

# 重磁异常分离方法技术的进展

邢怡<sup>1)</sup>, 姚长利<sup>2)</sup>, 滕菲<sup>1)</sup>

1) 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津, 300170; 2) 中国地质大学(北京), 北京, 100083

在重磁勘探中数据处理是重要环节之一,也是进行反演解释的基础和前提。将各种异常源产生的异常从观测到的实际数据中分离出来,是重磁资料解释获得良好地质效果的一条重要途径。因此,对重磁异常分离方法技术进行研究,具有理论意义和实用价值。

多年来国内外对此进行了大量的研究,提出了许多种处理方法,直到最近还有人在拟文发表这方面的研究成果。总的来说,处理方法分为两大类:一类是空间域滤波;另一类是频率域滤波。

## 1 空间域滤波

### 1.1 最小二乘法

最小二乘法是将重磁数据中的区域场看作是按照线性关系变化的,即  $\bar{g}(x) = a_0 + a_1x$ , 根据使公式的偏差平方和为最小的假设条件,求出  $a_0$  和  $a_1$ , 得到区域场(罗孝宽等, 1991)。

最小二乘法速度快、算法简单易实现,还可使用多点高次曲线,但是对于多数据、复杂的高次曲线,一般很少使用此方法。

### 1.2 统计分析法

统计分析法是利用区域场和局部场的性质差别进行区分的。在一定的范围内区域场的变化可以看成是线性的,局部场则可看成是随机扰动。统计分析法主要是平均场法,应用比较广的是圆周平均法和网格平均法,两者区别在于前者按圆周上的场值求平均,圆周内点的场值不参加计算;后者是利用网格内所有点的场值求平均,在实际计算中往往仅取网格节点上的场值计算平均。圆周法效果的好坏取决于半径的大小,常常用实验的方法来确定它的最佳半径。网格法则需要按压制的局部异常范围大小来选择窗口的大小。需要特别指出,此类方法

在应用中会带来“虚假异常”的问题,需要进行校正处理。

### 1.3 趋势分析法

趋势分析法是选用一个  $n$  阶的多项式来描述整个测区的区域场。与前面介绍的最小二乘法原理是一样的,其区别在于趋势分析法利用全区测点上的数据,而最小二乘法只利用计算点附近的一个区间内若干个测点的数据;其次,趋势分析法坐标原点是固定的,因而所有待定系数均应求出,才能获得各测点上的趋势值。而最小二乘法原点是滑动的,即逐点计算。

利用趋势分析法应注意:①效果好坏取决于所选数学模型与实际区域场的逼近程度,因此要经常做试验选取最能代表区域场和局部场的阶次。当测区范围较大,地质情况比较复杂时,一般不易应用此法。②多项式阶次的选择,原则上应视区域场的复杂程度来定。阶次太高,会造成趋势值受局部场的影响较大,同时也使趋势面畸变。因为阶次增加时,方程组解的误差会急剧增加。一般选用 2~3 阶即可,较复杂地区也只取 4~5 阶。③利用趋势分析法求得的区域场存在边界效应明显。此外,其也同样会出现“虚假异常”问题。

### 1.4 插值法

插值法的实质是根据不受局部场干扰或干扰很小的测点(称为插值节点),构造一个插值函数,然后用这个函数来计算受干扰地段的区域场值  $R(x, y)$ (程方道等, 1987)。实测值  $G(x, y)$  与求得的区域场值的差,即为局部场值  $L(x, y)$ 。

插值函数的种类很多,近年来提出的切割插值法具有畸变小、划分精度高、处理速度快的优点,被研究应用较多(文白红等, 1990; 段本春等, 1999; 邢怡等, 2014)。

注:本文为中国地质调查项目(编号 1212011120915)资助的成果。

收稿日期: 2015-02-01; 改回日期: 2015-02-10; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 邢怡, 女, 1983 年生。硕士, 工程师, 地球物理与信息技术专业。Email: xingyi\_83@sohu.com。

## 1.5 相关法

根据 Zhdanov 和 Shraibman 提出的地球物理资料分离与解释的相关法, 直接利用若干已知测点的基岩深度(如: 由钻井资料获得)信息, 根据最大化已知测点基岩深度和局部场的互相关原则分离出基岩局部场(郭良辉等, 2008)。

## 2 频率域滤波

从频谱分析来看, 区域场与局部场的频率成分是不同的。区域场以低频为主, 局部场则频率较高, 提取不同频段就可以完成异常分离。主要有维纳滤波(R.S.Pawlowski 等, 1990)、匹配滤波(张凤旭等, 2006; 刘青松等, 1996)、小波逼近(陈励等, 2001; 李健等, 2001)、方向滤波、最佳线性滤波和多尺度小波变换(汪海洪等, 2009)等方法将其实现。

