



# GeoEast处理系统

## 混合范数反褶积方法和功能介绍

报告人：任晓乔

物探技术研究中心

2025年7月



# 目录

CONTENTS



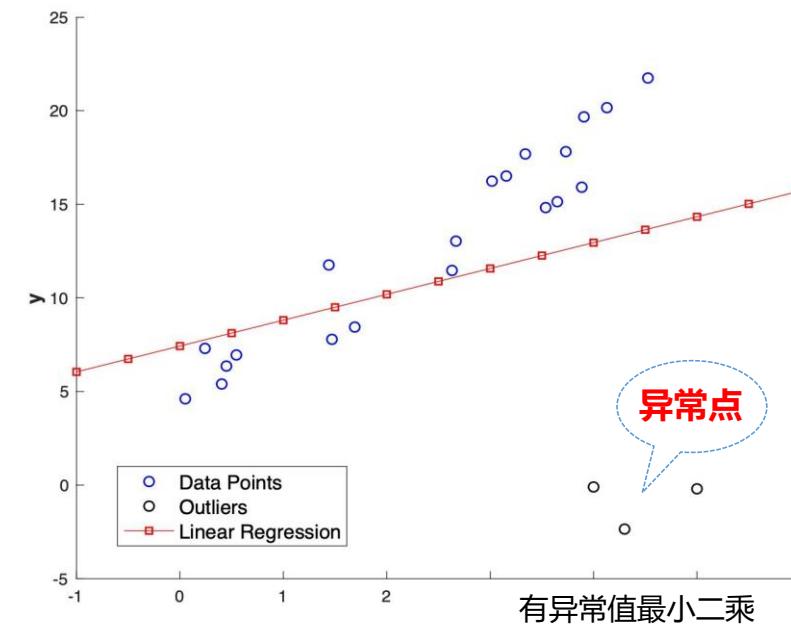
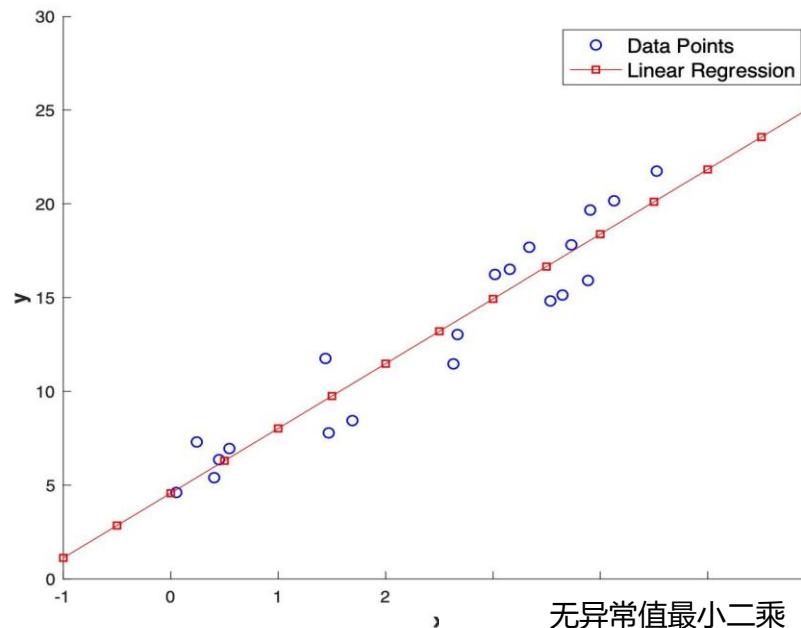
- 一 问题的提出
- 二 基本原理
- 三 使用说明
- 四 应用实例
- 五 结论与讨论



# 一、问题的提出

生产需求

大多数陆地数据中普遍存在的非地表一致性噪声，如地滚波或偶发性异常强噪声，常规的地表一致性分解是通过最小二乘法进行的，对异常噪声极敏感，拟合结果严重偏离正常值，直接影响地表一致性反褶积的效果。

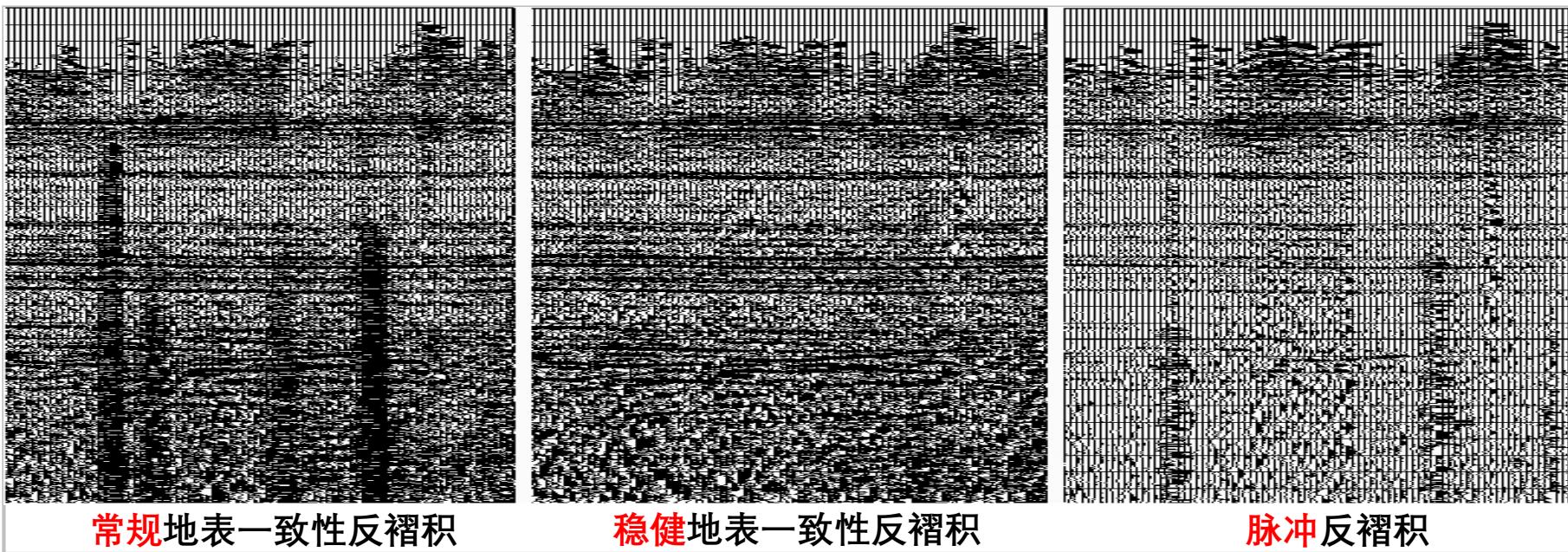




# 一、问题的提出

生产需求

目前Geoeast系统的反褶积技术对噪声没有特殊处理，信噪比低的数据、尤其是存在异常噪声的地震数据，从算子估算到应用都受到噪声的影响，导致地表一致性反褶积无效，或者噪声放大、数据高低频异常等现象。OMEGA2系统的稳健反褶积技术，很好的解决了该问题。



据[Omega官方使用手册]

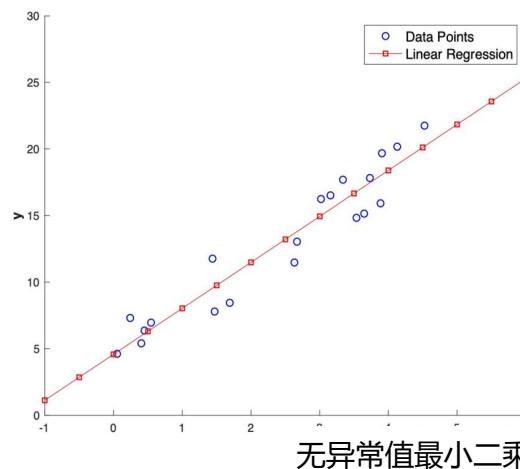


# 一、问题的提出

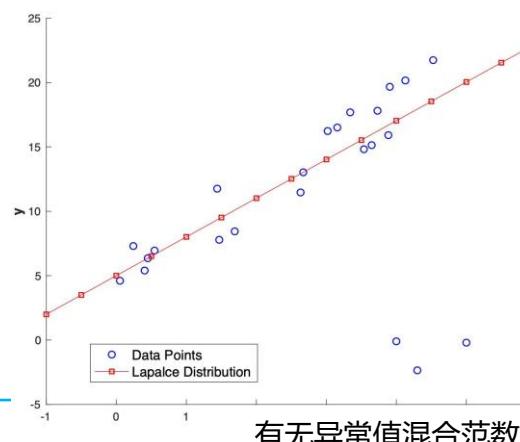
技术方案

经过调研，提出一系列技术方案来解决异常噪声问题，首先，基于目标子波的混合范数反褶积方法，兼顾常规L2范数服从高斯分布和L1范数对异常不敏感的优点。通过变权重的加权最小二乘法近似L1、L2和混合范数。

L2范数



L1范数



$$E^2 = \sum_i w_i \left( \sum_j M_{i,j} x_j - b_i \right)^2 = \min$$

↓ 加入L2范数正则化项(解更稳定)

$$E^2 = \sum_i w_i \left( \sum_j M_{i,j} x_j - b_i \right)^2 + \sum_j h_{j,j} x_j^2 = \min$$

↓ 重加权(实现L1/L2混合范数正则化，比L2范数更稳健)

$$w_i^{k+1} = w_i^0 \times \left( \max \left( \frac{(\sum_j M_{i,j} x_j - b_i)^2 \times \sum_{i=1}^N w_i^k}{Delta \times \sum_{i=1}^N w_i^k (\sum_j M_{i,j} x_j - b_i)^2}, 1 \right) \right)^{-Alpha}$$



# 一、问题的提出

技术方案

采用超松弛雅克比迭代算法将对数功率谱分解，在非一致性噪音较强的情况下，该算法比常用的高斯塞德尔算法更稳健更快，且受噪音影响较小；引入校正算子，对噪声大的地震道进一步压制。

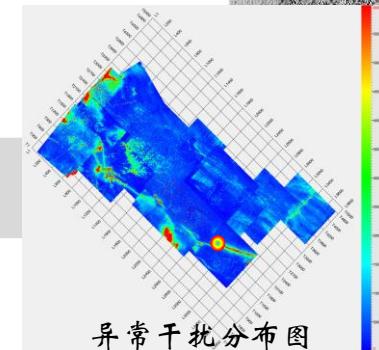
采用超松弛雅克比迭代法分解

$$J = \min(\|L(trace) - Lm(trace)\|^2)$$

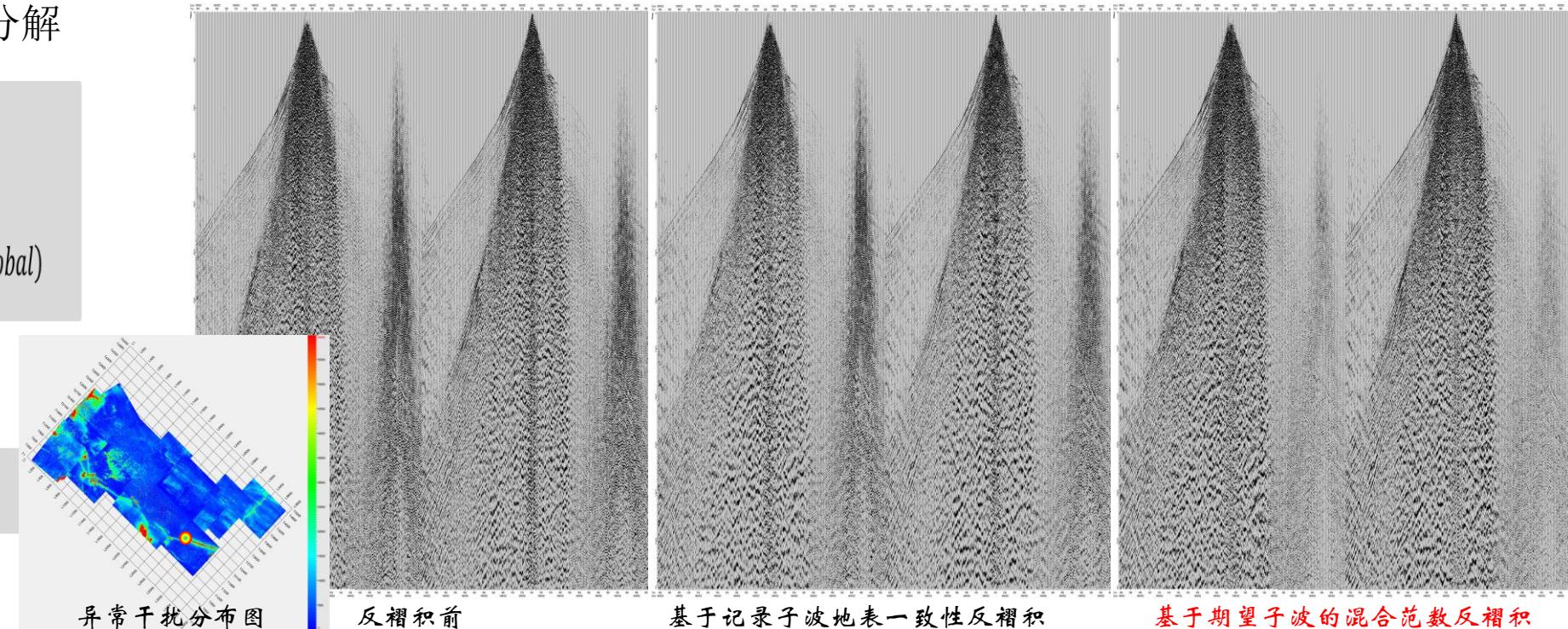
$$\begin{aligned} L_m(trace) \\ = L(src) + L(det) + L(cmp) + L(offset) + L(global) \end{aligned}$$

