

# 电磁测深与地面磁测数据联合解释

孙中任<sup>1</sup>, 王丽娜<sup>2</sup>, 赵雪娟<sup>1</sup>

(1. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110033; 2. 黑龙江省地球物理勘察院, 黑龙江 哈尔滨 150036)

**摘要:** 一直以来,对重磁电联合反演的探索不多。试以电磁测深的资料为依据,设计出地质体的地质特征,改变地质体的磁参量以拟合磁测数据,开展电磁测深与地面磁测数据联合解释,求取地质体磁参数,从而达到定性解释地质体岩性的工作目的。

**关键词:** 电磁测深;地面磁测;磁电联合反演;定性解释

**中图分类号:** P631.3      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2009)06-0704-03

在电子计算技术高速发展的今天,利用计算机联合正反演的方法越来越多。最早开展的是重磁联合反演,而后才有了重磁震联合反演。可以说,这些联合反演的出现,大大增加了正、反演的约束条件,从而使计算结果更接近于实际。因为工作关系,笔者在同一剖面实施了电磁测深和地面高精度磁测,尝试利用电磁测深的反演结果,去修正磁测数据的正演拟合,取得了较为理想的结果。

## 1 地质地球物理概况

研究区东临黄海,西濒渤海湾,属于华北地台区。出露地层有:太古宇表壳岩组合、古元古界辽河群和中元古界榆树砬子岩组(石英砂岩夹片岩、千枚岩等)、新元古界青白口系(页岩、石英砂岩、粉砂岩、千枚岩等)、震旦系(石英砂岩、页岩、粉屑灰岩等)、古生界寒武系(灰色砂岩、页岩等)、奥陶系(灰岩夹白云岩、角砾状灰岩、角砾状白云岩、灰色含燧石结核灰岩及黄绿色页岩等)、石炭系(陆相砂岩、页岩、煤等)、中生界侏罗系—白垩系(中、酸性熔岩、火山碎屑岩、细砂岩、粉砂岩、中粗粒砂岩、泥岩、煤层),以及新生界第四系。

侵入岩按其时代可分为古元古代、中元古代、三叠纪、侏罗纪和白垩纪,其中三叠纪是区内岩浆侵入活跃期,岩体规模大、分布广,构成区内侵入岩的主体,其岩性以似斑状二长花岗岩为主,次为细粒二长花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩等。

研究区区域地质构造复杂,断裂构造发育,主要有近东西向、北东向—北北东向、北西—北西西向 3 组,其中以北东向—北北东向最为发育。主要活动

性断裂为郯-庐断裂,它有 3 个特点:一是沿断裂带有强烈的岩浆活动,说明断裂切割得较深,二是它对新生代的沉积有明显的控制作用,渤中凹陷新生界厚度可达 9.5 km,下辽河断裂为 6~7 km;三是该带是一个地震活动带。

区域重力场总的特点是负异常强度大,多为  $(-30 \sim -50) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ,局部异常区多,形态复杂,方向多变,重力异常在北东方向上成带,南北方向上分区。区域磁场的强度不大,基本上是负磁场,在大面积负磁场背景上零星分布一些呈北东向延伸的正磁场,幅值可达 100~200 nT。研究区常见岩性的磁化率见表 1。

表 1 研究区常见岩性的地球物理参数

岩性	岩石名称	$\kappa/(4\pi \times 10^{-6} \text{ SI})$	$\kappa/\text{SI}$	$M_r/(10^{-3} \text{ A/m})$
侵入岩	花岗岩	315	0.004	354
	闪长岩	4760	1786	0.060
	花岗闪长岩	2347	783	0.030
	斜长岩	245	0.003	76
沉积岩	砾岩	124	0.0015	<40
	砂岩	241	<40	0.003
	页岩	<50	<40	0.0005
	泥岩	<50	0.0005	<40

## 2 工作方法

本次研究目的是在郯-庐断裂一支上布置电磁地球物理剖面,试图横跨断裂,以用研究剖面位置的断裂浅部产状、宽度,断裂两侧的错动情况,以及断裂内基岩隐伏情况。

剖面长 15 870 m,剖面方向 NEE。测量方法为 MT 和高精度磁测,测量仪器分别为 EH4 和 G858。MT 平均点距 453 m,高精度磁测平均点位 152.6 m。

