Vol. 26 ,No. 3 Jun. ,2002

## 重磁数据的线性滤波与反演失真问题

## 汤悦林 陈元平

(零陵师范高等专科学校 湖南 永州 425006)

摘要:文中对国内研制的4种主要线性滤波方法进行了对比分析。选出一种具代表性的滤波方法,用计算机模拟观测场,探讨了在复杂干扰下重磁异常因滤波引起的失真,并就重磁异常在因滤波而引起失真的情况下如何反演解释,提出了可行的办法和建议。

关键词 线性滤波 复杂干扰 滤波失真 失真数据的反演

中图分类号: P631 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 8918(2002)03 - 0225 - 07

重磁数据的线性滤波和反演,通常都被当作 2 个完全独立的问题加以阐述或介绍,在实际应用中,这两者内在的因果关系也常被忽略。当实测重磁数据在进行反演前或反演中需要进行线性滤波以提高其信噪比时,必然使信号产生某种程度的失真,利用这种失真的信号作反演计算,不论反演方法如何,它的反演结果也必然是有某种程度失真的结果。如何选用简单易行的滤波方法,改善滤波后失真信号反演计算结果的失真,作者将分两部分做简要阐述。

## 1 不同线性滤波方法的对比分析

#### 1.1 补偿圆滑法[1]

为了求得一个准矩形滤波函数,取初始圆滑算子  $\varphi_0(u')=\exp(-4\pi^2\lambda u'^2)$ (式中 u'是以截止波数归一化了的滤数),以递推公式  $\varphi_n(u')=[2-\varphi_{n-1}(u')]\varphi_{n-1}(u')$ 计算第 n 次补偿圆滑算子。这个递推公式不便于直接利用和分析对比。笔者引用数学归纳法推导出了补偿圆滑滤波的解析公式:

$$\varphi_n(u') = 1 - [1 - \exp(-4\pi^2 \lambda u'^2)]^{2^n}$$
 (1)  
式中  $\lambda, n$  为滤波参数。

## **1.2** 正则化稳定因子<sup>[2]</sup>

正则化稳定因子是为了"研究解决迅速形成'具有理想低通滤波特性和较强适应能力'的、简单连续、光滑度高的滤波因子"的问题而提出来的,它的假设前提是"低频信号与高频信号之间混频范围较小,近于不相关",存在一个 $u_0$ 使波数在大于或等于 $u_0$ 处接收的信号全是干扰,波数在小于 $u_0$ 处,接收的信号全是有用信号。原理是用稳定正值序列

 $\xi_m$ 、正则化参数 lpha 来限定离散傅里叶逆变换的解趋 于光滑稳定。正则化稳定因子:

$$f_{\alpha}^{m} = 1/(1 + \alpha \xi_{m}), \qquad (2)$$

取稳定正值序列: $\xi_m = \exp[\beta(|u| - u_0) \cdot \lambda_x]$ 。式中, $\lambda_x$ 为基波波长, $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $u_0$ 为滤波参数,且规定  $\beta \ge 2$ , $u_0$ 为波数  $u = m/\lambda_x$ , $m_0$ 为波数域一维坐标系  $u_0$ 上的波数编号(m = 0,1 2  $\beta$  ,  $\dots$  ,  $n_0$ )。

#### 1.3 最佳线性滤波器

滤波不可能绝对地滤去干扰而不压制有用信号 最佳线性滤波就是针对这一问题提出的。它建立了一套在最小二乘意义下"将干扰压低到一定比例 使信号失真为最小"或"允许信号有一定程度的失真而将干扰压缩到最小"的滤波理论<sup>3</sup>。

在文献 4]中提出了最佳线性滤波的近似公式:

$$L_h = 1 \Lambda 1 + \lambda' \exp(4\pi f h), \qquad (3)$$

式中 f 为波数  $\lambda'$ 和 h 为滤波参数 同时提出(3)式还可视作一个简单易调节的光滑的准矩形滤波窗口(为便于以后的对比 将  $\lambda'$ 表示为  $\alpha_3$  f 表示为 u),且有

$$L_h(u,h,\alpha_3)|_{u=0} = \frac{1}{1+\alpha_3};$$
 (4)

$$L_h(u, h, \alpha_3)|_{u=u_{1/2}} = 1/2_{\circ}$$
 (5)