引入校正算子的概念

$$E(trace) = L(trace) - Lm(trace)$$



异常干扰分布图

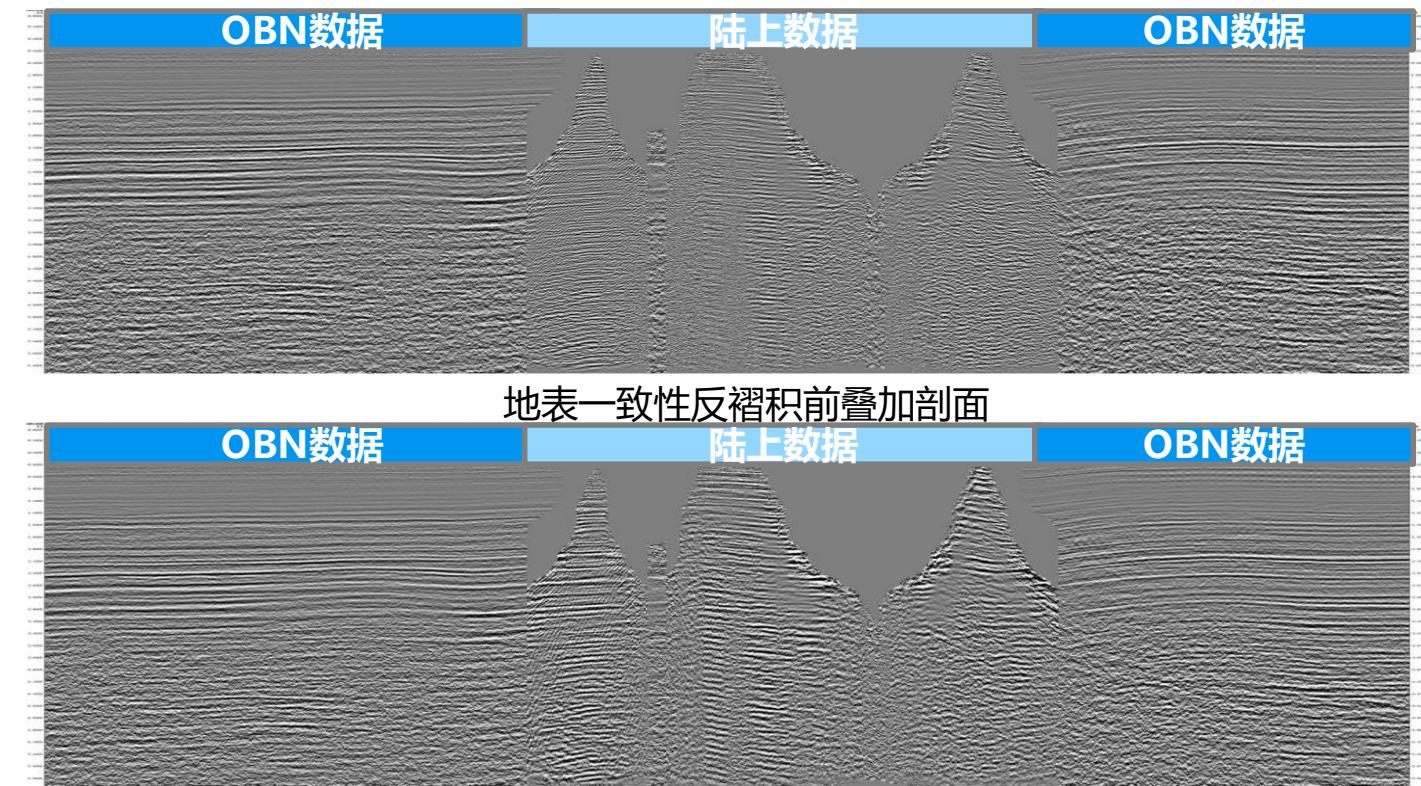
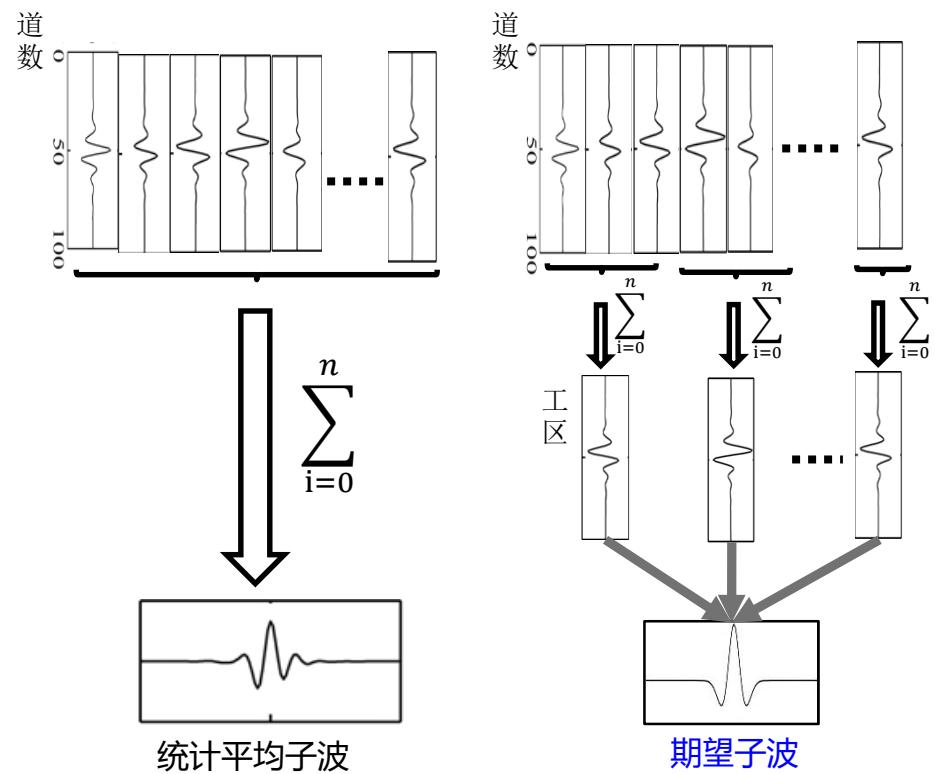




# 一、问题的提出

技术方案

引入期望子波约束，对不同数据子波不一致问题进行针对性处理，实现了由统计平均子波处理向确定性期望子波处理的转变。对不同数据的进行分别处理，可以更好的消除各个工区间因采集造成的数据差异，较常规的质控炮整形更能体现各工区数据的总体特性。





# 目录

CONTENTS



- 一 问题的提出
- 二 基本原理
- 三 使用说明
- 四 应用实例
- 五 结论与讨论



## 二、基本原理

常规地表一致性反褶积原理：

地表一致性模型认为地震子波可以分解为全局分量、炮点、检波点、中心点和炮检距分量：

$$x(t) = g(t) * src(t) * rec(t) * cmp(t) * offset(t) + n(t)$$

对数功率谱公式为：

$$\text{Spectrum}(trace) = g + s(src) + t(det) + u(cmp) + v(offset)$$

构成的线性方程组为：

$$b = \mathbf{M}\mathbf{x}$$

$\mathbf{M}$ 为大型稀疏矩阵， $\mathbf{x}$ 为炮点、检波点、CMP、炮检距以及全局项各个分量。

传统最小二乘法解上述方程组：

$$E = \|\mathbf{M}\mathbf{x}_0 - b\|$$

$$E^2 = \sum_i \left( \sum_j \mathbf{M}_{i,j} \mathbf{x}_j - b_i \right)^2 = \min$$



## 二、基本原理

混合范数反褶积原理：

如果有反应观测值 $b_i$ 可靠性的非负权重加权 $w_i$ , 则加权最小二乘法解为:

$$E^2 = \sum_i w_i \left( \sum_j \mathbf{M}_{i,j} x_j - b_i \right)^2 = \min$$

由于线性方程组约束不足, 需要进行一些正则化处理:

$$E^2 = \sum_i w_i \left( \sum_j \mathbf{M}_{i,j} \mathbf{x}_j - b_i \right)^2 + \sum_j h_{j,j} x_j^2 = \min$$

加入5个约束项(增加先验知识, 加速收敛) :

$$\textcircled{1} \quad g \approx \sum_{\text{all traces}} \frac{\text{Spectrum(trace)}}{N}$$

$$\textcircled{2} \quad \sum_{\text{all sources}} s(\text{src}) = 0 \quad \textcircled{3} \quad \sum_{\text{all detectors}} t(\text{det}) = 0 \quad \textcircled{4} \quad \sum_{\text{all offsets}} v(\text{offset}) = 0 \quad \textcircled{5} \quad \sum_{\text{all cmps}} u(\text{cmp}) = 0$$



## 二、基本原理

### 基于L1/L2混合范数的超松弛雅克比迭代算法

$$E^2 = \sum_i w_i \left( \sum_j M_{i,j} \mathbf{x}_j - b_i \right)^2 = \min$$

$$\mathbf{w}_i^{k+1} = \mathbf{w}_i^0 \times \left( \max \left( \frac{\left( \sum_j M_{i,j} \mathbf{x}_j - b_i \right)^2 \times \sum_{i=1}^N w_i^k}{Delta \times \sum_{i=1}^N \left( w_i^k \left( \sum_j M_{i,j} \mathbf{x}_j - b_i \right)^2 \right)}, 1 \right) \right)^{-Alpha}$$

$$E^2 = \sum_i w_i \left( \sum_j M_{i,j} \mathbf{x}_j - b_i \right)^2 + \sum_j h_{j,j} \mathbf{x}_j^2 = \min$$

↓ 加入L2范数正则化项(解更稳定)

↑ 重加权(实现L1/L2混合范数正则化, 比L2范数更稳健)

↓ 加入5个约束项(增加先验知识, 加速收敛)

$$\textcircled{1} \quad g \approx \sum_{\text{all traces}} \frac{\text{Spectrum(trace)}}{N}$$

$$\textcircled{2} \quad \sum_{\text{all sources}} s(src) = 0 \quad \textcircled{3} \quad \sum_{\text{all detectors}} t(det) = 0 \quad \textcircled{4} \quad \sum_{\text{all offsets}} v(offset) = 0 \quad \textcircled{5} \quad \sum_{\text{all cmps}} u(cmp) = 0$$



## 二、基本原理

### 混合范数反褶积原理：

基于加权L2范数算法，自适应重新加权 (Bube和Langan 1997) 能够相当准确地逼近L1求解法的实际特征。在重加权方案中那些残差较大的方程会被赋予较小的权重 ( $\alpha$ 修剪均值法)。在地表一致性分解中，基于L1/L2混合范数的重加权函数为：

$$w_i^{k+1} = w_i^0 \times \left( \max \left( \frac{\left( \sum_j M_{i,j} x_j - b_i \right)^2 \cdot \sum_{i=1}^N w_i^k}{\text{Delta} \cdot \sum_{i=1}^N \left( w_i^k \left( \sum_j M_{i,j} x_j - b_i \right)^2 \right)}, 1 \right) \right)^{-\text{Alpha}}$$

对于所有商

$$Q = \frac{\text{squared residual}}{\text{weighted mean of squared residuals}}$$

不超过用户参数width coefficient of mixed norm的方程，权重保持不变。超过此阈值后，权重将随Q的-Alpha次方衰减，其中Alpha由用户参数decay exponent of mixed norm控制。

- 当Alpha = 0且Delta为任意值时，我们得到的是纯L2方法。
- 当Alpha较小 (0.2 ... 0.7) 且Delta也较小 (0 ... 0.1) 时，求解法将逼近传统的L1求解器。
- 当Alpha在0.8 ... 1.2范围内且Delta在1.5 ... 2.5范围内时，求解法将运行一种非常有效的L1/L2混合策略。

