

DOI:10.11720/wtyht.2014.3.20
刘彩云,姚长利.连续小波变换识别位场场源法的噪声影响分析与尺度因子的选择[J].物探与化探,2014,38(3):527-533.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.3.20>
Liu Caiyun, Yao Changli.An analysis of noise effect on the identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform method and the choice of the scaling factor[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2014,38(3):527-533.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.3.20>

连续小波变换识别位场场源法的噪声影响分析与尺度因子的选择

刘彩云^{1,2},姚长利¹

(1.中国地质大学 地球物理与信息技术学院,北京 100083;2.长江大学 一年级工作部,湖北 荆州 434023)

摘 要:为提高连续小波变换识别位场场源准确度,研究噪声对场源识别结果的影响和尺度因子优选方法问题。根据连续小波变换识别位场场源的基本原理,用该方法对不同噪声水平的合成数据进行场源识别,分析噪声对于场源识别结果的影响,研究小波变换的尺度因子对噪声压制的效果,讨论连续小波变换进行场源识别时尺度因子的选取方法。理论模型和实测资料场源识别结果表明,噪声会降低连续小波变换场源识别结果的准确度,笔者提出的尺度因子优选方法能有效压制噪声干扰,提高场源识别结果的准确度。
关键词:连续小波变换;位场转换;场源识别;噪声压制;尺度因子选择
中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2014)03-0527-07

重磁勘探方法是一种成熟的勘探手段,被广泛应用于油气勘探、金属矿勘察等领域^[1-2]。场源识别(利用自动反演方法推断场源边界、深度、产状和规模)是重磁资料定量解释的重要任务之一。传统的场源识别方法主要包括解析信号法^[3]、欧拉反褶积法^[4]和场源参数成像(SPI)^[5]等。二维磁异常的解析信号法具有不受磁化方向干扰的优点,但存在三维解析信号受磁化方向的干扰和需要事先知道场源构造指数的局限^[3,6-7]。改进的解析信号法能同时计算深度和构造指数^{8]},但由于需要计算三阶甚至更高阶导数,存在对噪声干扰敏感的缺点^[7];欧拉反褶积具有不需要更多的先验信息,不受磁化方向影响等优点,但存在识别结果依赖于人工选择的构造指数的缺点^[4]。改进的 Tilt-Euler 方法,虽然避免了构造指数的选取问题,但仍然存在发散解的问题^[9],需要进一步研究有效措施压制和消除发散的欧拉解,提高场源参数解的稳定性和收敛性^[4,10]。场源参数成像也称为局部波数法,是近几年应用较为广泛的一种自动反演方法,经典的局部波数法的反演精度取决于人工选取的构造指数与真实形状的近似程度^[7],改进的局部波数法^[11-12]能同时反演深

度和构造指数,但由于需要计算异常的二阶甚至更高阶导数,会明显增大噪声的干扰^[7]。
与傅立叶变换方法比较,连续小波变换(continuous wavelete transform, CWT)方法同时具有空间和波数域分辨率,可进行定位滤波、软阈值滤波,有针对性地去除噪声^[13]。1997 年 Moreau 首次将 CWT 引入位场自动反演领域,用于计算场源的深度、水平位置和构造指数^[14],但该方法只适用于识别点源、线源等简单的齐次场源^[15]。为此,诸多学者提出改进措施,使之能识别更复杂形态场源。Sailhac 提出复小波变换,用于从磁异常中提取断层和岩墙的倾角^[16];陈玉东推导了板状体场源重力场的小波变换系数解析式,并用复小波方法确定场源的倾角^[17];Sailhac^[18]、Boukerbout^[19]分别采用 CWT 多极近似方法和 CWT 层析成像方法识别三维有限大小的场源;Boukerbout 结合 CWT 与 Radon 变换方法,同时识别场源的深度、水平位置、走向方向和构造指数^[20]。以上的研究均围绕改进的 CWT 自动反演方法用于复杂场源识别方面展开,而在抗噪性能和尺度因子选择方面研究较少^[21]。
CWT 识别场源方法中,需要人为指定尺度因子