### 2.1 匹配滤波法

基于傅里叶变换频谱的匹配滤波法源于线性滤波。在所有线性滤波的方法中, 匹配滤波法输出的信噪比最高, 因此这种滤波方法在很多工程问题中都有重要的应用。

由于重磁位场信号为全频段信号, 它的功率谱和振幅谱可以表示成指数形式, 所以其对数径向平均功率谱或振幅谱可以用不同斜率的直线拟合。用匹配滤波法分离重磁场信号频谱, 就是根据具有一定尺度的块体模型推导出来的。一般情况下考虑影响信号频率分布的主要因素是深度, 拟合直线的斜率与其等效层的深度相关, 因此匹配滤波法主要用来分离垂向叠加场。

匹配滤波法在推导过程中必须简化模型、忽略尺度的影响。在条件满足时这种简化是合理的, 即影响位场信号频率分布的因素是异常源的深度和尺度, 并且深度的影响为主。但是如果地质条件复杂, 用匹配滤波法就不足以达到分离异常的目的。

### 2.2 基于模型的分离滤波法

此方法是由 Pilkington 等提出的, 它不依赖于功率谱信息, 而基于模型(Pilkington 等, 2006)。只要通过地震解释等手段估计出源的平均分布深度, 就可以由已知的不规则分布的源合成出总的模型异常。

此法的滤波算子不仅取决于模型异常与各层真实异常的接近程度, 而且还和实际资料的功率谱特征, 尤其是各层间的频谱叠合情况有关。如果层间距较小或各层异常的振幅相近, 导致谱的重叠较

严重, 分离滤波就难以进行有效的分离。

### 2.3 正则化滤波法

正则化滤波法属于一种低通滤波, 其有效地克服了求复傅里叶级数和时算法的不稳定性, 并将其推导到复二维空间, 以便稳定求解复傅里叶级数和, 得到函数的稳定近似值(管志宁等, 1991)。

此法滤波因子简单连续、光滑度高, 对分离重磁异常具有理想低通滤波特性和较强适应能力。

## 3 结语

尽管现有的分离技术存在一些不足, 如: 没有考虑重磁场的空间结构特性、没有利用已知的地质或地球物理信息。但随着科技的不断发展与进步, 重磁异常分离方法一定会有所突破, 为地质找矿做出贡献。希望本文对此也具有一定的启发意义。

### 参 考 文 献 / References

- Pilkington M, Cowan D.R. 2006. Model-based separation filtering of magnetic data. *Geophysics*, 71(2): 17~23.
- R.S.Pawlowski, R.O.Hansen. 1990. Gravity anomaly separation by Wiener filtering. *Geophysics*, 55(5): 539~548.
- 陈励, 张华. 2001. 最佳空间线性预测的小波实现方法及应用. *云南师范大学学报*, 21(3): 1~4.
- 程方道, 刘东甲, 姚汝信. 1987. 划分重力区域场与局部场的研究. *物化探计算技术*, 9(1): 1~9.
- 段本春, 范典高. 1999. 利用插值切割法研究磁性基底局部起伏特征. *石油物探*, 38(4): 89~95.
- 管志宁, 安玉林. 1991. 区域磁异常定量解释. 北京: 地质出版社, 22~35.
- 郭良辉, 孟小红, 石磊, 张国利. 2008. 重力异常分离的相关法. *地球物理学进展*, 23(5): 1425~1430.
- 李健, 周云轩, 许惠平. 2001. 重力场数据处理中小波母函数的选择. *物探与化探*, 25(6): 410~417.
- 刘青松, 王宝仁. 1996. 应用多次匹配滤波技术进行垂向位场分离. *物化探计算技术*, 18(4): 279~286.
- 罗孝宽, 郭绍雍. 1991. 应用地球物理教程—重力磁法. 北京: 地质出版社, 126~128.
- 汪海洪, 宁津生, 罗志才, 罗佳. 2009. 基于多尺度边缘的重力异常分离方法. *武汉大学学报·信息科学版*, 34(1): 109~112.
- 文白红, 程方道. 1990. 用于划分磁异常的新方法—插值切割法. *中南矿冶学院学报*, 21(3): 229~235.
- 邢怡, 滕菲, 张国利. 2014. 利用插值切割法研究重力区域场与局部场的分离. *地质调查与研究*, 37(3): 193~196.
- 张凤旭, 张凤琴, 刘 财, 孟令顺. 2006. 基于余弦变换的匹配滤波方法分离重磁异常. *石油地球物理勘探*, 41(2): 216~220, 225.