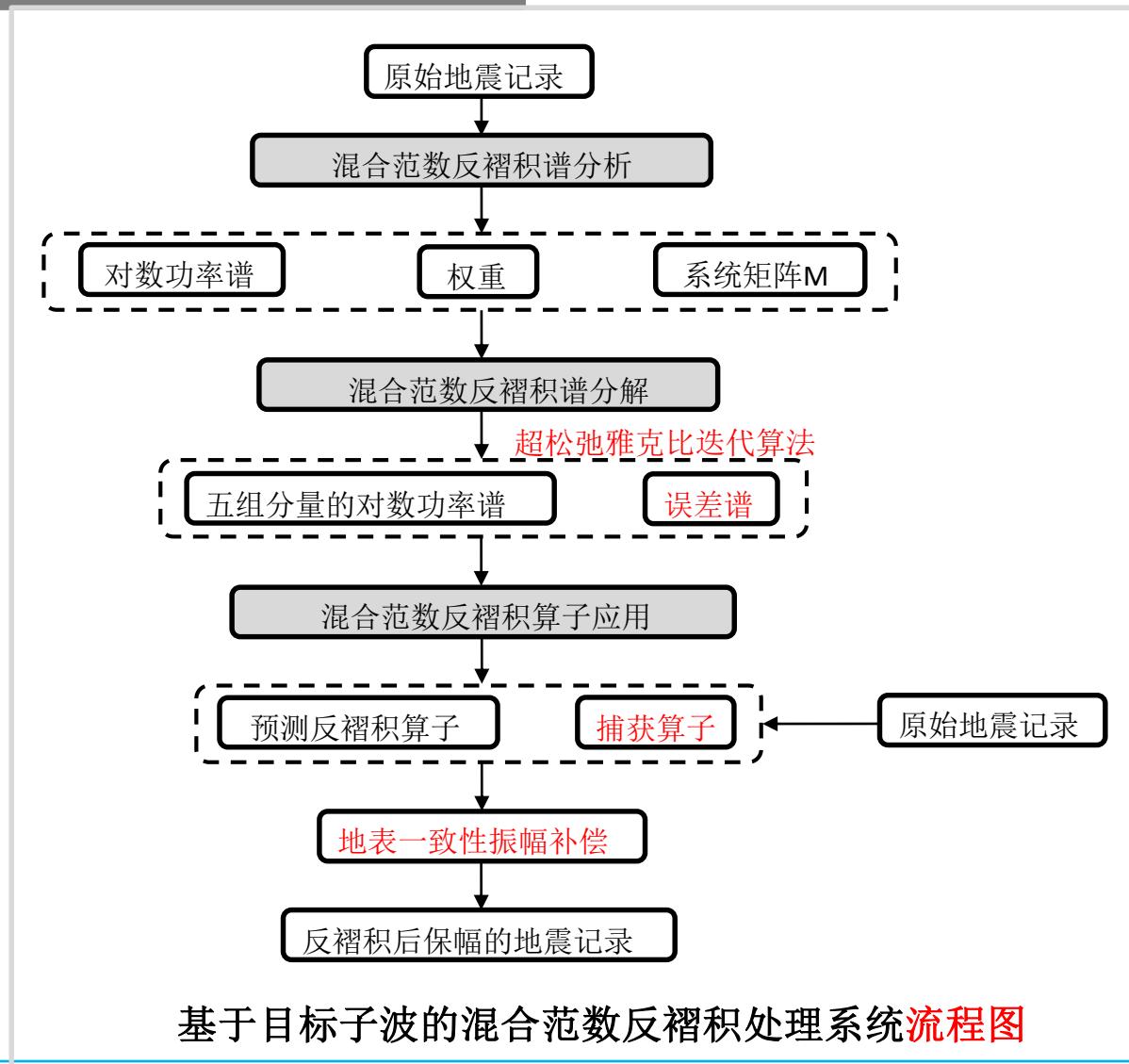


## 二、基本原理

### 1. 混合范数反褶积反褶积处理系统

三个子模块：

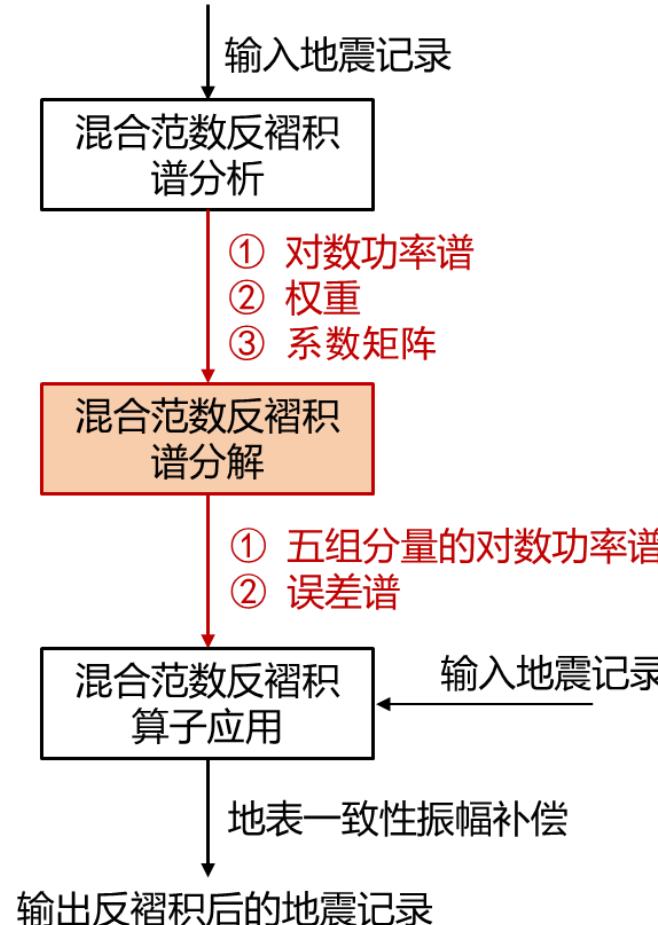
- 混合范数反褶积**估算**模块
- 混合范数反褶积**分解**模块
- 混合范数反褶积**应用**模块





# 混合范数反褶积处理系统

## 2. 分解模块



**特点1：**采用超松弛雅克比迭代算法将对数功率谱分解为炮点、检波点、共中心点、偏移距、全局项五组分量，在非一致性噪音较强的情况下，该算法比常用的高斯塞德尔算法更稳健更快，能求解不受噪音影响的结果。

$$J = \min(\|L(trace) - L_m(trace)\|^2)$$

$$L_m(trace) = L(src) + L(det) + L(cmp) + L(offset) + L(global)$$

模型谱

overrelaxation factor

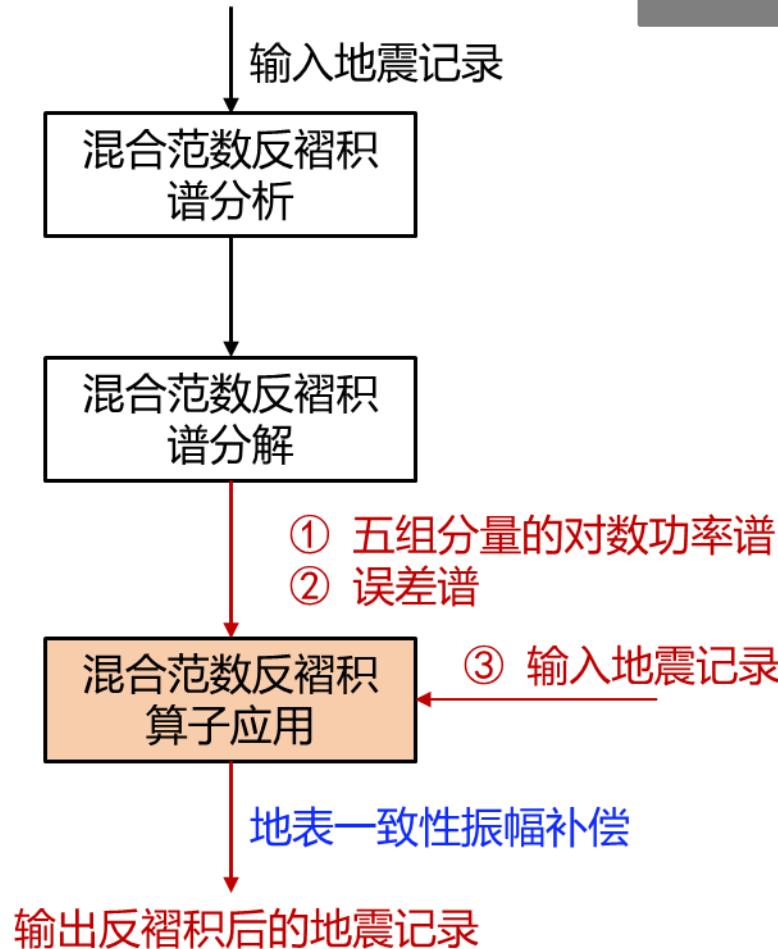
0.25

**特点2：**引入误差谱的概念，将每道的误差谱与整体误差分布进行比较，考察是否含有过量的非一致性噪音，对噪音大的地震道进行标记。

$$E(trace) = L(trace) - L_m(trace)$$



### 地表一致性振幅补偿



对五组反褶积算子和校正算子进行**地表一致性振幅补偿**后再与地震记录褶积，可消除激发、接收和近地表的差异对地震振幅的影响，增强地震记录能量的一致性，改善地震记录同相轴的连续性。



# 目录

CONTENTS



- 一 问题的提出
- 二 基本原理
- 三 使用说明
- 四 应用实例
- 五 结论与讨论



### 三、使用说明

GENERAL

autocorrelation length(ms)	200.0
time window	manual input
grid coordinate definition type	from database
origin of X coordinate(m)	manual input
origin of Y coordinate(m)	0.00
end X coordinate in inline(m)	0.00
end Y coordinate in inline(m)	0.00
grid size of X direction	10.00
grid size of Y direction	20.00
grid size of offset direction	50.00
maximum traces per input gather	10000
filename	spectra_name
repeated filename	job abort

估算模块界面

autocorrelation length(ms)

分析时窗窗口内的最长有效时长，即自相关长度。该值需小于等于单个分析时窗长

度，缺省值 200ms，取值范围 50~20000ms。

分析时窗参数，共 6 行可填 6 组分析时窗。每行有 2 列，如图 4.3.1-2。第一列为分析窗的起始时间，第二列为分析窗的结束时间。

	start time of analysis time window	end time of analysis time window
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0

当 grid coordinate definition type 选择 manual input 时出现以下四个参数：

**origin of X coordinate(m)**

CMP 网格坐标系原点的横坐标 X，即主测线方向第一个点的 X 坐标，工区网格 First 点对应的 X 坐标值，该值用于定义谱分解计算过程中的网格大小，缺省为 0.0。

**origin of Y coordinate(m)**

CMP 网格坐标系原点的纵坐标 Y，即主测线方向第一个点的 Y 坐标，工区网格 First 点对应的 Y 坐标值，该值用于定义谱分解计算过程中的网格大小，缺省为 0.0。

**end X coordinate in inline(m)**

CMP 网格坐标系 X 轴上最大点的横坐标 X，即主测线方向最后一个点的 X 坐标，工区网格 Second 点对应的 X 坐标值，该值用于定义谱分解计算过程中的网格大小，缺省为 0.0。

**end Y coordinate in inline(m)**

CMP 网格坐标系 X 轴上最大点的纵坐标 Y，即主测线方向最后一个点的 Y 坐标，工区网格 Second 点对应的 Y 坐标值，该值用于定义谱分解计算过程中的网格大小，缺省为 0.0。



# 三、使用说明

GENERAL

autocorrelation length(ms)	200.0
time window	<input type="text"/>
grid coordinate definition type	manual input
origin of X coordinate(m)	from database manual input
origin of Y coordinate(m)	0.00
end X coordinate in inline(m)	0.00
end Y coordinate in inline(m)	0.00
grid size of X direction	10.00
grid size of Y direction	20.00
grid size of offset direction	50.00
maximum traces per input gather	10000
filename	spectra_name
repeated filename	job abort

估算模块界面

## grid size of X direction

CMP 网格 X 轴方向上的网格间距，该值必须大于 0，缺省为 10。

## grid size of Y direction

CMP 网格 Y 轴方向上的网格间距，该值必须大于 0，缺省为 20。

## grid size of offset direction

坐标系下圆环半径，即炮检距项网格设置的间距，该值必须大于 0，缺省为 50。

## maximum traces per input gather

输入数据一个道集的最大道数，取值范围 1~100000，缺省为 10000，此参数用于内存计算，保证本模块最大运行内存小于 10G，具体请看限制及注意事项。

## filename

输出二进制文件的名字，文件名长度不能超过 512 个字符。

## repeated filename

若系统中已有同名数据的处理方式，共有 2 个选项。

'job abort' 作业失败返回（缺省）。

'override file' 覆盖同名数据。



# 三、使用说明

GENERAL

number of iteration	8
overrelaxation factor	0.25
decay exponent of mixed norm	1.50
'width' coefficient of mixed norm	1.20
update global term option	yes
input file mode	input filename
inputting filename	<input type="text" value=""/>
output spectrum filename	mixnormdeconde.com
tmp file directory	
number of tasks	5
maximum number of threads	32
repeated filename	job abort

分解模块界面

## number of iteration

用于求解系数功率谱的超松弛雅可比谱分解算法计算的迭代次数，缺省值为 8 次，一般建议选择 5 至 9 次迭代效果较好，取值范围 1~50。

## overrelaxation factor

用于求解系数功率谱的目标函数中的自适应权重系数，缺省值为 0.25，取值范围 0~10，该参数影响每次迭代的更新量大小，过小迭代时间长，过大可能导致分解过程不稳定一般采取默认参数即可。

## decay exponent of mixed norm

用于求解系数功率谱的自适应权重衰减系数，缺省值为 1.5，取值必须大于 0，与 'width' coefficient of mixed norm 配合使用，填写数值可参见 1.3 中原理说明。

## 'width' coefficient of mixed norm

用于求解系数功率谱的目标函数中的自适应权重阈值，缺省值为 1.2，取值必须大于 0，与 decay exponent of mixed norm 配合使用，填写数值可参见 1.3 中原理说明。

## update global term option

迭代过程中是否对全局项进行重整形操作，共有 2 个选项：

'yes'

运用全局项重整形操作（缺省）。

'no'

不运用全局项重整形操作。



### 三、使用说明

GENERAL

number of iteration	8
overrelaxation factor	0.25
decay exponent of mixed norm	1.50
'width' coefficient of mixed norm	1.20
update global term option	yes
input file mode	input filename
inputting filename	input filename input prefix mixnormdecondecom
output spectrum filename	
tmp file directory	
number of tasks	5
maximum number of threads	32
repeated filename	job abort

分解模块界面

inputting filename

1	inputting filename
2	
3	
4	

若 **input file mode** 选择 **input filename** 则会出现以下参数：

**inputting filename**

输入第一步估算模块输出文件的文件名，可选择作业所在工区 **datatable** 目录下的二进制文件，最多可输入 2000 个文件，每个文件的长度不超过 512 个字符。

input file mode

input prefix
prefix

若 **input file mode** 选择 **input prefix** 则会出现以下参数：

**prefix**

输入第一步估算模块输出文件的文件名前缀，长度不能超过 512 个字符，根据输入的文件前缀会自动匹配作业所在工区 **datatable** 目录下的二进制文件。



# 三、使用说明

GENERAL

number of iteration	8
overrelaxation factor	0.25
decay exponent of mixed norm	1.50
'width' coefficient of mixed norm	1.20
update global term option	yes
input file mode	input filename
inputting filename	<input type="text"/> mixnormdecondecom
output spectrum filename	mixnormdecondecom
tmp file directory	<input type="text"/>
number of tasks	5
maximum number of threads	32
repeated filename	job abort

分解模块界面

## output spectrum filename

输出谱分解文件名，长度不能超过 512 个字符。

## tmp file directory

计算过程中产生的临时文件存放目录，长度不能超过 512 个字符，填写该文件夹所在的绝对路径，作业发送后会自动在该路径建立存储临时文件的文件夹，建立的文件夹名字为 MixNormSCDeconDecomp-用户自定义的输出文件名-jobname-jobnumber-作业调度号，正常结束或者正常报错退出会自行删除该临时文件夹。如果填写的绝对路径为共享盘路径则只会在该共享盘下建立一个文件夹，如果填写的绝对路径为本地盘路径则每个作业运行节点的本地盘都会建立一个文件夹。