的范围,尺度因子对于噪声压制和场源识别准确性影响明显。现有的文献^[15,21]仅定性指出随着尺度因子的增大,噪声的衰减速度快于信号的衰减,因而该方法具有很好的抗噪声能力;但过大的尺度因子会导致压制噪声的同时,信号严重衰减,会使识别结果误差增大。在定量自动优选尺度因子范围方面,目前尚未见文献报道。为此,笔者基于位场数据小波变换与位场延拓的关系,分析噪声对 CWT 场源识别结果的影响,研究尺度因子对噪声的压制效果,最后提出一种最佳尺度因子范围的优选方法并验证该优选方法的有效性。

1 连续小波变换识别位场场源方法

在二维位场问题中,观测数据为 $\varphi_0(x)$, $x \in R$, 连续小波变换定义为

$$W_{g|\varphi_0}(b,a) \equiv \int_R \frac{1}{a} g\left(\frac{b-x}{a}\right) \varphi_0(x) dx = (D_a g * \varphi_0)(b) \quad (1)$$

卷积形式^[15],其中, $g(x)$, $x \in R$ 是母小波函数(分析小波); $a \geq 0$ 是尺度(膨胀)因子,尺度算子 D_a 定义为^[15]

$$D_a g(x) \equiv \frac{1}{a} g\left(\frac{x}{a}\right). \quad (2)$$

阶数为 α 的齐次函数 $\varphi_0(x)$, 满足

$$\varphi_0(\lambda x) = \lambda^\alpha \varphi_0(x), \forall \lambda > 0 \quad (3)$$

齐次性条件^[15]。

对于位于 $x=0, z=z_0$ 的齐次场源,对应地表的观测数据为 $\varphi_0(x) = \varphi_0(x, z=0)$, 在上半空间 ($a=-z > 0$) 中地表观测数据 $\varphi_0(x) = \varphi_0(x, z=0)$ 的小波变换系数满足

$$W_{g|\varphi(x,z=0)}(x,a) = \left(\frac{a}{a'}\right)^k \left(\frac{a'+z_0}{a+z_0}\right)^\beta W_{g|\varphi(x,z=0)}\left(x \frac{a'+z_0}{a+z_0}, a'\right) \quad (4)$$

双尺度关系^[15],其中, $\beta=k-\alpha-2$, α 为场源齐次阶数, k 为母小波(分析小波)的阶数;式(4)左边的位置和尺度因子分别为 x, a , 右边的位置和尺度因子分别为 $x(a'+z_0)/(a+z_0), a'$ 。式(4)在 (x, a) 平面定义了满足 $x/(a+z_0)$ 为某一数值的一组直线,这些直线相交于下半空间中的 $(0, -z_0)$ 点。从几何意义上看,小波变换的系数呈现出一组圆锥形结构,圆锥的顶就是场源所在的位置。

由公式(4)可知,连续小波变换系数的极大值线的交点就是场源位置(点源或水平线源等齐次场源中心点的水平位置和埋深),通过选取两条能量

最强的小波系数极值线,求其交点,确定场源位置,在确定场源深度后,根据极大值线上小波系数的衰减关系,可计算出结构指数 N 。

2 噪声对场源识别结果的影响

以理论模型 1 的磁异常数据为例,说明连续小波变换识别场源的方法。理论模型 1 的截面半径为 60 m,埋深 110 m 的无限长水平圆柱体,水平位置 = 1 000 m,有效磁化强度 1 A/m,有效磁化强度倾角 $i_s = 90^\circ$,地磁场倾角 $I_0 = 90^\circ$,有效倾角 $i_{s0} = 90^\circ$,观测数据采用 CWT 方法进行场源识别,结果如图 1 所示。其中,图 1a 为理论模型对应的地表观测数据(无噪声);图 1b 上半空间 ($a > 0$) 部分是观测数据在尺度因子为 $a = [1, 80]$ 时的 CWT 系数实部等值图,不同颜色代表不同的系数值,图中可看出有四条小波系数极值线,选取其中能量最强的两条极值线 ($B00, E01$),极值线在下半空间 ($a < 0$) 中的交点就是估计的场源位置;图 1c 是沿着极值线 $B00$,尺度因子 a 和小波系数 $W(a)$ 的关系;图 1d 是估计出场源深度 z_0 后, $\lg(a+z_0)$ 与 $\lg(|W(a_0)|/a)$ 的关系。从图 1d 可以看出,当正确估计出场源深度 z_0 后, $\lg(a+z_0)$ 与 $\lg(|W(a_0)|/a)$ 之间呈线性关系,由该直线的斜率 ($-\beta$) 可计算出构造指数 $\alpha = \beta - k + 2$ 。