当 $\partial L_h$ (u,h, $\alpha_3$ )/ $\partial u$  在 $u=u_{1/2}$ 处取极值 –  $\pi h$  时,有

$$L'_{b}(u_{1/2}, h, \alpha_{3}) = -\pi h;$$
 (6)

$$u_{1/2} = -\ln \alpha_3/4\pi h$$
, ( $\alpha_3 \ll 1$ ). (7)

## (4)~(6)式分别表示准矩形滤波器的高、宽、陡。 **1.4** 正则化下延滤波因子<sup>5]</sup>

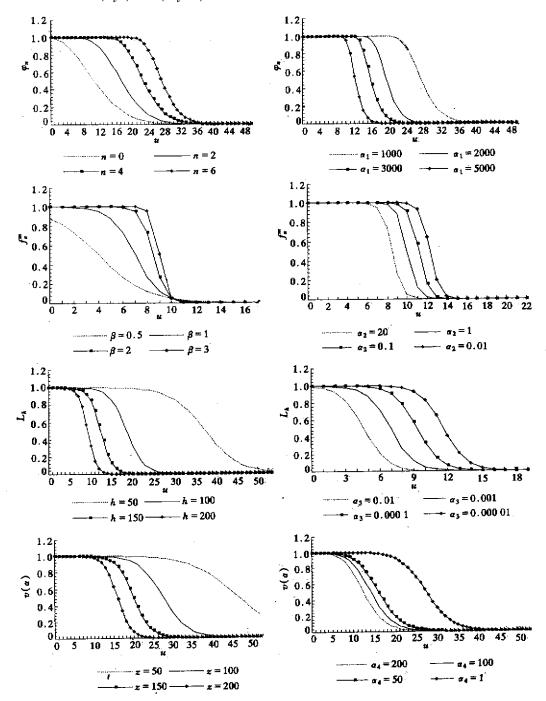
重磁异常向下延拓属位场反演中的不适定问题,数学家<sup>[6]</sup>对此问题提出了具有严格数学理论的正则化解法。倍受理论界的重视。但从实际应用上来看,如重磁异常向下延拓的正则化解法。最终仍归结为提供了一个与向下延拓的深度和实测数据中误差"能量"的估值有关的波数域线性滤波因子<sup>[7]</sup>

$$v(\alpha) = 1/\left[1 + \alpha \left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 \exp\left(\frac{2n\pi}{l}z\right)\right]$$
 (8)

式中  $_{,z}$  为向下延拓距离  $_{;l}$  为基波波长  $_{;\alpha}$   $_{,z}$  为滤波参数。既然( 8 )式也是一个线性滤波因子 ,所以作者认为可以列入对比研究的范围。

为了便于对比分析,下面将几种滤波函数公式中的符号做统一规定:滤波参数 $\alpha$ 以下标 $1\sim4$ 区别4种不同的滤波方法。如此,补偿圆滑滤波因子(1)式可表示为:

$$\varphi_n = 1 - \left[1 - \exp(\alpha'_1 u^2)\right]^{2^n}; \qquad (9)$$
 正则化稳定滤波因子(2)式可表示为:



万方数据

图 1 4 种滤波因子随参数变化的曲线

滤波因子	决定或影响 滤波窗宽度	决定或影响 滤波窗陡度	当 u = 0 时	u <sub>1/2</sub> 与其它参数的关系	原文献中对 参数的限定		
补偿圆滑	$\alpha_1$ , $n$	$lpha_1$ , $n$	$\varphi_n = 1$	$u_{1/2} = \sqrt{\frac{\ln(1 - 1/2\sqrt[n]{2})}{\alpha'_1}}$ $\alpha'_1 = -4\pi^2\lambda$	原 $\alpha_1 \approx 20$ 由于 $u$ 的 单位改变,换算为 $\alpha'_1 \approx 800$		
正则化稳定	$\alpha_2$ , $u_0$	β	$f_a^m = \frac{1}{1 + \alpha_2 \exp(-u_0 \beta \lambda_x)}$	$u_{1/2} = \frac{1}{\beta \lambda_x} \cdot \ln \frac{1}{\alpha_2} + u_0$	$\beta \geqslant 2 \alpha_2 > 0$		
最佳线性滤波	$\alpha_3$ , $h$	h	$L_{\rm e,m} = \frac{1}{1 + \alpha_3}$	$u_{1/2} = -\frac{\ln \alpha_3}{4\pi h}$	$0 < \alpha_3 \leq 0.01$		
正则化下延	$\alpha_4$ , $z$	z	v(α)=1	$z = \frac{-\{\ln[\alpha_4 \cdot (\pi u_{1/2})^2]\}}{2\pi u_{1/2}}$	α <sub>4</sub> > 0		