## number of tasks

作业运行使用的节点数，缺省为 5，取值范围 1~128。

## maximum number of threads

作业运行每个节点使用的线程数，缺省为 32，该数值必须大于等于 1，若填写的线程数大于节点实际可利用线程数，则实际运行使用节点实际可利用线程数，若小于节点实际可利用线程数，则实际运行使用用户填写的线程数。

## repeated filename

若系统中已有同名数据的处理方式，共有 2 个选项。

'job abort' 作业失败返回（缺省）。

'override file' 覆盖同名数据。



### 三、使用说明

Parameters Modules Selector

GENERAL

spectrum filename	
white noise percent(%)	0.01
operator length(ms)	120
predictive distance(ms)	2
window and operator parameter	<input type="button" value="..."/> <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="X"/>
apply normalization option	no
number of threads	16
apply spectrum shaping option	apply global term
size of buffer (GB)	10
maximum traces per input gather	10000

应用模块界面

#### spectrum filename

输入的分量谱数据表文件名，该文件为混合范数地表一致性反褶积-分解（MixNormSCDeconDecom）输出结果，文件存放于数据表目录中。

#### white noise percent (%)

白噪百分比，缺省值 0.01，即 0.01%，取值范围为 1~100。用于求解反褶积算子，当数据的信噪比较高时，可以适当降低白噪，也可以获得较稳定的反褶积算子。

#### operator length (ms)

算子长度，缺省值 120，单位 ms，取值范围为 1~500。

#### predictive distance (ms)

预测步长，单位 ms。该参数根据应用谱整形选件参数来设计，当 apply spectrum shaping option 参数选择 no 和 apply global operator 两个选项时，预测步长建议选一个采样间隔，即脉冲反褶积。当选择其他三个选项时可以适当调整预测步长，建议选择小预测步长。



### **三、使用说明**

Parameters		Modules Selector																				
<p><b>GENERAL</b></p> <table border="1"> <tr> <td>spectrum filename</td> <td></td> </tr> <tr> <td>white noise percent(%)</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>operator length(ms)</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>predictive distance(ms)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>window and operator parameter</td> <td> <input type="text"/>    </td> </tr> <tr> <td>apply normalization option</td> <td>no</td> </tr> <tr> <td>number of threads</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>apply spectrum shaping option</td> <td>apply global term</td> </tr> <tr> <td>size of buffer (GB)</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>maximum traces per input gather</td> <td>10000</td> </tr> </table>			spectrum filename		white noise percent(%)	0.01	operator length(ms)	120	predictive distance(ms)	2	window and operator parameter	<input type="text"/>   	apply normalization option	no	number of threads	16	apply spectrum shaping option	apply global term	size of buffer (GB)	10	maximum traces per input gather	10000
spectrum filename																						
white noise percent(%)	0.01																					
operator length(ms)	120																					
predictive distance(ms)	2																					
window and operator parameter	<input type="text"/>   																					
apply normalization option	no																					
number of threads	16																					
apply spectrum shaping option	apply global term																					
size of buffer (GB)	10																					
maximum traces per input gather	10000																					

## 应用模块界面

## window and operator parameter

时窗和算子参数。

**start time of application window(ms)** 应用时窗的起始时间。

**end time of application window(ms)** 应用时窗的结束时间。

**No. of analysis window A** 填写混合范数地表一致性反褶积-估算(MixNormSCDeconEst)分析时窗序号,用于组合形成应用算子,与percentage analysis window A同时确定该分析时窗在应用算子中的占比。

**No. of analysis window B** 填写混合范数地表一致性反褶积-估算(MixNormSCDeconEst)分析时窗序号, 用于组合形成应用算子, 与 percentage analysis window B 同时确定该分析时窗在应用算子中的占比。

**percentage analysis window A(%)** 对于当前应用算子，估算模块中分析时窗 A 分量所占百分比。例如：估算模块中设计两个时窗，序号分别为 1 和 2，**No. of analysis window A** 可以填写 1，**No. of analysis window B** 可以填写 2，由公式（时窗 1 的分量谱\* percentage analysis window A(%) + 时窗 2 的分量谱\* percentage analysis window B(%)) 计算当前应用算子。

**percentage analysis window B(%)** 对于当前应用算子，估算模块中分析时窗 B 分量所占百分比。

apply salvage flag

是否应用校正算子。1：应用；0：不应用。

**threshold for the salvage operator** 校正算子的阈值，根据资料信噪比选取，信噪比越低，该值越小，大于该阈值的数据应用校正算子。

**start time of salvage operator analysis window(ms)**时窗的起始时间，该时窗用于计算校正算子。

**end time of salvage operator analysis window(ms)** 时窗的终止时间，该时窗用于计算校正算子。



# 三、使用说明

Parameters Modules Selector

GENERAL

spectrum filename	
white noise percent(%)	0.01
operator length(ms)	120
predictive distance(ms)	2
window and operator parameter	<input type="button" value="..."/> <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="X"/>
apply normalization option	no
number of threads	16
apply spectrum shaping option	apply global term
size of buffer (GB)	10
maximum traces per input gather	10000

应用模块界面

## window and operator parameter

时窗和算子参数。

ngpjjobeditor									
of application wi of application wi of analysis windc of analysis wirappy salvage flag for the salvage age operator anzage operator ana									
1 500	5000	1	1	50	50	1	0	1000	5000

start time of application window(ms) 应用时窗的起始时间。

end time of application window(ms) 应用时窗的结束时间。

No. of analysis window A 填写混合范数地表一致性反褶积-估算  
(MixNormSCDeconEst) 分析时窗序号, 用于组合形成应用算子, 与 percentage analysis window A 同时确定该分析时窗在应用算子中的占比。

No. of analysis window B 填写混合范数地表一致性反褶积-估算  
(MixNormSCDeconEst) 分析时窗序号, 用于组合形成应用算子, 与 percentage analysis window B 同时确定该分析时窗在应用算子中的占比。

percentage analysis window A(%) 对于当前应用算子, 估算模块中分析时窗 A 分量所占百分比。例如: 估算模块中设计两个时窗, 序号分别为 1 和 2, No. of analysis window A 可以填写 1, No. of analysis window B 可以填写 2, 由公式 (时窗 1 的分量谱\* percentage analysis window A(%)+时窗 2 的分量谱\* percentage analysis window B(%)) 计算当前应用算子。

percentage analysis window B(%) 对于当前应用算子, 估算模块中分析时窗 B 分量所占百分比。

apply salvage flag 是否应用校正算子。1: 应用; 0: 不应用。

threshold for the salvage operator 校正算子的阈值, 根据资料信噪比选取, 信噪比越低, 该值越小, 大于该阈值的数据应用校正算子。

start time of salvage operator analysis window(ms) 时窗的起始时间, 该时窗用于计算校正算子。

end time of salvage operator analysis window(ms) 时窗的终止时间, 该时窗用于计算校正算子。



# 三、使用说明

Parameters Modules Selector

GENERAL

spectrum filename	
white noise percent(%)	0.01
operator length(ms)	120
predictive distance(ms)	2
window and operator parameter	<input type="button" value="..."/>
apply normalization option	no
number of threads	16
apply spectrum shaping option	apply global term
size of buffer (GB)	10
maximum traces per input gather	10000

应用模块界面

## apply normalization option

是否采用归一化处理，根据分量谱的能量值对算子和数据进行归一化处理，在归一化的同时可以对地震数据进行一定程度的振幅补偿。有以下两个选项：

- |       |                |
|-------|----------------|
| 'no'  | 不使用归一化处理，缺省选项。 |
| 'yes' | 归一化处理。         |

当 apply normalization option 选择 yes 时出现以下四个参数：

### start frequency range for operator

对地表一致性算子进行归一化处理的起始频率，缺省值 6Hz，建议使用可靠性较高的主频段，取值范围为 0~500。

### end frequency range for operator

对地表一致性算子进行归一化处理的终止频率，缺省值 50Hz，建议使用可靠性较高的主频段，取值范围为 0~5000。

### start frequency range for salvage operator

对校正算子进行归一化处理的起始频率，缺省值 6Hz，建议使用可靠性较高的主频段，取值范围为 0~500。

### end frequency range for salvage operator

对校正算子进行归一化处理的终止频率，缺省值 50Hz，建议使用可靠性较高的主频段，取值范围为 0~5000。



### 三、使用说明

Parameters Modules Selector

GENERAL

spectrum filename	
white noise percent(%)	0.01
operator length(ms)	120
predictive distance(ms)	2
window and operator parameter	<input type="button" value="..."/> <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="X"/>
apply normalization option	no
number of threads	16
apply spectrum shaping option	apply global term
size of buffer (GB)	10
maximum traces per input gather	10000

应用模块界面

#### maximum number of threads

作业运行每个节点使用的线程数，缺省为 16，该数值必须大于等于 1，若填写的线程数大于节点实际可利用线程数，则实际运行使用节点实际可利用线程数，若小于节点实际可利用线程数，则实际运行使用用户填写的线程数。

#### size of buffer(GB)

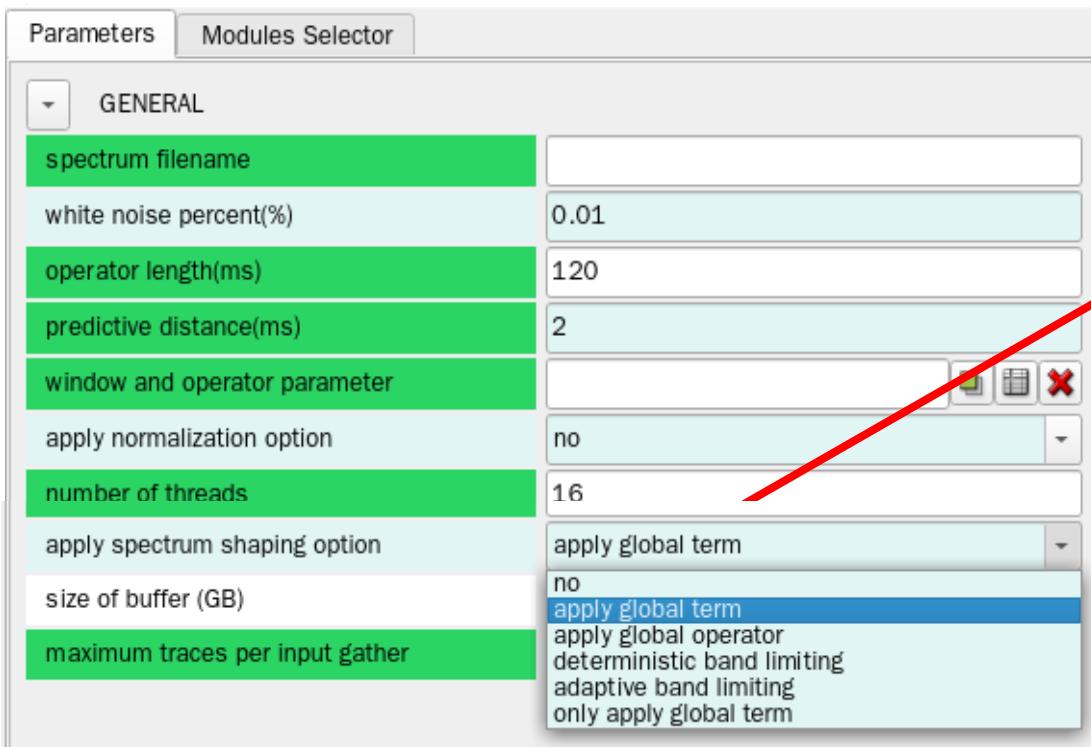
内存的大小，缺省值 10GB，取值范围为 0~128。如果模块所需内存小于该数值，则把谱系数文件放入内存，运行效率会提高，如果大于该数值，则需要多次读取谱系数文件，会一定程度上影响模块运行效率。

#### maximum traces per input gather

输入道集的最大道数，默认为 10000，取值范围为 1~100000。当输入道集覆盖次数大于本参数时，道集会分多次输入进行并行处理，不影响处理结果。



# 三、使用说明



应用模块界面

## apply spectrum shaping option

该功能是对全局项进行处理的选件。有以下六个选件：

'no' 不应用全局项，该选件仅做一致性处理，不提高分辨率，预测补偿建议选择 1 个采样间隔，做脉冲反褶积。

'apply global term' 应用全局项，缺省选项，该选件与常规的地表一致性反褶积效果类似，应用全局项和炮点、检波点、面元、炮检距五项分量，但不对全局项进行任何处理。

'apply global operator' 应用外部输入的文本格式的整形算子，该算子计算详见 1.6.