实际观测数据不可避免地会含有噪声,有必要分析噪声对于 CWT 场源识别结果的影响,客观评价 CWT 识别场源方法的抗噪声能力。

采用理论模型,选用最常见的泊松核的一阶水平导数作为母小波函数,分别在无噪声,叠加 5%、10%、15%、20% 噪声的情况下,进行 CWT 场源识别实验小波变换的尺度因子范围设成 3~80,场源识别结果整理后如表 1 所示。

从表 1 所示场源识别结果来看,总体而言,噪声水平对于平面位置识别结果影响较小,而对于埋深识别结果影响较大。在噪声水平增大到 20% 的情况下,水平位置和埋深的相对误差分别为 0.56% 和 16.89%,仍然具有较高的准确度,说明连续小波变换识别场源方法具有较强的抗噪声能力。

进一步分析可以发现:随着噪声水平的增大,水平位置识别误差逐步增大,与噪声水平之间呈很好的线性增长关系;埋深识别结果在噪声较小时,相对误差较小 ($< 0.54\%$);当噪声增大到某种程度后(例如 $\geq 10\%$),埋深识别结果相对误差陡然增大,随着噪声进一步增大,相对误差呈线性关系缓慢增长。埋深识别结果相对误差的在噪声水平从 5% 到 10% 时出现阶跃现象,表明 CWT 场源识别方法能虽然有