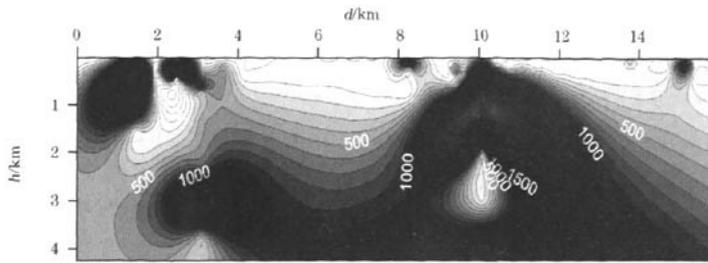


图1 MT原始数据快速松弛反演

野外由 GPS 实施定点,在 MT 测点保证 EH4、G858 同点位,其他磁测点采用人工加密,实时定点。

高精度磁测资料分别进行了日变改正、高度改正、纬度改正和总基点改正。MT 资料除了数据点筛选和静态校正等常规数据整理以外,还进行了快速松弛反演。图 1 为 MT 原始数据剖面平面。

从 MT 反演的结果看,尽管剖面在布设的时候比较充分地考虑到了断裂表现的可能最大宽度,但是实际断裂的宽度还是远远大于剖面的长度。从断

面图上无法推断出断裂的实际宽度和倾向,但可以看到沿断裂构造侵入的岩体的形状、宽度、倾向等等地质要素。

以电磁测深的反演结果为依据,以 1 000 Ω · m 等值线为参考线,设计了 7 个地质模型。因为整个剖面没有延出断裂界外,因此整个断面磁背景设计磁化率为零(泥岩)。利用 ModelVision Pro 8.0 软件,允许改变模型的磁化率和走向,最终得到 7 个地质模型磁化率(图 2)。

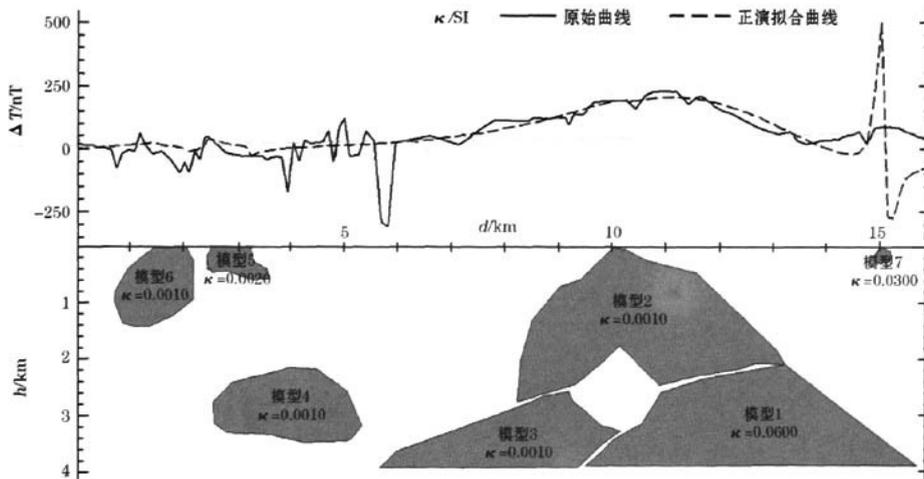


图2 磁测数据正演拟合结果

模型 1 的磁化率 0.06 ( $4\ 760 \times 4\pi \times 10^{-6}$  SI) 达到闪长岩强度,推断为闪长岩岩体。模型 7 的磁化率为 0.03 ( $2\ 347 \times 4\pi \times 10^{-6}$  SI),是花岗岩(或花岗闪长岩)的磁性强度,其余皆为砂岩或砾岩的磁化率强度。其他模型均为砂砾岩的磁性级别,不排除其为侵入岩体的捕虏体。从趋势上看,模型 2~6 都位于模型 1 的倾向上方,显然与模型 1 有直接关系。

从正演拟合的结果看:①在以电磁测深结果为依据划出的地质体拟合的磁测数据曲线整体吻合很好;②电磁测深的反演得到的地质体是客观存在的;③原来电磁测深反演的看似单一的地质体实际上不