'deterministic band limiting' 确定性带限滤波器，对谱分量进行带限处理，应用该选件，对高低频部分会有一定的压制作用，提频能量受到影响。

'adaptive band limiting' 自适应带限滤波器，对高低频不可靠的频带，利用可靠频带自适应回归计算。

'only apply global term' 仅应用全局项，不应用炮点、检波点、面元、炮检距四项，且不对全局项进行特殊处理，该选项不做地表一致性处理，只应用全局项进行提高分辨率处理。



### 三、使用说明

Parameters Modules Selector

GENERAL

spectrum filename	
white noise percent(%)	0.01
operator length(ms)	120
predictive distance(ms)	2
window and operator parameter	<input type="button" value="..."/>
apply normalization option	no
number of threads	16
apply spectrum shaping option	apply global operator <input style="margin-left: 10px;" type="button" value="..."/> <input style="margin-left: 10px;" type="button" value="X"/>
operator filename prefix	
size of buffer (GB)	10
maximum traces per input gather	10000

#### operator filename prefix

当 apply spectrum shaping option 为'apply global operator'时，需要输入外部算子文件名前缀。外部算子计算详见 1.6。输出整形算子要求存入数据表 datatable 目录中，并要求其后缀增加 \_1，当混合范数地表一致性反褶积-估算（MixNormSCDeconEst）存在多个分析时窗时，要求计算多个整形算子，算子后缀分别为 \_1、\_2 等，该后缀分别对应分析时窗序号。注意：要求所有的算子为同名，仅后缀不同，当填写文件名称时，需要去掉后缀。

应用模块界面



# 三、使用说明

Parameters Modules Selector

GENERAL

spectrum filename	
white noise percent(%)	0.01
operator length(ms)	120
predictive distance(ms)	2
window and operator parameter	
apply normalization option	no
number of threads	16
apply spectrum shaping option	deterministic band limiting
emphasis at lower end (dB)	20.0
start lower flank (Hz)	3.0
end lower flank (Hz)	8.0
start upper flank (Hz)	60.0
end upper flank (Hz)	80.0
emphasis at upper end (dB)	20.0
percentage of flank to smooth	3.0
size of buffer (GB)	10
maximum traces per input gather	10000

应用模块界面

当 apply spectrum shaping option 为'deterministic band limiting'时，出现以下7个参数：

**emphasis at lower end (dB)**  
低频段压制的分贝数，缺省值 20dB，取值范围为 0~50。

**start lower flank (Hz)**

低频侧翼的起始频率，与 end lower flank (Hz)共同确定低频部分过渡区，缺省值 3 Hz，取值范围为 0~5000。

**end lower flank (Hz)**

低频侧翼的终止频率，缺省值 8 Hz，取值范围为 0~5000。

**start upper flank (Hz)**

高频侧翼的起始频率，与 end upper flank (Hz)共同确定高频部分过渡区，缺省值 60 Hz，取值范围为 0~5000。

**end upper flank (Hz)**

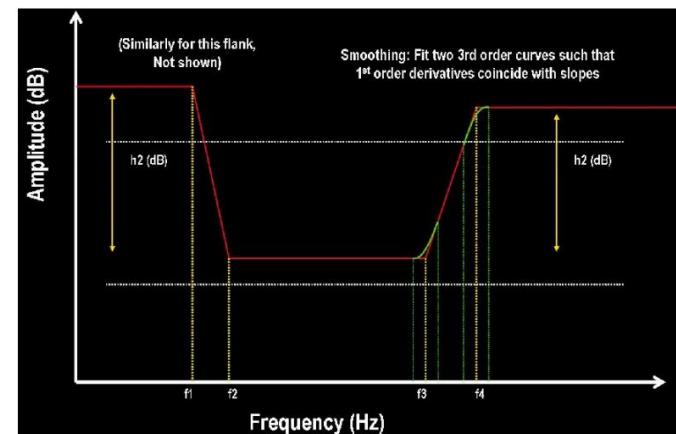
高频侧翼的终止频率，缺省值 80 Hz，取值范围为 0~5000。

**emphasis at upper end (dB)**

高频段压制的分贝数，缺省值 20dB，取值范围为 0~50。

**percentage of flank to smooth**

平滑度，定义低频和高频过渡带的平滑度百分比，缺省值 3，取值范围为 0~100。





# 三、使用说明

Parameters Modules Selector

GENERAL

spectrum filename	
white noise percent(%)	0.01
operator length(ms)	120
predictive distance(ms)	2
window and operator parameter	<input type="button" value="..."/> <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="X"/>
apply normalization option	no
number of threads	16
apply spectrum shaping option	adaptive band limiting <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="X"/>
lower offset	0.0
lower end full (Hz)	5.0
lower pivot (Hz)	10.0
lower inner (Hz)	15.0
upper inner (Hz)	40.0
upper pivot (Hz)	50.0
upper start full (Hz)	60.0
upper offset	0.0
size of buffer (GB)	10
maximum traces per input gather	10000

## 应用模块界面

当 apply spectrum shaping option 为'adaptive band limiting'时，出现以下八个参数：

### lower offset

低频侧翼的偏移量，缺省值 0DB，取值范围为 0~50。

### lower end full (Hz)

低频侧翼的终止频率，低于该频率部分用该频率值外推，缺省值 5 Hz，取值范围为 0~5000。

### lower pivot (Hz)

低频侧翼转折点，低频侧翼的起始频率和线性回归终止频率，基于在 lower pivot (Hz) 和 lower inner (Hz) 之间的线性回归模型外推 lower end full (Hz) 和 lower pivot (Hz) 之间的频谱值，缺省值 10 Hz，取值范围为 0~5000。

### lower inner (Hz)

低频侧翼的线性回归起始频率，在 lower pivot (Hz) 和 lower inner (Hz) 之间进行线性回归计算，缺省值 15 Hz，取值范围为 0~5000。

### upper inner (Hz)

高频侧翼的线性回归起始频率，在 upper pivot (Hz) 和 upper inner (Hz) 之间进行线性回归计算，缺省值 40 Hz，取值范围为 0~5000。

### upper pivot (Hz)

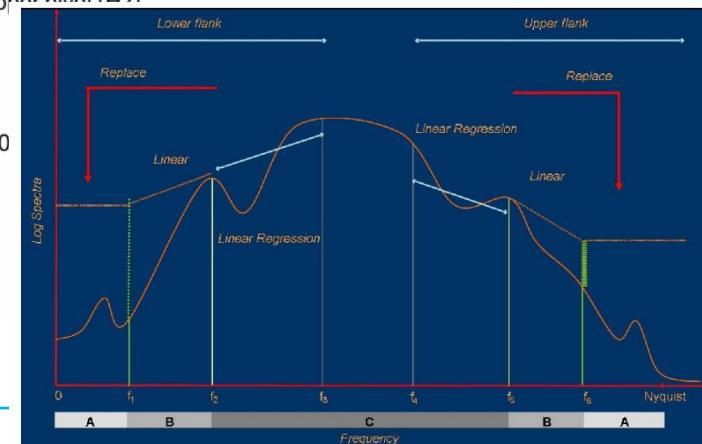
高频侧翼转折点，高频侧翼的起始频率和线性回归终止频率，基于在 upper pivot (Hz) 和 upper inner (Hz) 之间的线性回归模型外推 upper end full (Hz) 和 upper pivot (Hz) 之间的频谱值，缺省值 50 Hz，取值范围为 0~5000。

### upper end full (Hz)

高频侧翼的终止频率，高于该频率部分用该频率值外推，缺省值 60 为 0~5000。

### upper offset

高频侧翼的偏移量，缺省值 0 DB，取值范围为 0~50。





# 目录

CONTENTS

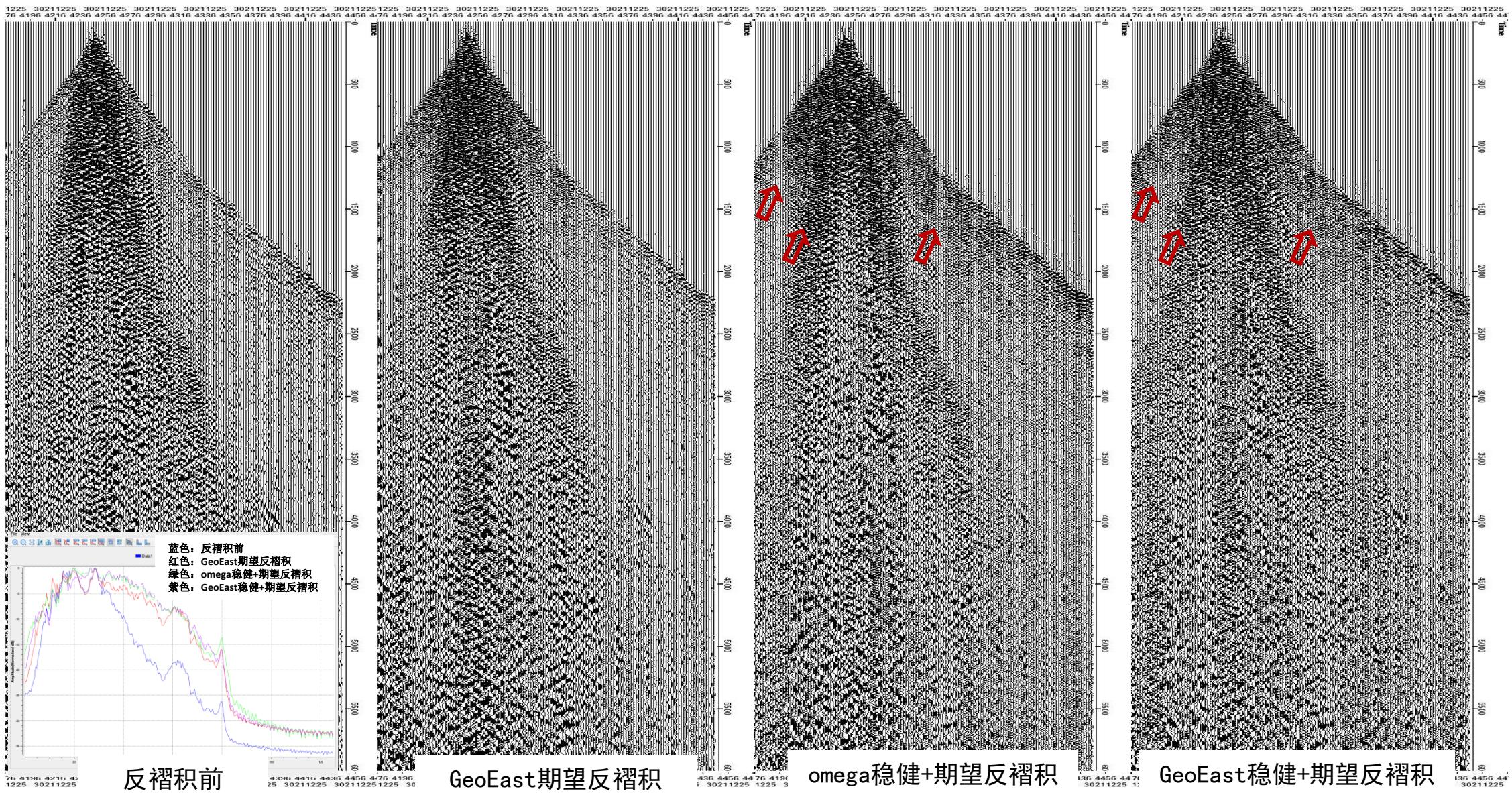


- 一 问题的提出
- 二 基本原理
- 三 使用说明
- 四 应用实例
- 五 结论与讨论

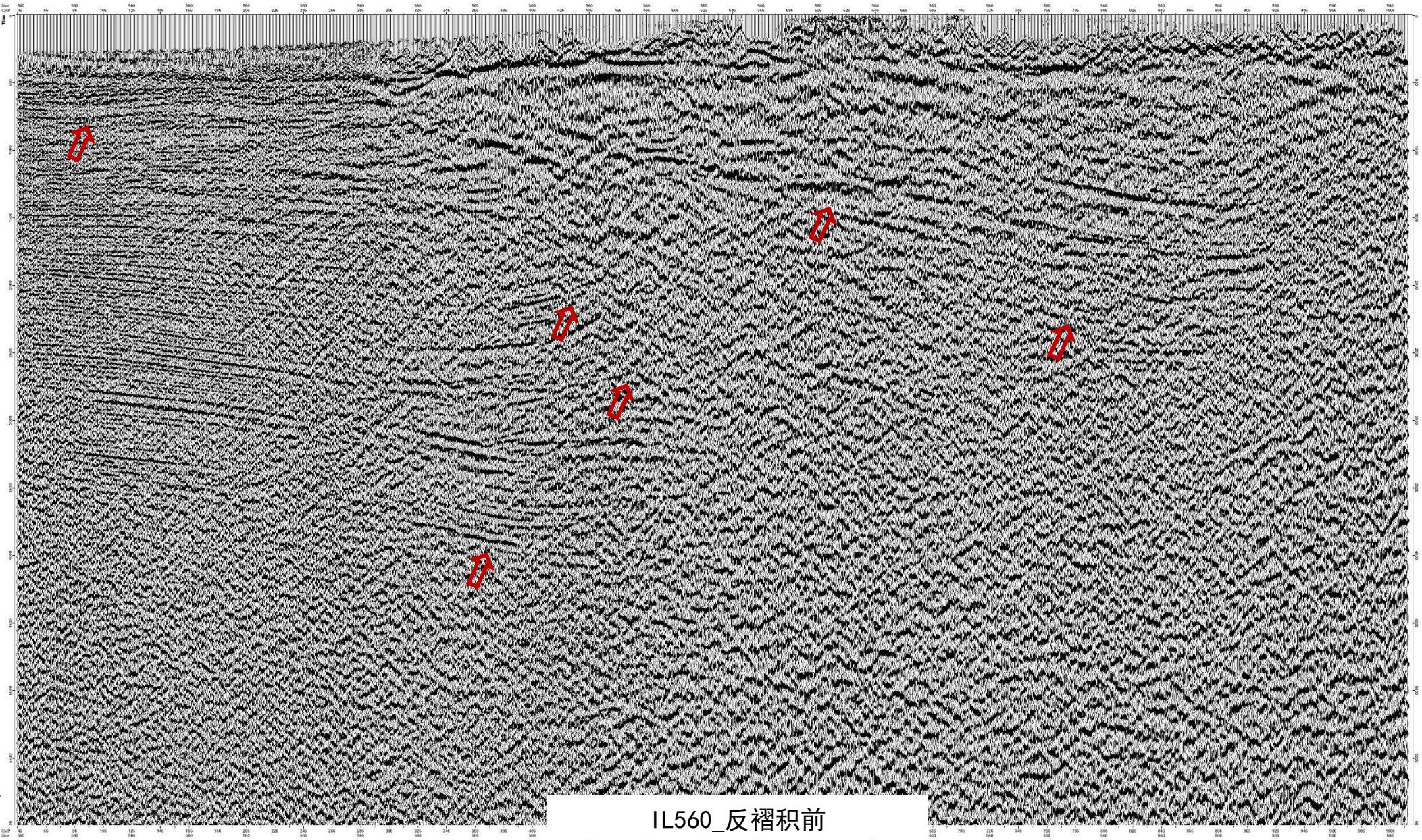


## 四、应用实例一

(步长8ms)