表 1 滤波因子对比分析

 $f_a^m = 1/\{(1 + \alpha_2 \exp[\beta(u - u_0)\lambda_x]\}; (10)$ 

最佳线性滤波因子(3)式可表示为:

$$L'_{h} = 1 / (1 + \alpha_{3} \exp(4\pi uh)); \qquad (11)$$

正则化下延滤波因子(8)式可表示为:

$$v(\alpha) = 1/(1 + \alpha (\pi u)^2 \exp(2\pi uz))$$
。(12)以上各公式中 滤波参数的变化决定了滤波窗口形态的变化 图 1);滤波参数的作用和特定条件下的滤波因子值及  $u_{1/2}$ 与其它参数的关系见表 1。

利用(7)式(11)式还可写成另一种使用方便的 表达形式:

$$L_h = 1/\{1 + \exp\{(\ln \alpha_3)(\frac{u_{1/2} - u}{u_{1/2}})\}\}$$
 (13)

如令  $L_h = 1/k(k \ge 2)$ 时对应的波数为  $u_{1/k}$  ,由(13)式经简单运算 ,可得:

$$u_{1/k} = u_{1/2} \left[ 1 - \frac{\ln(k-1)}{\ln \alpha_3} \right]$$
 (14)

在(10)式中,当  $u = u_0$ (即要消除高频干扰信号的最小波数)时,对应的  $f_a^m = 1 / (1 + \alpha_2)$ 是随  $\alpha_2$  而变化的,如  $\alpha_2$  很小,此时  $f_a^m$  可能接近于 1。在对比分析中还发现,根据参考文献 2]要应用(10)式时,首先规定  $\beta \geq 2$  其次选定  $u_0$ ,在此条件下可认为  $\beta$  及  $u_0$  为  $f_a^m$  的已知常数,可将(10)式改写成:

$$f_a^m = 1 \Lambda 1 + \alpha_2 \exp(-\beta u_0 \lambda_x) \cdot \exp(\beta u \lambda_x) ,$$
 如令式中  $\alpha_2 \exp(-\beta u_0 \lambda_x) = \alpha_3 \beta \lambda_x = 4\pi h$  ,则(10)

### 最终可写成:

$$f_a^m = 1 \Lambda (1 + \alpha_3 \exp(4\pi uh)),$$

此式与  $L_h$  表达式 11 )完全一致 ,即  $f_a^m = L_{e,m}$  ,正则 化稳定滤波因子等效于最佳线性滤波因子(反过来说也同样正确)。 由此可见,虽然推导出这 2 种滤波因子的理论和出发点各不相同,但表达式及滤波效果可以完全相同。

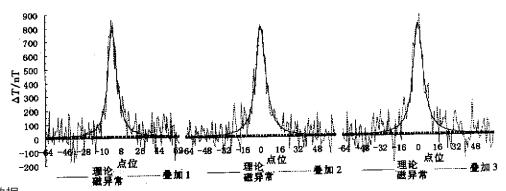
广而言之,对比分析4种滤波因子,其理论依据和滤波参数各不相同,但从滤波因子表达式和图1的滤波因子曲线来看,或相同,或相似,且都可以形成光滑的准矩形(理想)滤波器,这种滤波器对重磁数据不仅应用方便目能有效地提高其信噪比。

## 2 经滤波后失真信号的反演解释问题

为了阐明这一问题 ,笔者进行了理论模型计算实验工作。

## 2.1 实验准备

为了简明而直观地说明问题,作者以磁薄板作为理论模型。设磁薄板垂直磁化、埋深  $H=100~\mathrm{m}$ ,厚度  $2b=10~\mathrm{m}$ ,磁化强度  $M=40~\mathrm{A/m}$ ,测量点距  $\Delta x=20~\mathrm{m}$ 。由理论公式计算其空间域的垂直磁场强度分布,再由电脑" 随机数发生器 "产生  $3~\mathrm{4lm}$  组服从正态分布的  $128~\mathrm{cm}$  个随机干扰数据(表  $2~\mathrm{cm}$ ),理论场与干扰场叠加情况见图  $2~\mathrm{cm}$ 



