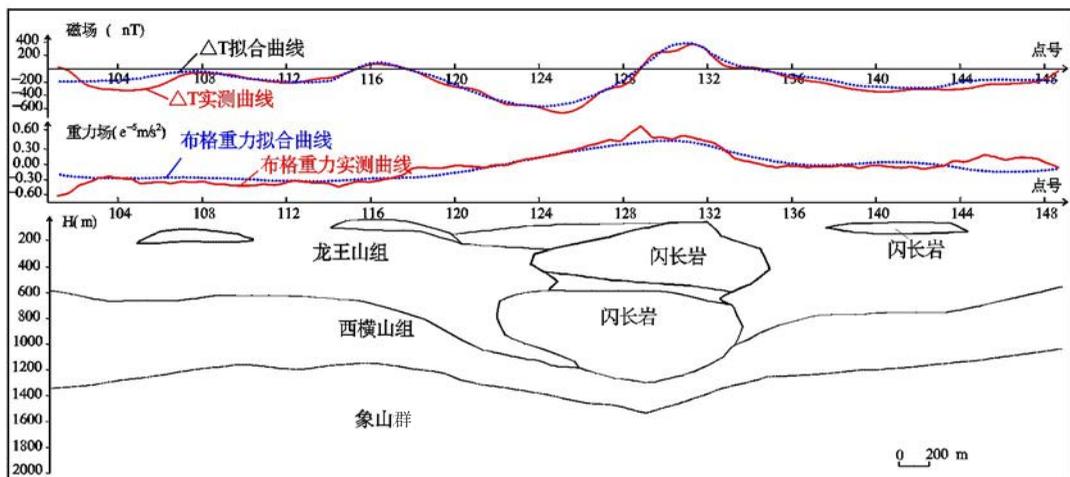


图5 重、磁异常剖面联合反演成果图

Fig.5 The joint-inversion result of gravity magnetic anomaly profile

下为西横山组砂岩、砂砾岩,下界深度大约在1000~1300 m,随后为象山群砂岩,下界深度不详。

3 结论及建议

通过对横溪-小丹阳示范区实测重力、磁法和电法剖面的重磁电联合反演研究,修正了地质模型认识中存在的差异,对获得正确的地质认识提供了帮助。

在重磁异常不能清晰揭示深部地质体信息时,可通过钻孔约束或电法反演结果等其它地球物理勘探方法作为辅助手段判定地下地质模型的岩性、深度、位置等提高解释的准确度^[11]。

综合各种地球物理勘探方法的应用,发挥各自的优势,相互验证,相互补充,减少反演问题的多解性,是现今公认的有效技术手段^[12]。重、磁、电联合反演的过程是一个地质模型不断被修改拟合的过程,其对于认识剖面构造、岩体范围的圈定,以及全区的地质界面的深度研究^[13],具有一定的帮助。同时,联合反演方法可在检验面积性资料解释结果是否存在问题和区域地质研究中发挥着重要作用。

参考文献:

[1]申安斌,刘建利,陈小龙.重磁电联合反演在银-额盆地勘

探中的应用[J].陕西地质.2012,30(1):41-47.

[2]曾华霖.重磁勘探反演问题研究评述[J].物探与化探.1990,14(3):182-189.

[3]安玉林,陈玉东,黄金明.重磁勘探正反演理论方法研究的新进展[J].地学前缘.2003,10(1):141-149.

[4]罗孝宽,郭绍雍.应用地球物理学教程[M].北京:地质出版社,1991.

[5]陆启行,陈永达.长江中下游地区深部地球物理调查成果及对地质构造与成矿预测的新认识[J].物探与化探.1993,17(5):321-330.

[6]刘湘培,常印佛,吴言昌.论长江中下游地区成矿条件和成矿规律[J].地质学报.1988,62(2):167-177.

[7]阎汉杰.重磁联合反演电震界面的统计建模技术[J].油气地球物理.2003,(1):22-27.

[8]汪在君,唐金生,郑桂英.重磁-地震联合反演解释技术在大杨树盆地深层构造研究中的应用[J].中国石油勘探.2007,(1):54-59.

[9]杨金玉,吴志强,姚长利.2.5维重磁震联合反演在南黄海地质研究中的应用[J].海洋地质动态.2008,24(8):33-38.

[10]杨辉.综合地球物理反演综述[J].地球物理学进展.2002,17(2):262-271.

[11]骆遥,姚长利,薛典军,等.2.5D地质体重磁异常无解析奇点正演计算研究[J].石油地球物理勘探.2009,44(4):487-494.

[12]邓荣来,李庆浩,等.重磁联合反演及重磁与MT综合解释巴彦浩特盆地火成岩[J].石油物探.2004,41(2):222-225.

[13]陈洁,温宁,陈邦彦.重磁电震联合反演研究进展与展望[J].地球物理学进展.2007,5(22):1427-1438.

Application of Integrated Geophysical Inversion Methods in Hengxi-xiaodanyang Demonstration Area

HUANG Ning¹, LIU Guo-hui², LIU Yi¹

(1. Nanjing Center of China Geological Survey, Nanjing, 210016, China; 2. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang, 050031, China)

Abstract: Based on the regional gravity-magnetic and topographic data of Nanjing Hengxi-xiaodanyang demonstration area, integrate physical properties, an initial geologic geophysical model is established. In the constraint of geology and drilling data, using gravity magnetic resistivity data processing and inversion software system, we did the integrated geophysical joint-inversion for a typical gravity magnetic electrical line data of the area. By continually modify the geologic geophysical model, made the gravity magnetic forward data and measured data to achieve the best fitting condition. The results show that, by using multiple mutual authentication and comprehensive interpretation of geophysical exploration methods, it is very essential to carry out joint-inversion of geological anomalous body. It can effectively improve the interpretation accuracy of gravity magnetic.

Key words: gravity magnetic resistivity; joint-inversion; geophysical prospecting; geological prospecting