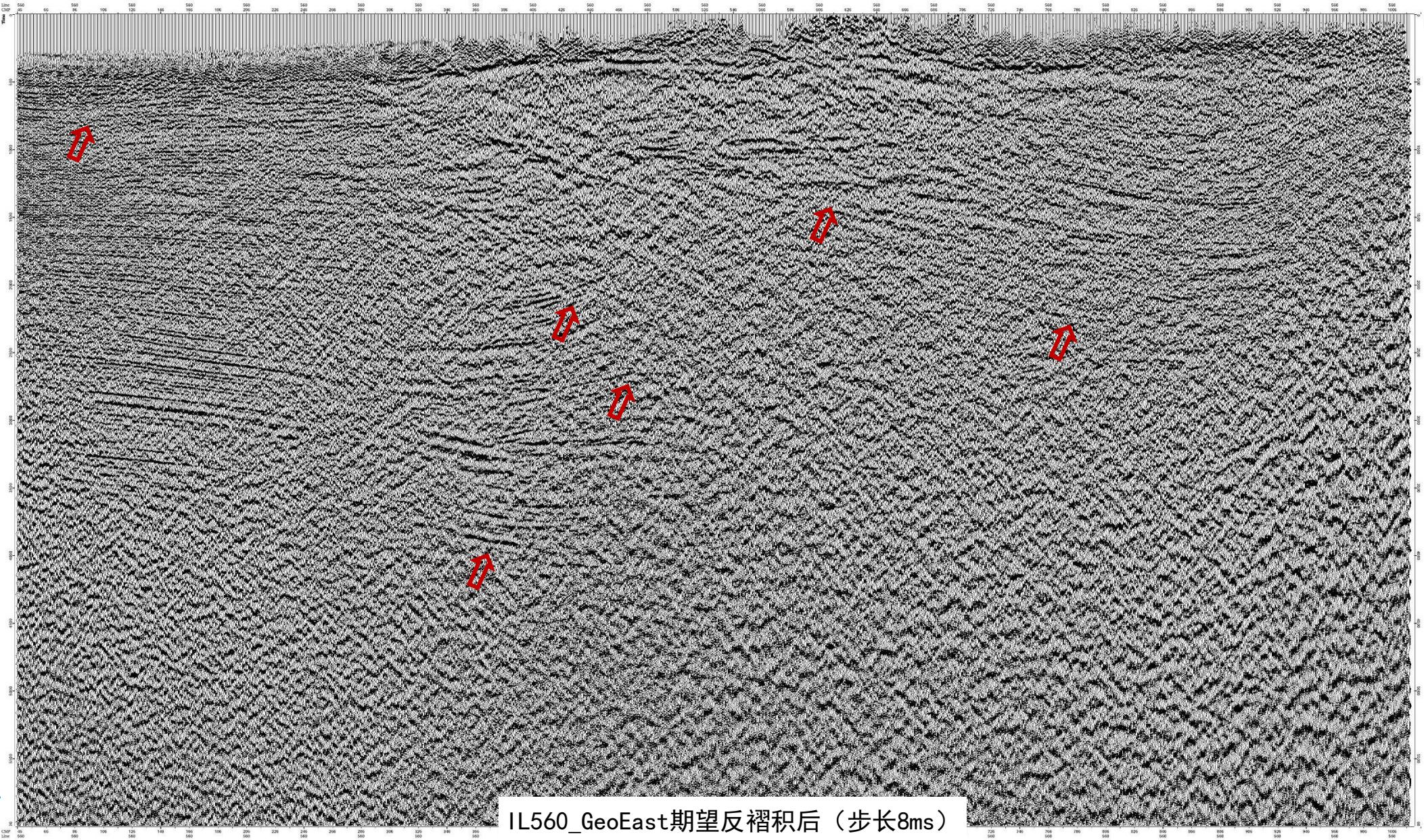


## 四、应用实例一

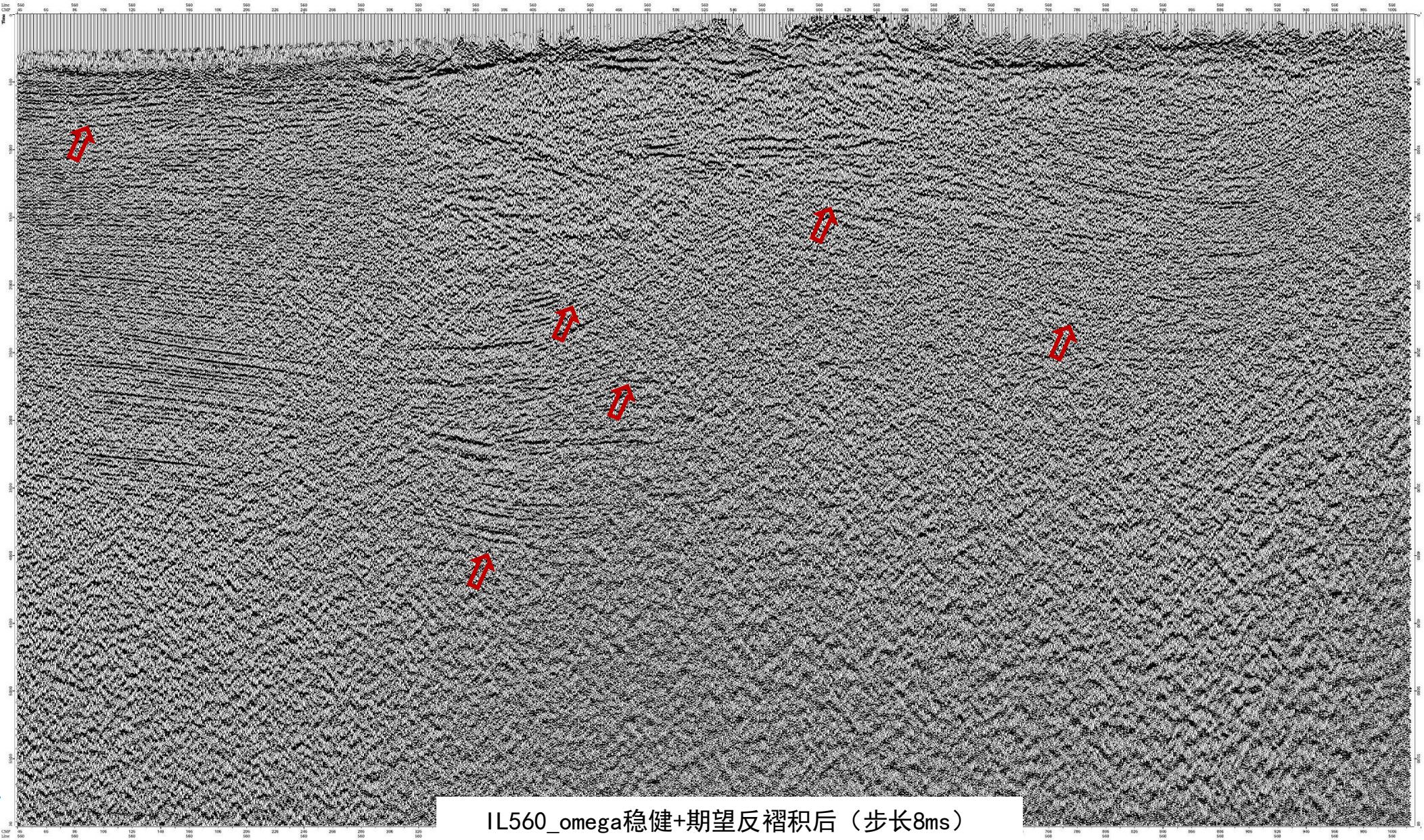




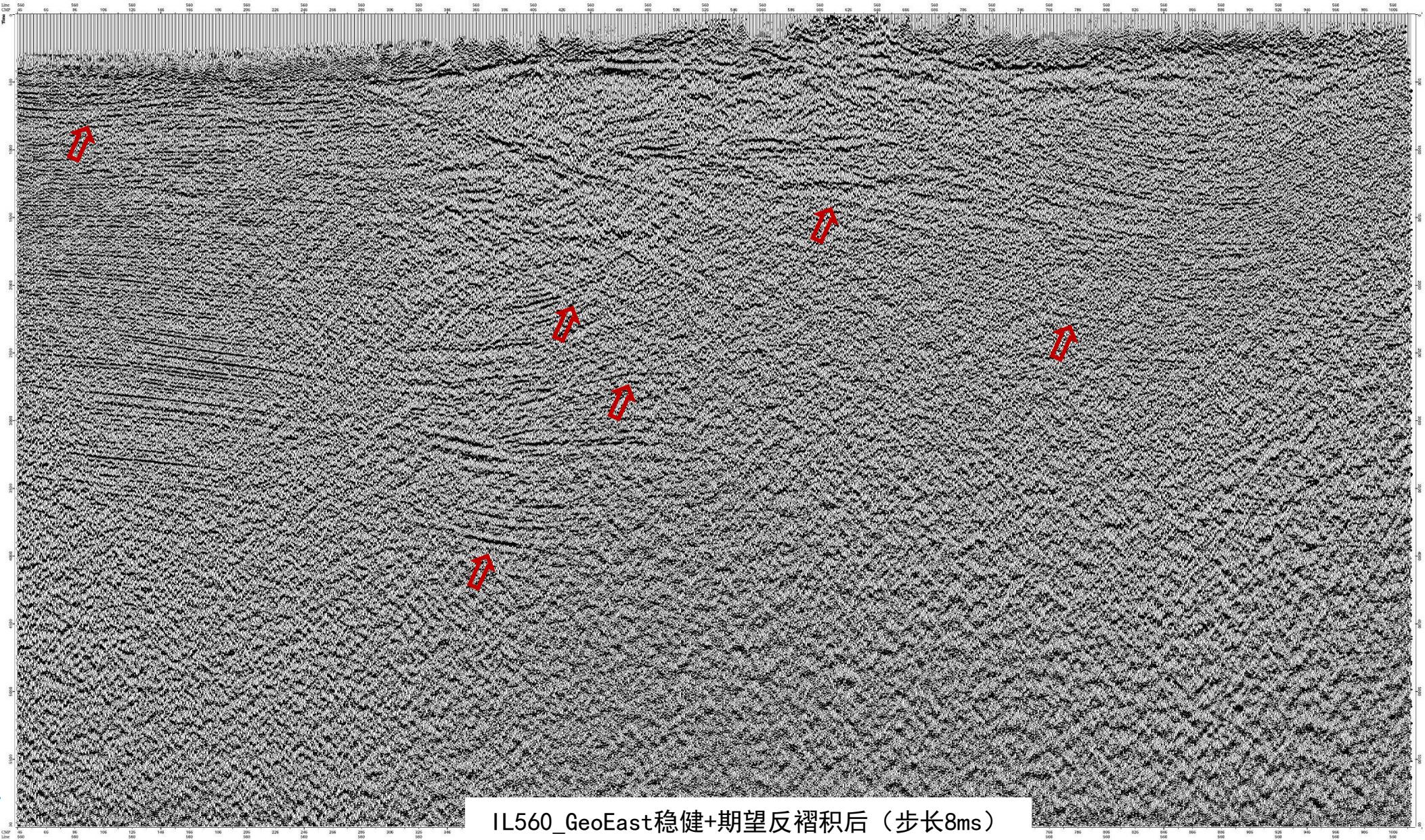
## 四、应用实例一



## 四、应用实例一

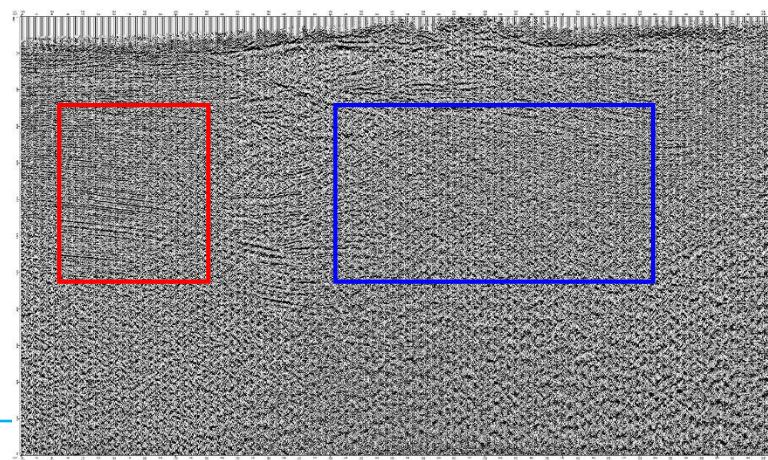
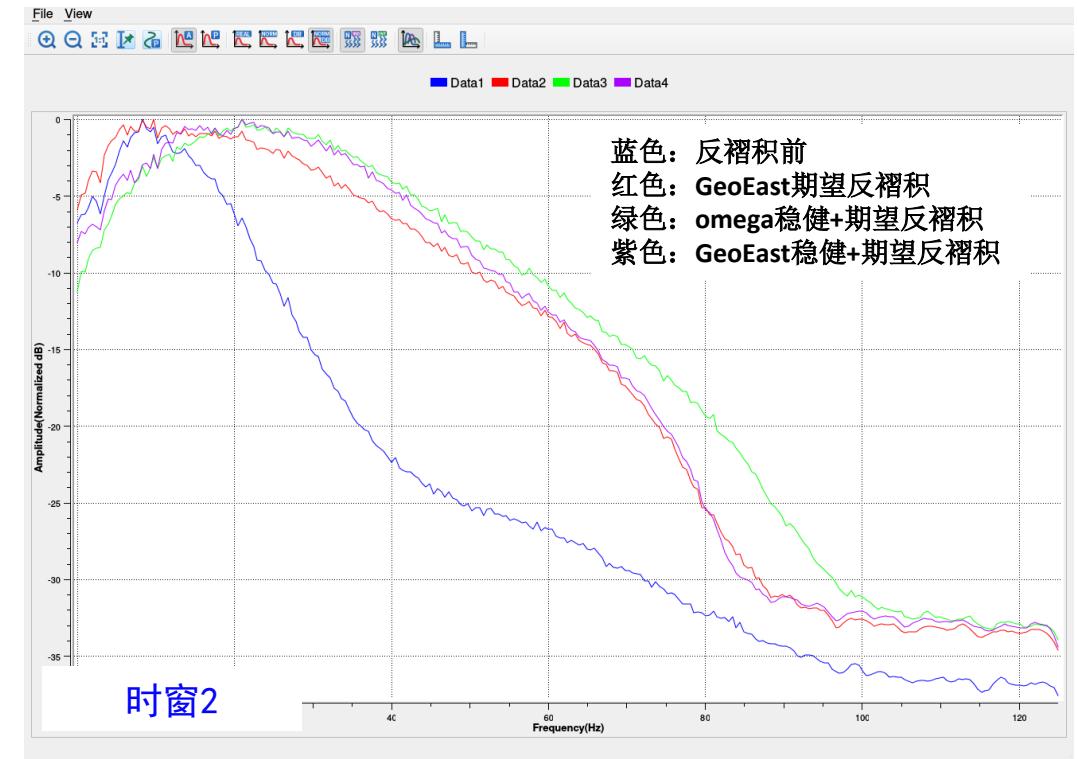
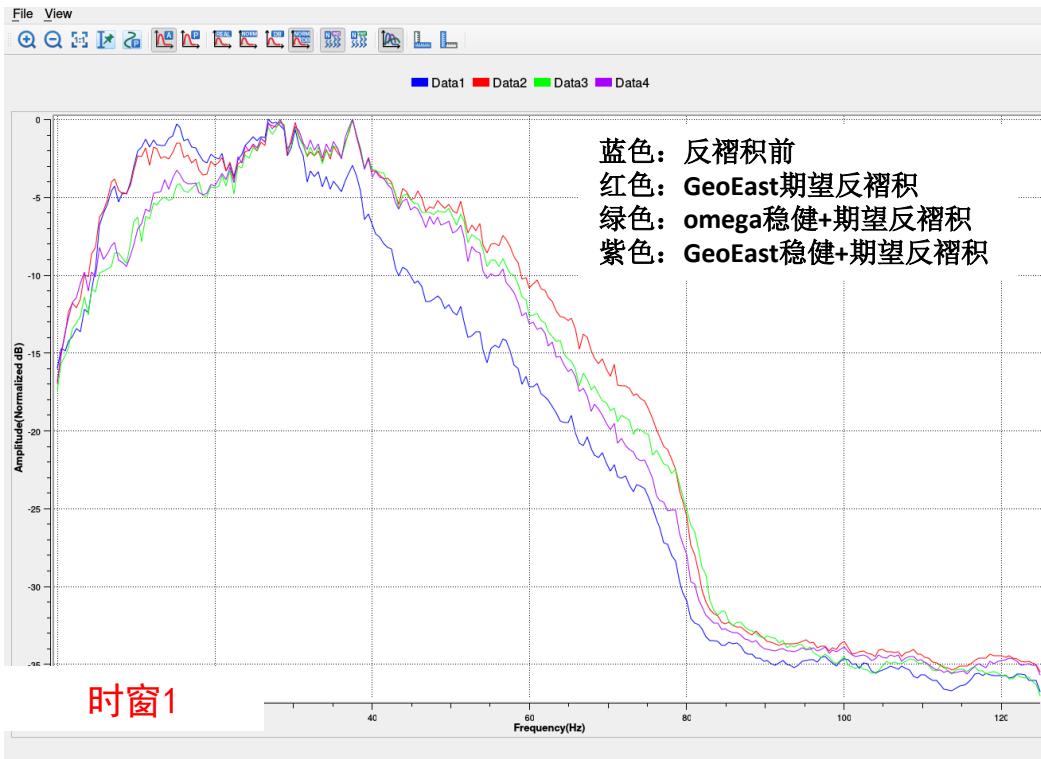


# 四、应用实例一





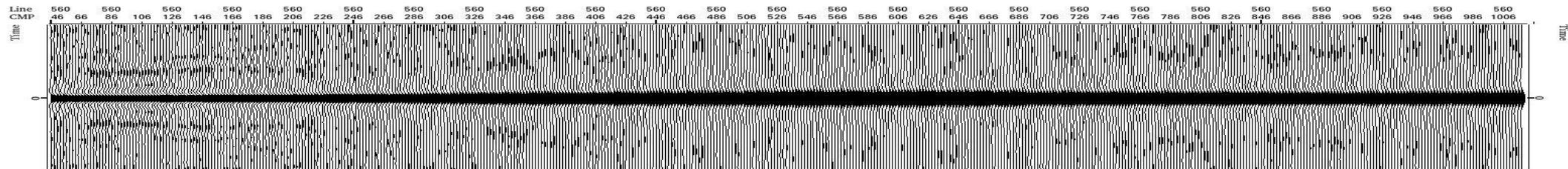