万方数据 图 2 3 组叠加干扰的磁异常曲线

因为薄板傅氏变换周期要大于 20H = 2000 m<sup>[8]</sup>,所以采用 128 点快速傅氏变换(周期 =  $127 \times \Delta x = 2540$  m),空间域中 x 轴点位从  $-64 \sim 63$  点,磁性体中心在原点。

表 2 3 组随机干扰特征

nТ

特征值	随机数 1	随机数 2	随机数 3
平均值	13.442 499 4	8.969 870 9	7.548 622 7
标准误差	7.532 326 7	6.292 402 1	7.475 871
中值	19.859 862 7	6.359 277 9	7.173 093 8
标准偏差	85.218 548 4	71.190 402 6	84.579 825 4
样本方差	72.622 01	50.680 734 2	71.537 468 6
最小值	- 186.261 605	- 163.173 536	- 293 . 459 743
最大值	193.064 624 9	207.242 555 9	234.192 702 9
个数	128	128	128

### 2.2 滤波因子及参数选定

经 4 种不同的线性滤波因子的对比分析 ,最佳

线性滤波因子不仅在形式上可能化为正则化稳定因子,而且关系式系统全面、简单明确,故选用该滤波因子作为准矩形滤波器对叠加干扰的薄板磁异常进行滤波实验。

众所周知, 当滤波窗的陡度太大时, 滤波后会出

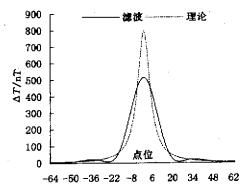


图 3 理论磁异常经滤波后出现吉布斯效应

现吉布斯效应 在磁异常的尾部出现明显的波动 图 3 。这是我们在选滤波参数时要避免的。笔者计算

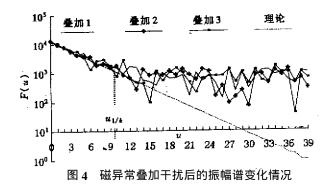
$\alpha_3$	h/m	k	$u_{1/2}$	$\Delta Z_{ m max}/{ m nT}$	是否出现
	100	2 ~ 32	0.003 665 ~ 0.002 099	680.7 ~ 555.4	否
	150	2 ~ 8	0.002 443 ~ 0.001 717	593.6~502.3	否
0.01	150	> 16	< 0.001 538	< 472.6	出现
0.01	200	2	0.001 832	519.6	否
	200	≥4	≤0.001 479	≤462.0	出现
	250	≥2	≤0.001 466	€459.6	都出现
	100	2 ~ 32	0.005 497 ~ 0.003 672	759.9 ~ 702.3	否
	150	2 ~ 16	0.003 665 ~ 0.002 633	702.0 ~ 629.7	否
0.001	150	32	0.002 448	611.4	出现
0.001	200	2	0.002 749	640.2	否
	200	≥4	≤0.002 371	≤603.2	出现
	250	≥2	≤0.002 199	≤583.2	都出现
	100	2 ~ 16	0.007 329 ~ 0.005 664	786.6~769.4	否
0.0001	150	2 ~ 16	0.004 886 ~ 0.003 776	754.0 ~ 714.9	否
	200	2 ~ 4	0.003 665 ~ 0.003 274	709.4 ~ 687.0	否
	200	≥8	≤0.003 025	≤669.7	出现
	250	≥2	≤0.002 993	≤662.5	都出现

表 3 薄板磁异常滤波后出现吉布斯效应情况

了一个简表(表 3),分别列出了最佳线性滤波在上述磁薄板情况下选择滤波参数的不同,出现吉布斯效应的情况。

从表 3 中得知随着 h 的增大 ,吉布斯效应必然 出现 ,出现吉布斯效应的速度受  $\alpha$  的控制 , $\alpha$  越小 ,出现吉布斯效应越缓慢 ,在同一个  $\alpha$  和 k 下 ,h 值越 大 ,出现吉布斯效应的机会就越多。我们在选择参数时 ,应参照(6)和(7)式 ,避免选择出现吉布斯效应的参数值 ,一般而言 ,h 的取值不超过地质体估计埋 f