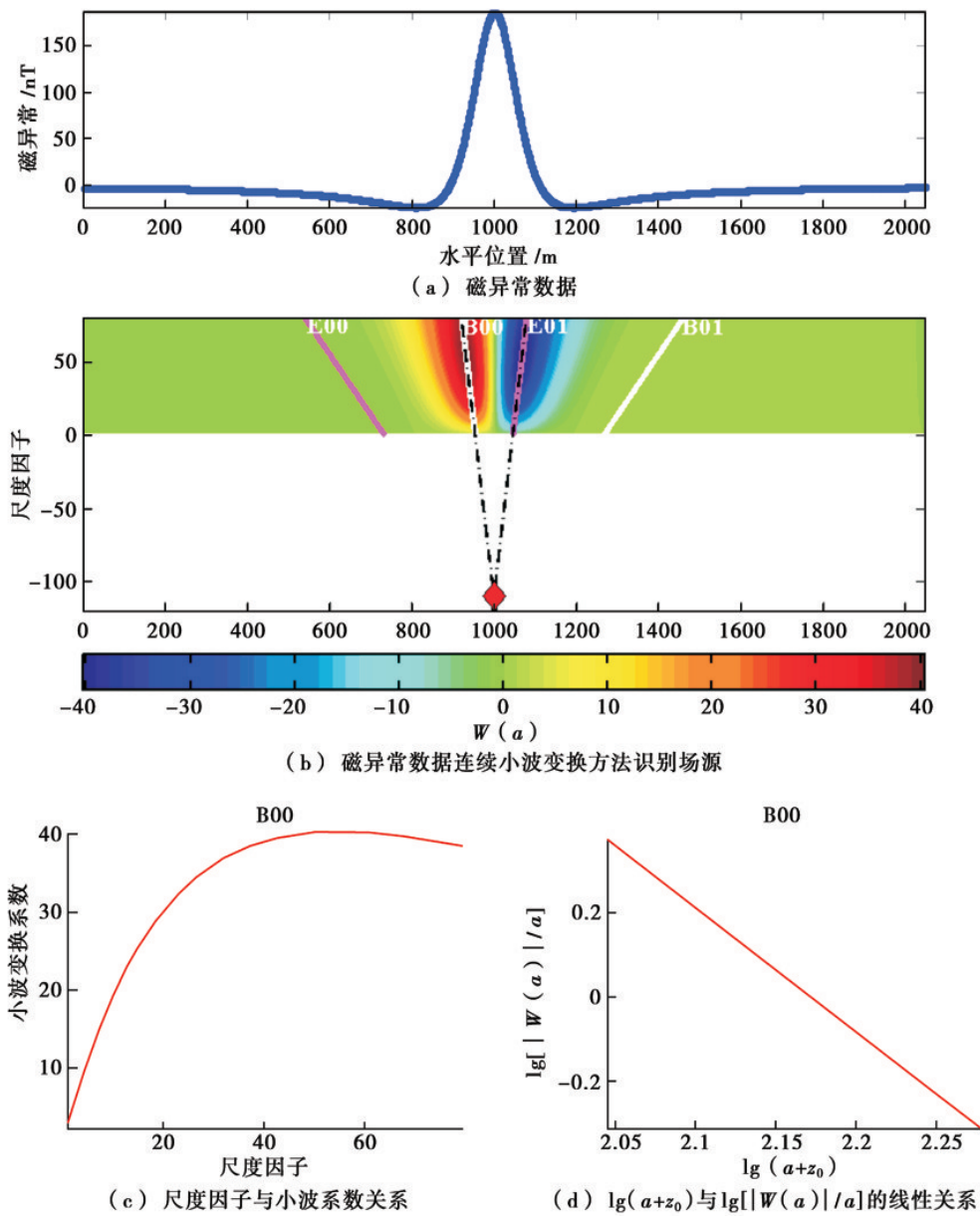


图 1 位场数据 CWT 识别场源方法示意

表 1 理论模型 1 观测数据叠加不同水平噪声后 CWT 场源识别结果

噪声水平 %	水平位置				埋深			
	真实值	识别结果	标准差	相对误差/%	真实值	识别结果	标准差	相对误差/%
0	1000	1000	0.0001	0	110	109.956	0.0024	0.04
5	1000	1002.4	0.0018	0.24	110	110.599	0.0044	0.54
10	1000	1003.9	0.0032	0.39	110	95.824	0.0072	12.89
15	1000	1004.6	0.0040	0.46	110	93.337	0.0089	15.15
20	1000	994.4	0.0028	0.56	110	128.575	0.0064	16.89

效压制低水平的噪声,但噪声水平增大到一定程度后,该方法对噪声的压制作用明显降低。这种现象有可能是场源识别中尺度因子范围设置不当(统一设置为 3~80)引起的。

3 尺度因子对噪声压制效果分析

CWT 识别场源法需要指定尺度因子的上下界

$[a_{\min}, a_{\max}]$ 。选择合适的下界,可充分利用小波变换的低通特性,去除噪声,还可使得小波变换的系数幅值大小适中,以此确保地下场源对小波系数的贡献大于测量误差的贡献。下面从理论上进行分析。

考虑方差为 σ_N^2 的高斯白噪声情况,噪声的小波变换 W_N 是尺度因子 a 的函数,噪声小波变换的方差为^[15,21]