## 四、应用实例一



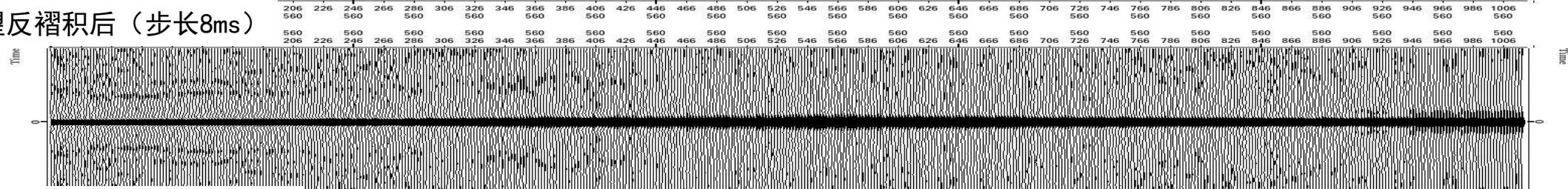


## 四、应用实例一

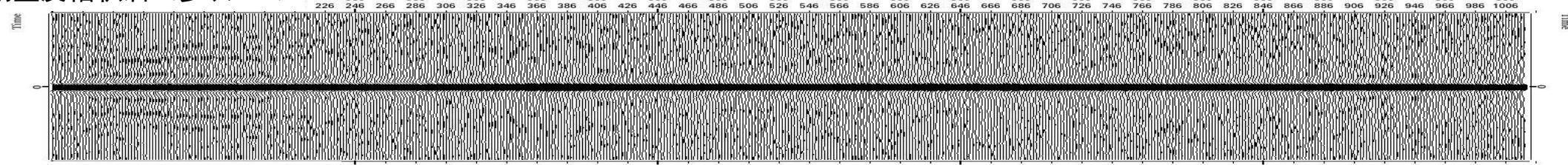
反褶积前



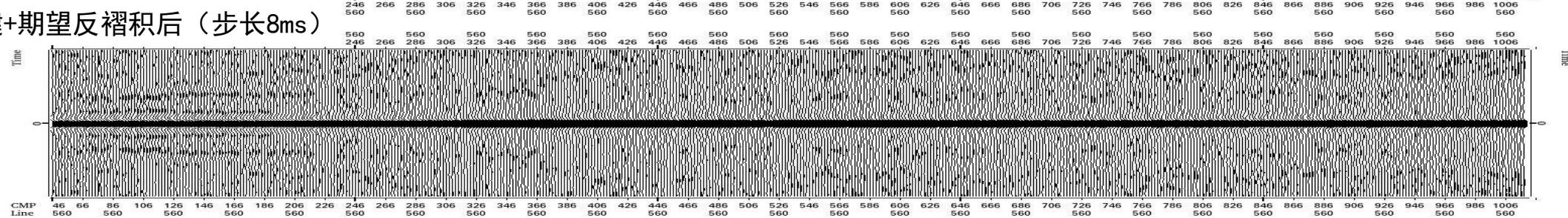
### GeoEast期望反褶积后（步长8ms）



omega稳健+期望反褶积后 (步长8ms)

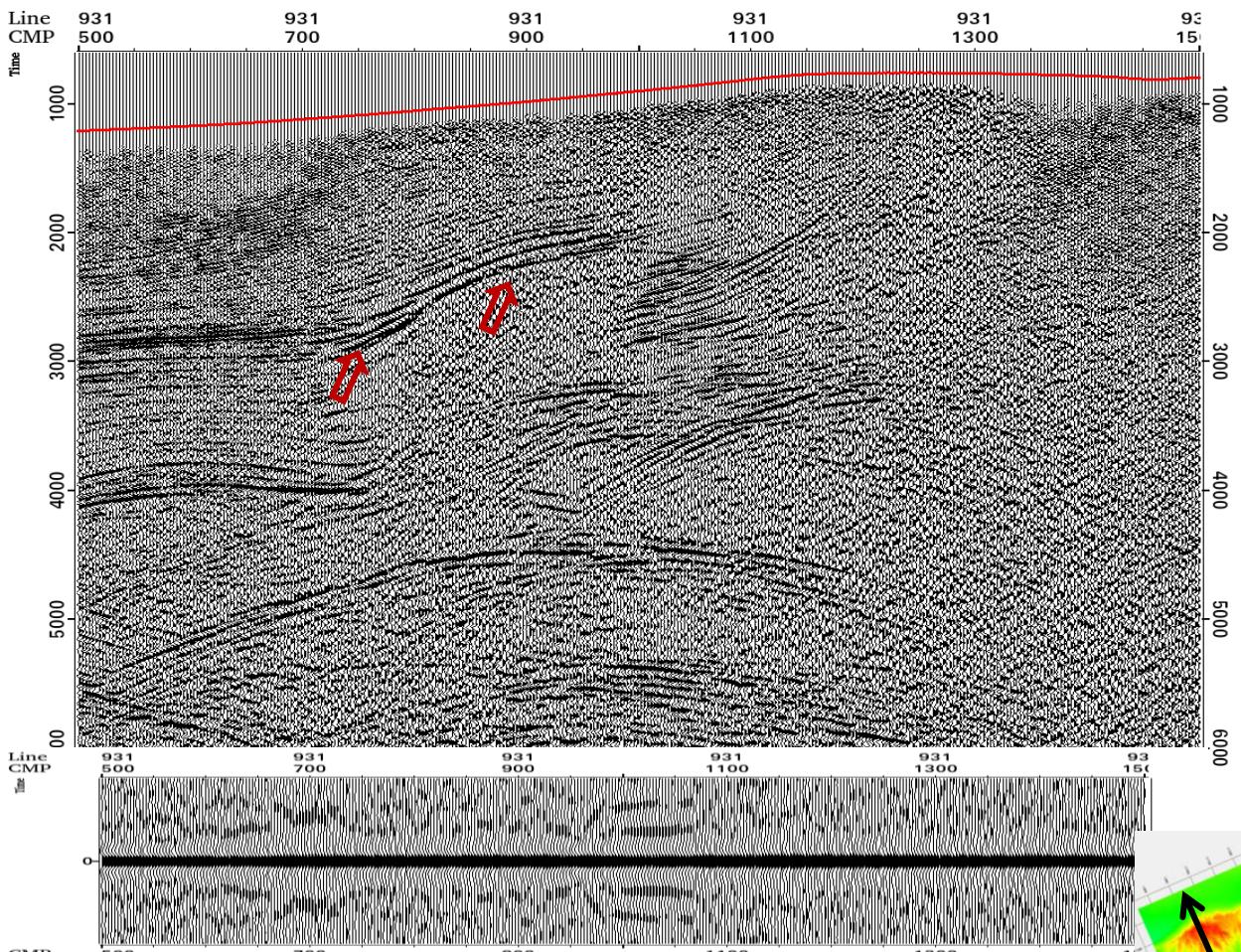


GeoEast稳健+期望反褶积后 (步长8ms)

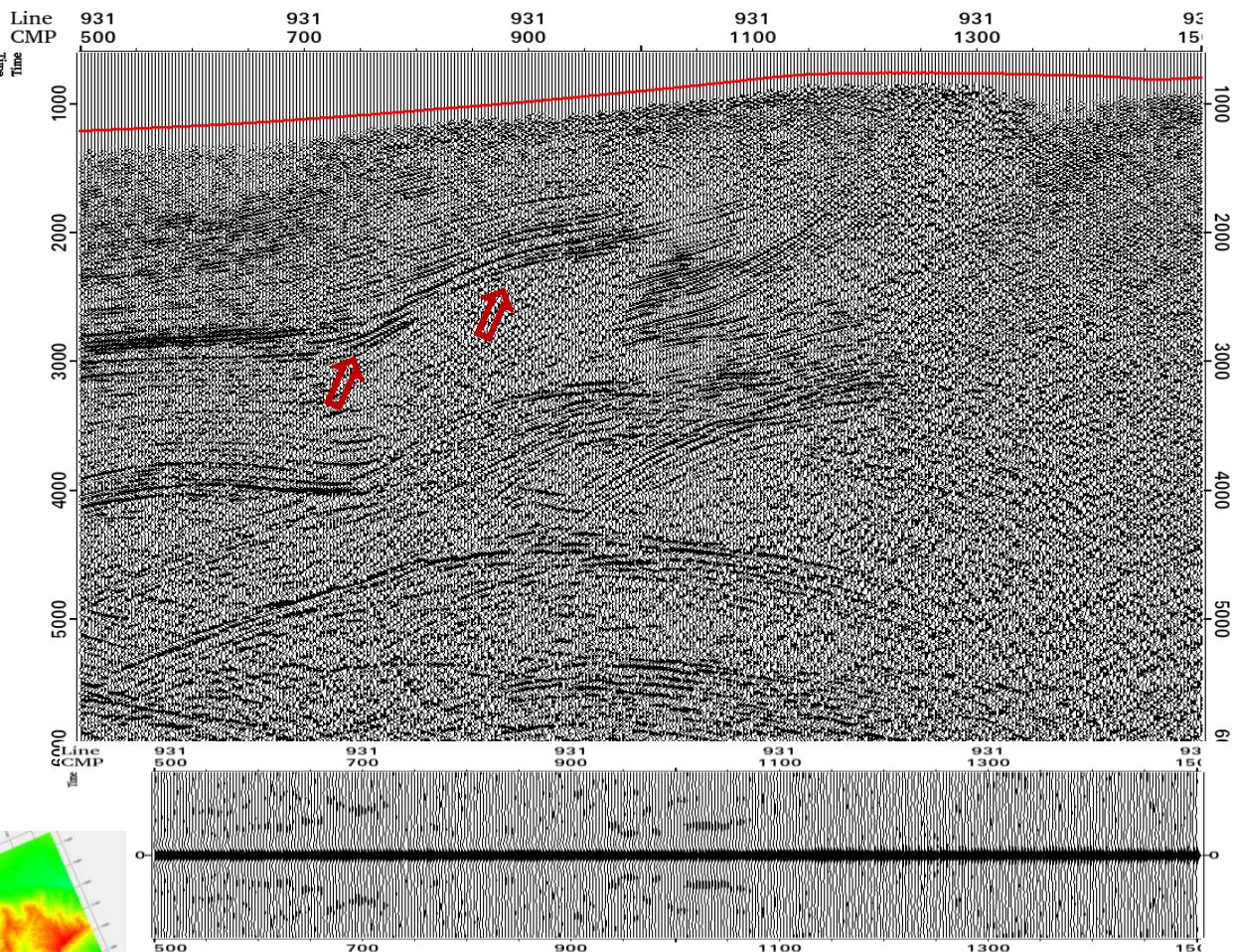
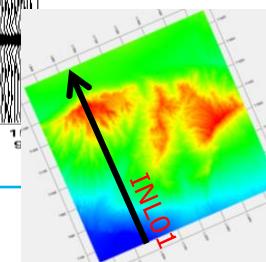