深的 1.5 倍为宜。



滤波窗口宽度  $u_{1/2}$ 的确定 选确定  $u_{1/k}$ 将理论磁异常与 3 组干扰分别叠加 作傅氏变换振幅谱 从振幅谱上根据信号与干扰的高、低波数振幅的特征 ,确定波数  $u_{1/k}$  图 4 ) 再利用(14 )式计算出  $u_{1/2}$ 。

综合以上因素 ,对比实验选 : $\alpha_3 = 0.01$ 、 $u_{1/k} = 0.003$  665 和  $\alpha_3 = 0.01$ 、 $u_{1/k} = 0.002$  443 ,适当变化 k 值 利用( 14 )式计算相应的  $u_{1/2}$ 进行最佳线性滤波效果对比。

#### 2.3 滤波效果

笔者解释了3组叠加干扰的磁异常,选用了5个参量来综合分析随滤波参数的变化而出现的滤波效果变化表4)。

表中参量说明"极大值保留"为空间域叠加干扰的磁异常最大值滤波后与滤波前之比,可表明滤波后异常极值失真情况"离差平方和之比"为空间域中叠加干扰的磁异常滤波后与理论磁异常之差的

ひょう ひょうしゅう	油水加田	$u_{1/k} = 0.003665$					$u_{1/k} = 0.002443$		
叠加干扰	滤波效果	k = 2	k = 4	k = 8	k = 16	k = 32	k = 4	k = 8	k = 16
	极大值保留	87.43%	81.65%	77.4%	73.95%	70.80%	68.67%	63.85%	60.01%
第1组	离差平方和保留	20.02%	23.69%	28.32%	33.47%	39.16%	43.68%	56.19%	68.44%
信噪比	干扰能量保留	16.06%	13.91%	12.60%	11.53%	10.58%	9.96%	8.69%	7.86%
	信号能量保留	79.90%	76.96%	74.61%	72.46%	70.41%	68.98%	65.66%	62.91%
6.55	滤波后信噪比	32.57	36.22	38.76	41.14	43.55	45.32	49.48	52.39
	提高信噪比倍数	4.98	5.53	5.29	6.28	6.65	6.92	7.56	8.00
	极大值保留	85.7%	80.1%	75.9%	72.4%	69.2%	67.2%	62.5%	58.8%
第2组	离差平方和保留	12.0%	19.6%	28.2%	37.7%	47.9%	55.8%	76.5%	95.7%
信噪比	干扰能量保留	5.2%	4.2%	3.7%	3.3%	3.0%	2.9%	2.6%	2.4%
	信号能量保留	81.8%	78.9%	76.6%	74.6%	72.7%	71.4%	68.4%	65.8%
8.77	滤波后信噪比	138.28	165.21	183.43	198.28	210.37	217.43	229.87	237.32
	提高信噪比倍数	15.76	18.83	20.91	22.60	23.98	24.78	26.20	27.05
	极大值保留	87.8%	82.2%	78.1%	74.8%	71.8%	69.9%	65.4%	61.6%
第3组	离差平方和保留	18.8%	21.7%	26.5%	31.8%	37.3%	41.5%	52.8%	64.3%
信噪比 6.94	干扰能量保留	14.3%	10.6%	8.6%	7.2%	6.1%	5.4%	4.2%	3.5%
	信号能量保留	80.7%	77.8%	75.7%	73.7%	71.9%	70.5%	67.2%	64.4%
	滤波后信噪比	39.3	50.93	60.85	71.21	82.39	90.85	111.78	128.93
	提高信噪比倍数	5.66	7.34	8.77	10.26	11.88	13.09	16.11	18.58

表 4 薄板叠加干扰滤波后情况对比

注:滤波前理论磁异常极大值 = 799.33 nT

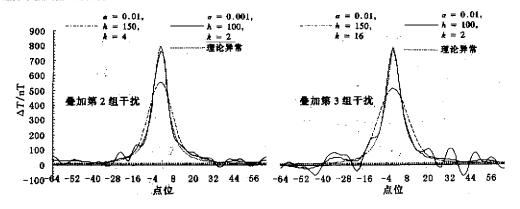


图 5 叠加干扰的薄板磁异常滤波效果

平方和之比,可表明滤波后的磁异常与理论模型的偏离程度;干扰能量保留"为波数域中干扰数据滤波后与滤波前的能量之比,可表明滤波对干扰的压制程度;信号能量保留"为波数域中叠加干扰磁异常滤波滤波后与滤波前的能量之比,可表明滤波对叠加干扰信号的压制程度;滤波后信噪比等于滤波万方数据