是简单的个体,是较为复杂的地质组合(联合解释以后,再回过头仔细观察电磁测深资料就会发现这种将原来认为是一体的地质体“分解”是合理的);④从联合解释的结果可以看到闪长岩体是后期侵入的,而在侵入体的上顶发育了与侵入体相关的岩体;⑤侵入体的倾向明显,倾角明确,从而可以推断出该断裂的大致倾向。

### 3 值得讨论的几个问题

(1)电磁测深资料与磁测数据联合解释过去使用者不多。尽管从地球物理角度看是可行的,但实

际应用后会取得什么样的效果还有待人们有更多的试验和更多地探索。

(2) 磁场感应的是无穷空间,也就是说磁测测得的磁异常数据是整个地下(包括地面以上的未剔除掉的干扰)所有的磁异常的总和,而电磁测深测得的是其有限深度内的电性特征。这样以有限深度内的异常体磁异常去拟合无穷空间感应的磁异常是否合适也值得讨论。实际上这与过去单纯的磁异常正演拟合所面临的问题是一样的。也可以这样说,正演拟合磁异常是否合适,以多深的模型断面去拟合磁异常合适,这一直值得讨论。

(3) 电磁测深的数据是实测的,不能否认这是三维的感应电磁场。以三维的结果去修正二维(包括二度半)的磁模型,显然有其牵强的一面。

(4) 电磁测深数据在其反演过程中由于理论、方法、计算等因素带来了不少的误差,这种误差势必加到正演计算过程中,怎样减少,或缩小这种误差是值得探讨的。

(5) 电磁测深反演的电性断面图的异常是连续的。按理论,地质体模型重构应以电性梯级带的特征为参考线。但是,这种梯级带往往是不封闭和不规律的,也就是说很难使用电性等值线梯级带来描绘地质体,因此笔者这次使用的是某一特定等值线

作为地质体模型重构的参考线。这种做法对与不对,好与不好还值得探讨。

通过这次有益的尝试,取得了较为理想的结果。一方面笔者认为这种尝试是带有一定的创新和探索性,另一方面重磁正演拟合最大的问题就是地质体的规模、埋深、形状、和其物理性质在物理场特征问题上互补的。电磁测深资料与磁测数据联合解释就限制了模型的规模、埋深、形状、产状,而相对唯一可变模型参数就是模型的物理性质,这就解决了“互补”问题,从而使物性问题成为唯一未知参量,使命题解成为唯一。

参考文献:

- [1] 孙中任,金鑫,高飞,等. 辽宁省海岸带区域地壳稳定性调查研究地球物理勘察报告[R]. 沈阳地质矿产研究所,2007.
- [2] 张立敏,蒋宏耀. 地球物理学的一个新的领域——环境地球物理探测[C]//中国地球物理学会地球物理综合学术讨论会论文摘要集. 中国地球物理学会,1989.
- [3] 蒋宏耀,张立敏. 考古地球物理学[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [4] 张梁,张业成,罗元华,等. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [5] 孙中任,金鑫,蔡贺,等. 从工作实践浅谈地球物理勘查[J]. 地质与资源,2007,16(2).

## JOINT INTERPRETATION OF ELECTROMAGNETIC SOUNDING AND SURFACE MAGNETIC SURVEY DATA

SUN Zhong-ren<sup>1</sup>, WANG Li-na<sup>2</sup>, ZHAO Xu-juan<sup>1</sup>

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China; 2. Heilongjiang Academy of Geophysical Exploration, Harbin 150036, China)

**Abstract:** The study of gravity-magnetic-electric joint inversion has been very insufficient. Based on electromagnetic sounding data, the authors designed the geological characteristics of the geological body, changed magnetic parameters of the geological body to fit the magnetic survey data, and carried out joint interpretation of electromagnetic sounding and surface magnetic survey data to figure out the magnetic parameters of the geological body. In this way, the aim of the qualitative interpretation of the lithologic character of the geological body can be attained.

**Key words:** electromagnetic sounding; surface magnetic survey; magnetic-electric joint inversion; qualitative interpretation

作者简介: 孙中任(1963 - ),男,博士,教授级高级工程师,现主要从事地质勘查工作中物化遥的应用研究工作。