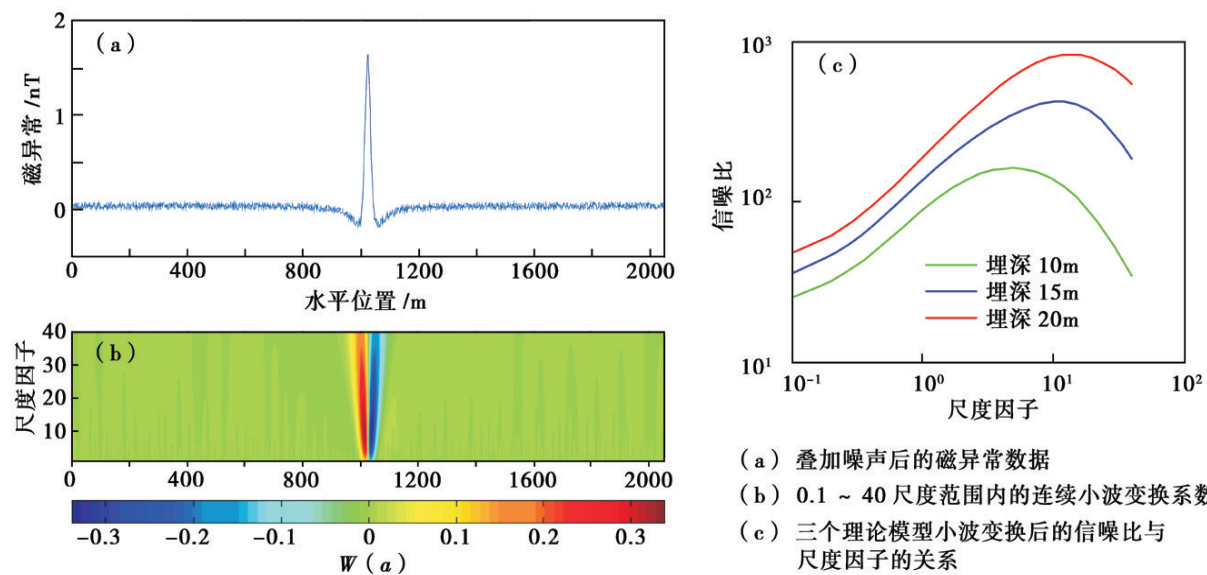


图 2 含噪声磁异常小波变换及尺度因子与信噪比关系

$$\sigma_{w_N}^2 = \sigma_N^2 E_{\varphi} / a, \tag{5}$$

其中, $E_{\varphi} = (2n)! 2^{2n+1}$ 是母小波函数的能量, 与泊松核导数的阶数 n 有关。

噪声的小波变换系数以 $a^{-1/2}$ 的规律衰减。而埋深为 z_0 的齐次阶数为 α 的场源, 位场数据小波变换系数以 $a^n(z_0+a)^{-\alpha-n}$ 的规律衰减, 对于典型的线源 ($\alpha=-2$) 或阶梯源 ($\alpha=-1$), 当 $a \geq z_0$ 时, 噪声比信号衰减的快。

为了说明尺度因子对于噪声压制的效果, 设计如下理论模型: 三个无限延伸的水平圆柱体, 截面半径均为 1 m, 圆柱体中心埋深分别为 10、15、20 m, 磁化强度 1 A/m, 有效磁化强度倾角 $i_s=90^\circ$, 地磁场倾角 $I_0=90^\circ$, 有效倾角 $i_{s0}=90^\circ$ 。磁异常数据叠加 5% 随机噪声后, 尺度因子设为 0.1~40, 小波变换后的信噪比如图 2 所示。其中, 图 2a 为叠加噪声后的磁异常数据, 图 2b 为磁异常数据在尺度 0.1~40 范围内的连续小波变换的系数, 图 2c 是三个理论模型对应的磁异常数据进行小波变换后的信噪比与尺度因子的关系。

从图 2c 可以看出, 随着尺度因子的增加, 信号的信噪比先逐步增大, 达到最大值后, 再逐步减小。合理的尺度因子上下界应该在取得最大信噪比的尺度因子的左右两侧(见埋深 10 m 的信噪比曲线)。

4 含噪声数据场源识别尺度因子选取方法

根据以上研究可知, 叠加噪声的数据在不同尺度进行小波变换后, 信噪比与尺度因子的关系为单极大值凸函数, 合理的上下尺度因子应该选择在极大值两侧。位场数据的小波变换等价于对位场数据

先进行上延再求导(小波变换的尺度因子等于向上延拓的高度), 小波变换对于噪声具有明显的压制作用。因此, 应该选择具有最好压制噪声效果的延拓高度作为尺度因子的下界。理想的延拓高度是使得含噪声位场数据延拓该高度后与不含噪声的位场数据延拓该高度后的结果最相似, 即定义互相关系数^[22]:

$$r[f_{a,1}(x), f_{a,2}(x)] = \frac{\sum_{i=1}^N f_{a,1}(x_i) f_{a,2}(x_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N f_{a,1}^2(x_i) \sum_{i=1}^N f_{a,2}^2(x_i)}}, \tag{6}$$