后信号能量除以滤波后干扰能量,反映了滤波的最终目的——压制干扰,突出有用信号的能力。从表4中可看出3组叠加干扰的磁异常通过滤波,信噪比至少提高了约5倍以上。

随着滤波参数的变化,滤波曲线的形态也在发生变化,以第2组、第3组干扰为例,图5反映的是

分别叠加第 2 组干扰、第 3 组干扰的磁异常的滤波效果。从图中可知 ,当  $\alpha_3 = 0.001$  时滤波曲线在信号的峰值部分基本不失真 ,但曲线的尾部却存在有很多的干扰波动 ; $\alpha_3 = 0.01$  时的滤波曲线 ,虽然信号峰值处被" 压制"得很厉害 ,位于曲线的两侧却获得了较光滑的曲线。这便产生了一对矛盾 :要想滤波不失真 ,干扰" 压制"严重不够 ;要想较大限度地" 压制"干扰 利于计算机的反演拟合 ,有用信号必定失真。面对这种情况 ,重磁异常反演解释时该不该

考虑滤波后的失真问题,传统的作法是不予考虑的,以为可"忽略不计"。

下面再做一个实验,如果不考虑滤波失真问题, 将滤波后的结果直接与理论模型拟合解释,会产生 什么样的结果。

## 2.4 反演解释

首先了解一下理论模型在不同的埋深 H、磁化强度 M、厚度 b 情况下形态的变化(图 6),再看图 5 要想理论曲线与滤波后光滑的异常曲线很好拟

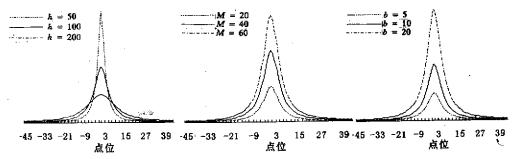


图 6 不同参数情况下理论曲线的形态

合 必须改变理论模型参数 ,使理论曲线" 变矮变胖"。从图 6 可知 ,改变 h 就可达到这一目的。下面用计算机模拟的方法将理论模型的埋深改变 ,去拟合图 5 中的 2 条滤波后的平滑曲线 ,以离差平方和的最小值来判断最佳最拟合效果( 表 5 )。

表 5 滤波后曲线与理论模型直接拟合情况

理论模型	叠	加第2组干扰	叠加第3组干扰		
h = 100  m	h/m	离差平方和/nT <sup>2</sup>	h/m	离差平方和/nT <sup>2</sup>	
b = 5  m	142	69 334.4	154	140 937.5	
最小值 143		69 309.4	155	140 835.1	
	144	69 479.6	156	140 894.9	

从表 5 可以看出 ,2 组滤波结果分别与 ,h=143 m 和 ,h=155 m 时拟合最好。这就说明因滤波而失真使反演解释结果都与实际结果产生了偏离 ,加大了反演解释的地质体埋深 <math>,这就是传统反演解释所没有考虑到的。现在我们将理论模型经过同样的滤

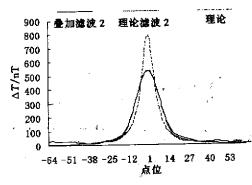
波以后,与2组叠加干扰的异常滤波结果拟合,看情况又是怎样的。

从表 6 看出 ,叠加干扰磁异常滤波后结果与经过同样滤波后的理论模型拟合 ,离差平方和较表 5 中的值已变得相当小了 ,是表 5 的 0.26 倍和 0.23 倍 ,说明在重磁反演解释中 ,理论模型经滤波后再与滤波后失真实测曲线拟合 ,不仅可以提高拟合度而