其中, $f_{a,1}(x)$ 是含噪声位场数据在尺度因子 a 下的小波变换系数, $f_{a,2}(x)$ 是无噪声数据在尺度因子 a 下的小波变换系数, N 为数据点数。最大互相关系数对应的尺度因子 a 就是尺度因子下界的最优值。

由于无法知道无噪声数据, 也就无法计算其在尺度因子 a 下的小波变换系数 $f_{a,2}(x)$ 进而求得最佳尺度因子下界。曾华霖提出了一种优选延拓高度的经验方法^[23], 笔者采用该方法的思想, 通过计算

$$r[f(a_k, x), f(a_{k+1}, x)] = \frac{\sum_{i=1}^N f(a_k, x) f(a_{k+1}, x)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N f^2(a_k, x) \sum_{i=1}^N f^2(a_{k+1}, x)}} \tag{7}$$

$k = 1, \dots, M$

公式, 给出的相邻两个尺度下小波变换系数的互相关系数的最大值, 确定的尺度因子下界的最优值。其中, $f(a_k, x), f(a_{k+1}, x)$ 是在相邻两个尺度因子 $a_k,$

a_{k+1} 下位场数据的小波变换系数。

随着尺度因子的增大,噪声逐步得到压制,信噪比逐步提高,当噪声趋于 0 之后,再增大尺度因子,则位场数据的幅值会逐步降低,当幅值低于测量误差时,则会造成场源识别误差增大。因此,合理的尺度因子的上界应该使得小波变换后系数的幅值大于测量误差,即

$$\frac{W[g,\phi_0](b,a)}{W[g,\phi_0](b,0)}=\frac{W[g,\phi_0](b,a)}{\partial^k\phi_0/\partial x^k}\leqslant\eta。$$

(8)

其中, η 为测量相对误差, $W[g,\phi_0](b,0)$ 是尺度为 0 的小波变换系数(无法直接计算),可通过计算地表观测的位场数据的 k 阶导数($\partial^k\phi_0/\partial x^k$)求得。满

表 2 理论模型 1 合成磁异常数据采用 CWT 优选尺度因子参数识别场源结果

噪声水平 %	水平位置				埋深			
	真实值	识别结果	标准差	相对误差/%	真实值	识别结果	标准差	相对误差/%
10	1000	1000.3	0.0001	0.03	110	114.103	0.0028	3.73
20	1000	998.2	0.0011	0.18	110	114.998	0.0041	4.54

对比表 2 与表 1,可以看到:当噪声水平为 10% 时,场源深度识别的相对误差从 12.89% 下降到 3.73%;当噪声水平为 20% 时,场源深度识别的相对误差从 16.89 下降到 4.54%。这表明笔者提出的方法能自动优选出 CWT 识别位场场源方法中的关键参数尺度因子上下界的合理取值,采用优选的尺度因子上下界能有效提高场源识别的准确性。

5.2 实际资料测试

以加拿大安大略省北部 Matheson 地区航磁剖面数据(图 3)CWT 自动反演解释为例,说明本方法的有效性。该航磁剖面采集高度为 70 m,采样间隔 12 m,飞行方向(N30°W)与该区域主要地质构造走向方向垂直。该异常由一个基性辉绿岩岩墙引起,一钻孔在 41 m 深度处穿过该岩墙^[24]。

采用 CWT 方法进行磁场场源识别实验,场源识别结果整理如表 3 所示。前人已对该区域研究比较充分,采用过多种方法进行场源的水平位置和深度的估算,将前人研究成果一并列入表 3(表 3 中其他方法的场源识别结果数据,均引自文献[24]),以对比本方法的有效性。