表 6 滤波后曲线与滤波后理论模型拟合情况

理论模型		0.01 , m ,k = 4	$\alpha = 0.01$ , $h = 150$ m, $k = 16$		
1912 )	理论滤波	叠加 2 滤波	理论滤波	叠加 3 滤波	
$\Delta Z_{\rm max}/{ m nT}$	539.2	536.8	472.6	492.7	
离差平方和/nT <sup>2</sup>		17 948.8		31 726.7	

注:离差平方和为叠加干扰磁异常与理论磁异常分别滤波后之差的平方和。



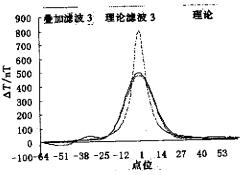


图 7 理论模型滤波后与滤波曲线拟合对比

且解释结果也更符合实际了。图 7 形象地说明了理论模型滤波前后与 2 组叠加干扰的滤波平滑曲线的拟合情况,可明显地示出 2 条滤波后的曲线几乎重叠。由此说明传统的重磁数据反演解释存在一个不容忽视的问题,即应将理论模型经相同参数的滤波因子滤波后再与因滤波而失真的观测场曲线对比拟合,这是解决滤波后因信号失真造成反演结果失真问题的一个较好办法。

## 3 结论

在重磁数据处理中 线性滤波是一种压制干扰、提高信噪比的最有效方法。线性滤波的理论和方法各异 在重磁数据处理的实际应用中 ,以准矩形滤波窗口最为简便、灵活和有效。但从广义上说 ,任何一种滤波方法在突出某种异常信息的同时 ,都不可避免地使有用信号发生一定程度的畸变 ,因为野外影响重磁数据的干扰很多 ,有随机干扰和非随机干扰 ,而有用信号与干扰或误差之间在波数域上没有明显的分界线。对待因滤波而失真的有用信号 ,如何解释 ,传统的做法是将滤波后的信号与标准的正演曲线拟合 ,以此来反演地质体形态和物性的失真。将标准正演

曲线也进行同样的滤波后,再反演解释,才能较客观地反映地质体的真实情况。王继伦教授曾经提出过这种反演解释方法<sup>8]</sup>,作者通过一系列的模拟计算,已证实了这一点,即对滤波后失真信号而言,传统的反演解释程序有必要做适当的修改。

特别感谢王继伦教授的指导和建议。

## 参考文献:

- [1] 侯重初.一种压制干扰的频率滤波方法[J]. 物探与化探, 1979 (5).
- [2] 安玉林, 管志宁. 滤除高频干扰的正则化稳定因子[J]. 物探化探计算技术, 1985, 7(1).
- [3] 王继伦.二维最佳线性数字滤波器的设计原理[J].地球物理 学报,1977,20(2).
- [4] 王继伦.二维最佳线性数字滤波的设计原理在重磁数据处理中的应用和效果的研究[J]. 地球物理学报 ,1983 26(增刊).
- [5] 杨文采.地球物理反演的理论与方法[J].北京 地质出版社, 1996.
- [6] 吉洪诺夫 A H 阿尔先宁 B A.不适定问题解法 M ].北京: 地质出版社 ,1979.
- [7] 重磁资料数据处理问题编写组.重磁资料数据处理问题 M]. 北京:地质出版社,1977.
- [8] 申宁华, 管志宁. 磁法勘探问题 M]. 北京 地质出版社, 1985.
- [9] 王继伦.线性滤波的基本矛盾与作用[J].地质与勘探,1979, (4).

# THE LINEAR FILTERING OF GRAVITY AND MAGNETIC DATA AND THE PROBLEM OF INVERSION DISTORTION

TANG Yue-lin CHEN Yuan-ping

( Lingling Normal High Training School , Yongzhou 425006 , China )

**Abstract**: Based on the comparison and analysis of four major filtering methods designed and developed in China, this paper derived a new expression of the filtering technique. The author chose a representative filtering method, simulated the observational field on computer, and investigated the distortion of gravity and magnetic anomaly caused by filtering under the condition of complex interference. On such a basis, a feasible method is proposed concerning the inversion interpretation under such a distortion condition.

Key words: linear filtering; complex interference; distortion of filtering; inversion of distorted data

作者简介:汤悦林(1963 - ),女 湖南永州人 高级工程师。1983 年毕业于华东地质学院物探系 ,曾在核工业华东地质局 264 大队从事综合找矿和数学地质研究工作 现任教于零陵师范高等专科学校物理系。