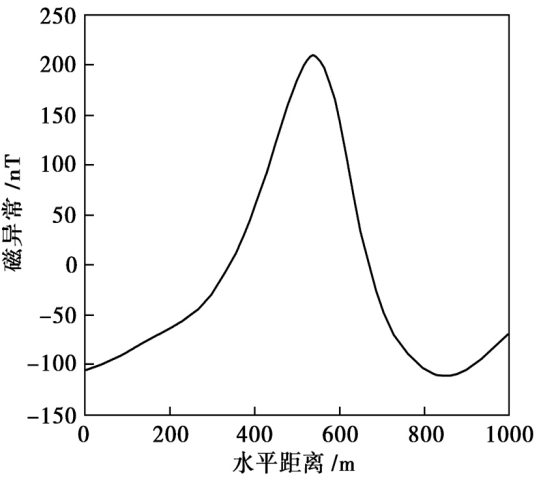
从表 3 可以看出,当人为设定尺度因子范围为 1~80 时,场源识别结果为:水平位置 574 m,深度 153.812 m。其中,水平位置识别结果与前人研究一致,但深度识别结果明显大于真实深度,且误差比已有研究结果大。当采用笔者提出的尺度因子优选方法,先估算出尺度因子范围(9~86),再用优选出的尺度因子进行 CWT 磁场场源识别时,场源识别结果是:水平位置 569.7 m,深度 135.187 m。该结果水平

足公式(8)的尺度因子 a 就是合理的尺度因子的上界。

5 CWT 场源识别测试

5.1 理论模型合成数据测试

为验证式(7)、式(8)给出的尺度因子上下界选取方法的有效性,将表 1 中用到的理论模型 1 分别叠加 10% 和 20% 随机噪声后,利用该方法优选出尺度因子的上下界。叠加 10% 噪声时,优选的尺度因子上下界为[7,100],叠加 20% 噪声时,优选出的尺度因子上下界为[11,100]。以此参数进行连续小波变换识别场源实验,得到表 2 所示的结果。



据参考文献[24]

图 3 加拿大安大略省北部 Matheson 地区磁异常剖面位置与已有研究结果一致,且深度识别结果明显优于前一次实验结果,与目前已知的最佳研究结果准确度相当,仅稍大于真实深度。

表 3 加拿大安大略省北部 Matheson 地区磁异常数据 CWT 和其他方法场源识别结果对比

结果	水平位置/m	埋深/m
CWT 场源识别结果	574.2	153.812
优选尺度因子后,CWT 场源识别结果	569.7	135.187
Srivastava et al.(2010)	563.6	135.2
Vallee et al.(2004)		145
Salem et al.(2005)		139.6
Agarwal et al.(2008)	567	142.6

6 结论

在分析噪声对连续小波变换识别场源结果影响的基础上,研究尺度因子对于噪声压制效果,提出基于互相关系数和相对误差分析的最佳尺度因子优选方法,并通过合成数据实验验证尺度因子选取方法的正确性。通过以上工作,得到如下结论:

(1)连续小波变换识别位场场源方法,能有效压制噪声,具有较强的抗噪声能力;

(2)连续小波变换中,随着尺度因子的增加,含噪声数据小波变换系数的信噪比呈现先增后减的趋势;

(3)采用互相关系数和相对误差分析的方法,可以优选出合理的尺度因子上下界;

(4)理论模型合成数据与实测数据场源识别测试结果表明,采用优选的尺度因子上下界进行连续小波变换位场场源识别,可明显提高识别结果的准确度。

参考文献:

- [1] Nabighian M N, Ander M E, Grauch V J S, et al. Historical development of the gravity method in exploration [G]//Society of Exploration Geophysicists, 2005: 63-89.
- [2] Nabighian M N, Grauch V J S, Hansen R O, et al. The historical development of the magnetic method in exploration [G]//Society of Exploration Geophysicists, 2005: 33-61.
- [3] Nabighian M N. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation [J]. Geophysics, 1972, 37: 507-517.
- [4] 王明, 骆遥, 罗锋, 等. 欧拉反褶积在重磁位场中应用与发展 [J]. 物探与化探, 2012, 36(5).
- [5] Thurston J B, Smith R S. Automatic conversion of magnetic data to depth, dip, and susceptibility contrast using the SPI (TM) method [J]. Geophysics, 1997, 62: 807-813.
- [6] Li X. Understanding 3D analytic signal amplitude [G]//Society of Exploration Geophysicists, 2006: 13-16.
- [7] 马国庆. 位场(重磁)及其梯度异常自动解释方法研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [8] Bastani M, Pedersen L B. Automatic interpretation of magnetic dike parameters using the analytic signal technique [J]. Geophysics, 2001, 66: 551-561.
- [9] Salem A, Ravat D, Mushayandevu M F, et al. Linearized least-squares method for interpretation of potential-field data from sources of simple geometry [J]. Geophysics, 2004, 69: 783-788.
- [10] 范美宁. 欧拉反褶积方法的研究与应用 [D]. 长春: 吉林大学, 2006.
- [11] Smith R S, Thurston J B, Dai T, et al. iSPI-The improved source parameter imaging method [J]. Geophysical Prospecting, 1998, 46: 141-151.
- [12] Salem A, Smith R S. Depth and structural index from the normalized local wavenumber of 2D magnetic anomalies [J]. Geophysical Prospecting, 2005, 51: 83-89.
- [13] Labat D. Recent advances in wavelet analyses: A review of concepts [J]. Journal of Hydrology, 2005, 314: 275-288.
- [14] Moreau F, Gibert D, Holschneider M. Wavelet analysis of potential fields [J]. Inverse problem, 1997, 13: 165-178.
- [15] Moreau F, Gibert D, Holschneider M, et al. Identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform: Basic theory [J]. Journal of geophysical research, 1999, 104(B3): 5003-5013.
- [16] Sailhac P, Galdeano A, Gibert D, et al. Identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform: Complex wavelets and application to aeromagnetic profiles in French Guiana [J]. Journal of Geophysical Research, 2000, 105, 19455-19475.
- [17] 陈玉东. 复小波变换反演重力异常 [J]. 物探与化探, 2003, 27(5): 354-361.
- [18] Sailhac P, Gibert D. Identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform: Two-dimensional wavelets and multipolar approximations [J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108, 2296-2306.
- [19] Boukerbout H, Gibert D, Sailhac P. Identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform: Application to VLF data [R]. Geophysical Research Letters, 2006, 30, 1427.
- [20] Boukerbout H, Gibert D. Identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform: Two-dimensional ridgelet analysis [J]. Journal of geophysical research, 2006, 111: B07104.
- [21] Sailhac P, Gibert D, Boukerbout H. The theory of the continuous wavelet transform in the interpretation of potential fields: a review [J]. Geophysical prospecting, 2009, 57: 517-525.
- [22] Abdelrahman E M, Bayoumi A I, Abdelhady Y E, et al. Gravity interpretation using correlation factors between successive least-squares residual anomalies [J]. Geophysics, 1989, 54: 1614-1621.
- [23] Zeng H, Xu D, Tan H. A model study for estimating optimum upward continuation height for gravity separation with application to a Bouguer gravity anomaly over a mineral deposit, Jilin province, northeast China [J]. Geophysics, 2007, 72, 145-150.
- [24] Srivastava S, Agarwal B N P. Inversion of the amplitude of the two-dimensional analytic signal of the magnetic anomaly by the particle swarm optimization technique [J]. Geophysical Journal International, 2010, 182: 652-662.

An analysis of noise effect on the identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform method and the choice of the scaling factor

Liu Caiyun^{1,2}, Yao Changli¹

(1. School of Geophysics and Information Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. School of Mathematics and Information, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

Abstract: In order to improve the accuracy of the identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform method (CWT), this paper deals with the effect of noise and the choice of scaling factor. Firstly, the principle of the identification of sources of potential fields with the CWT method is presented. Secondly, the method is used to identify the sources from potential field data with noise of various levels, and the effect of noise is analyzed. Lastly, the effect of suppressing noise by CWT is analyzed, and the choice of scaling factor is studied. The results of identification of the sources of synthetic data and field data indicate that the noise can decrease the accuracy of identification result. but the choice of the scaling factor can suppress the noise and improve the accuracy of the identification result.

Key words: continuous wavelet transform (CWT); potential field rotation; source identification; noise suppression; choice of scaling factor

作者简介:刘彩云(1975-),女,博士研究生,副教授,从事重磁勘探、小波分析和应用数学等方面的教学和科研工作。
通信作者简介:姚长利(1965-),男,教授,博士生导师,主要从事重磁勘探方法技术研究。E-mail: clyao@cugb.edu.cn。