## 四、应用实例二

信号处理部分，采用**基于期望子波约束的混合范数反褶积**替换期望子波约束反褶积，进一步提升空间子波一致性及反褶积抗噪性。



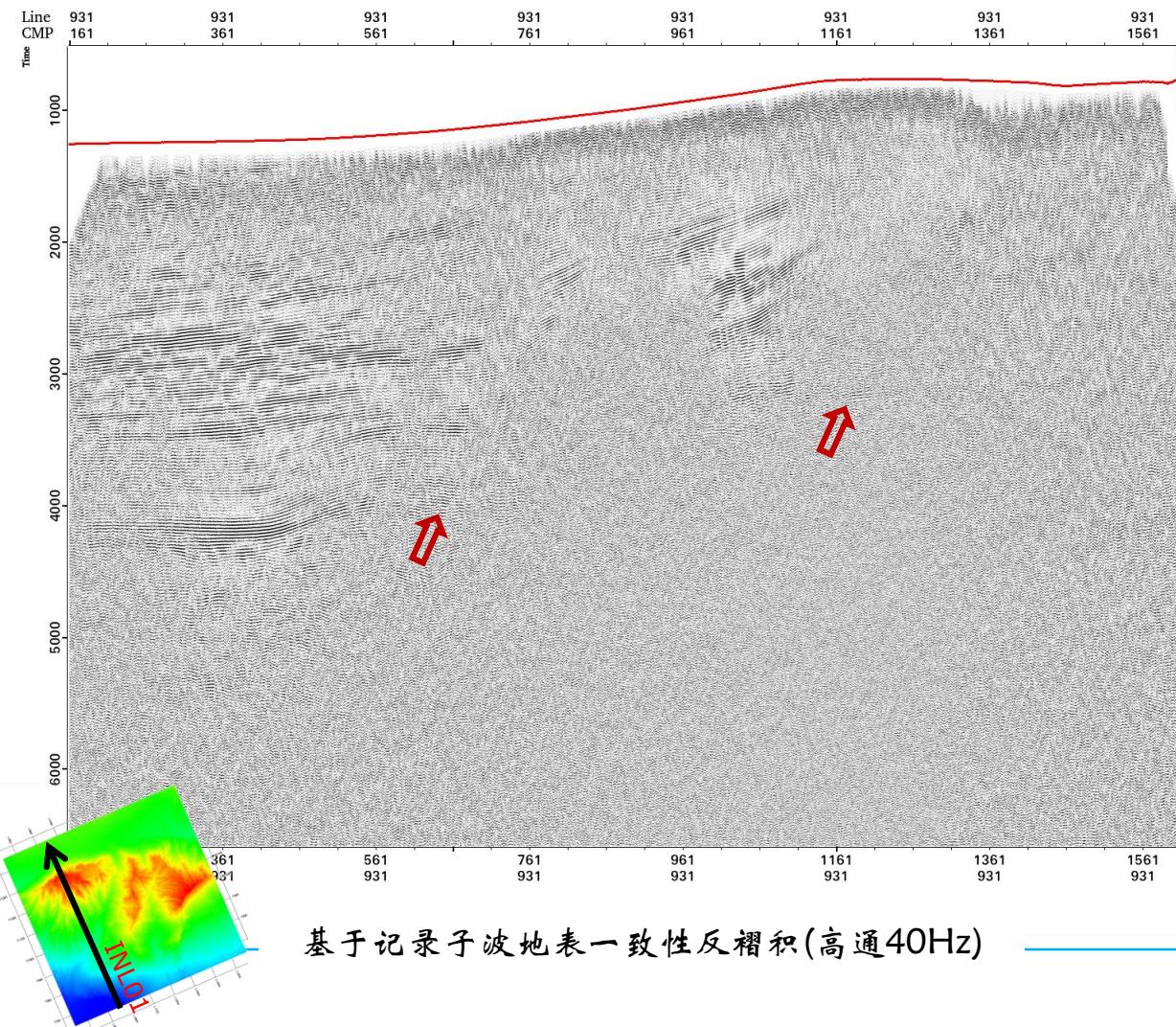
基于记录子波地表一致性反褶积



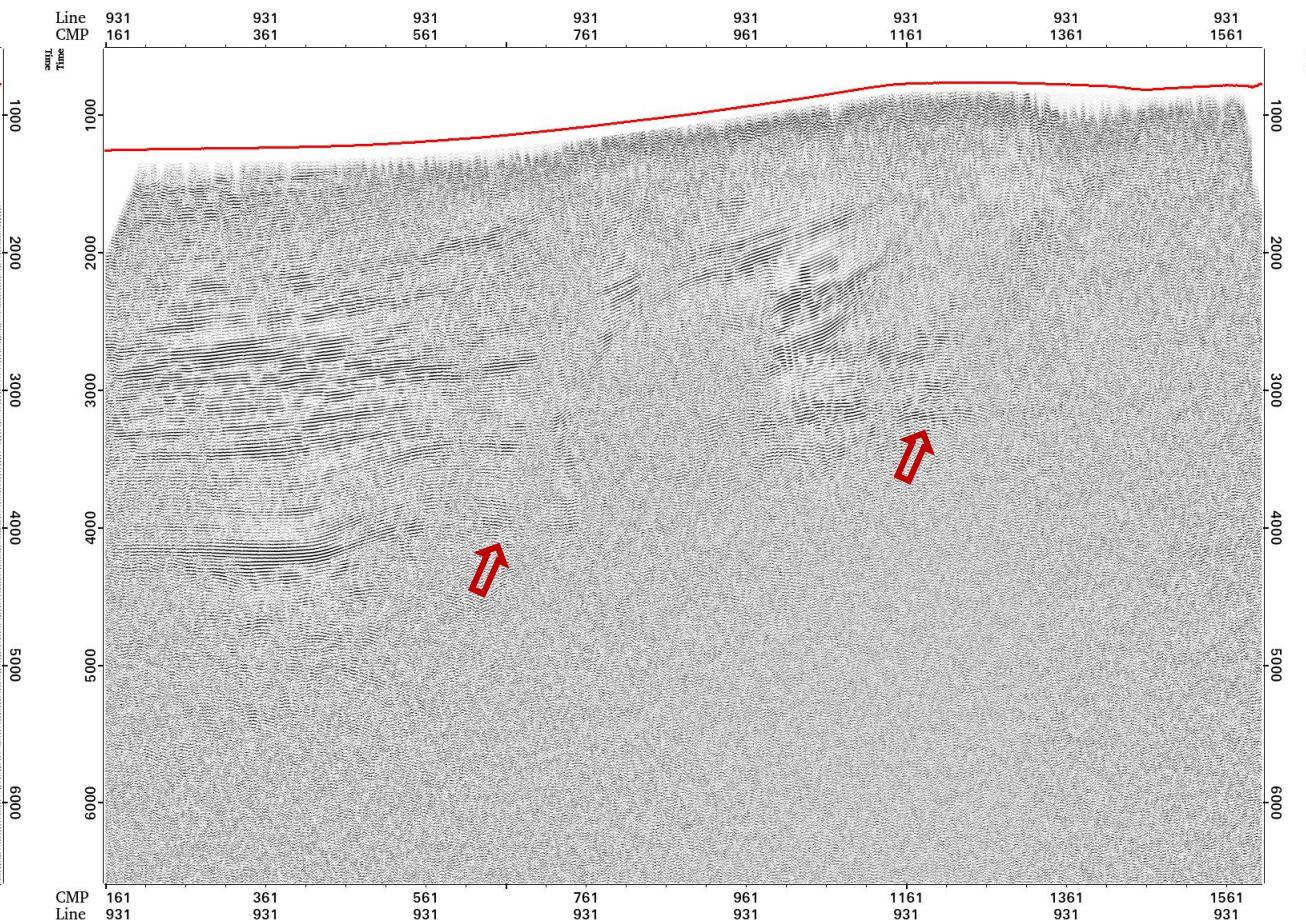
基于期望子波约束的混合范数反褶积

## 四、应用实例二

信号处理部分，采用**基于期望子波约束的混合范数反褶积**替换期望子波约束反褶积，进一步提升空间子波一致性及反褶积抗噪性。



基于记录子波地表一致性反褶积(高通40Hz)

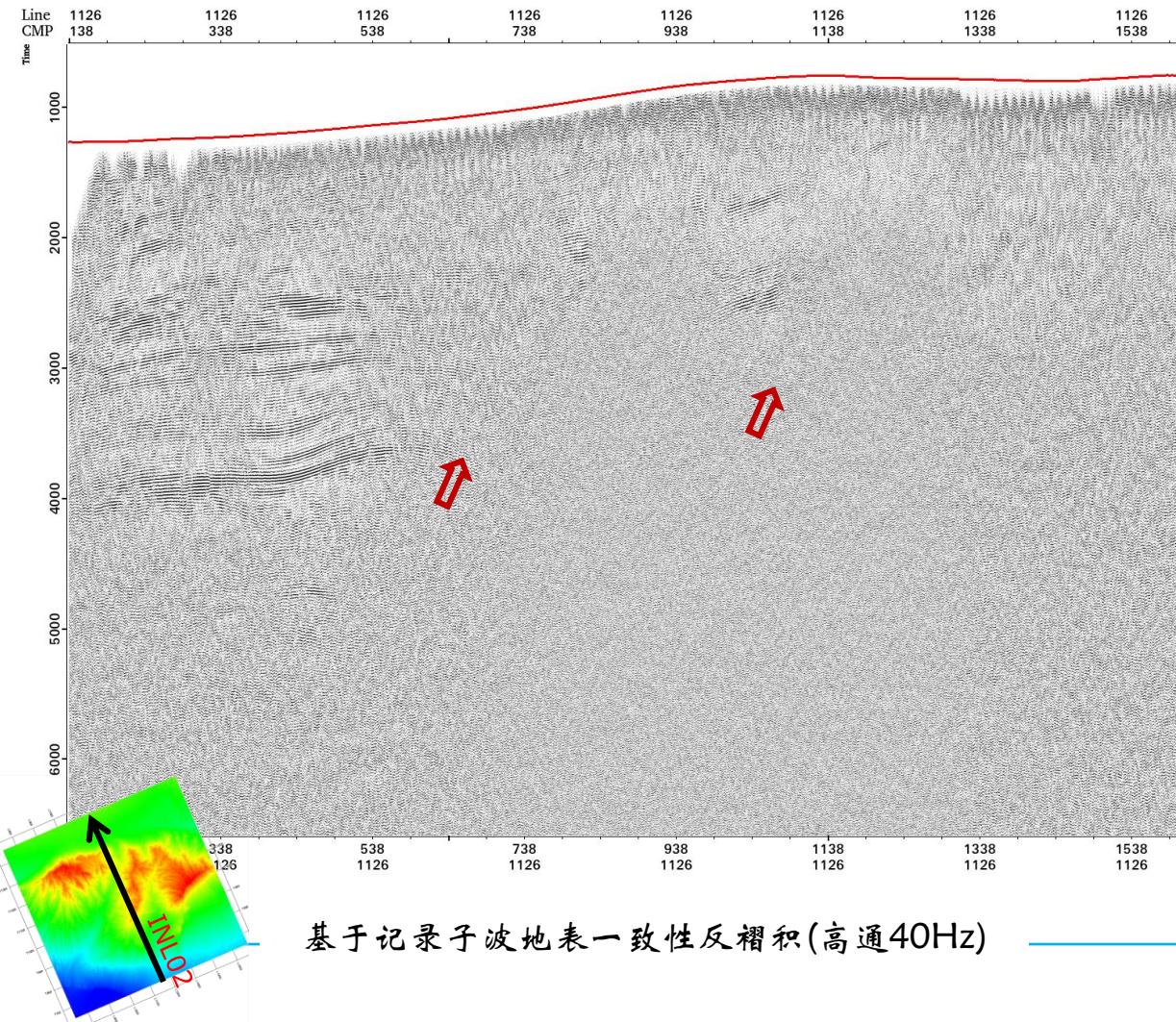


基于期望子波约束的混合范数反褶积(高通40Hz)

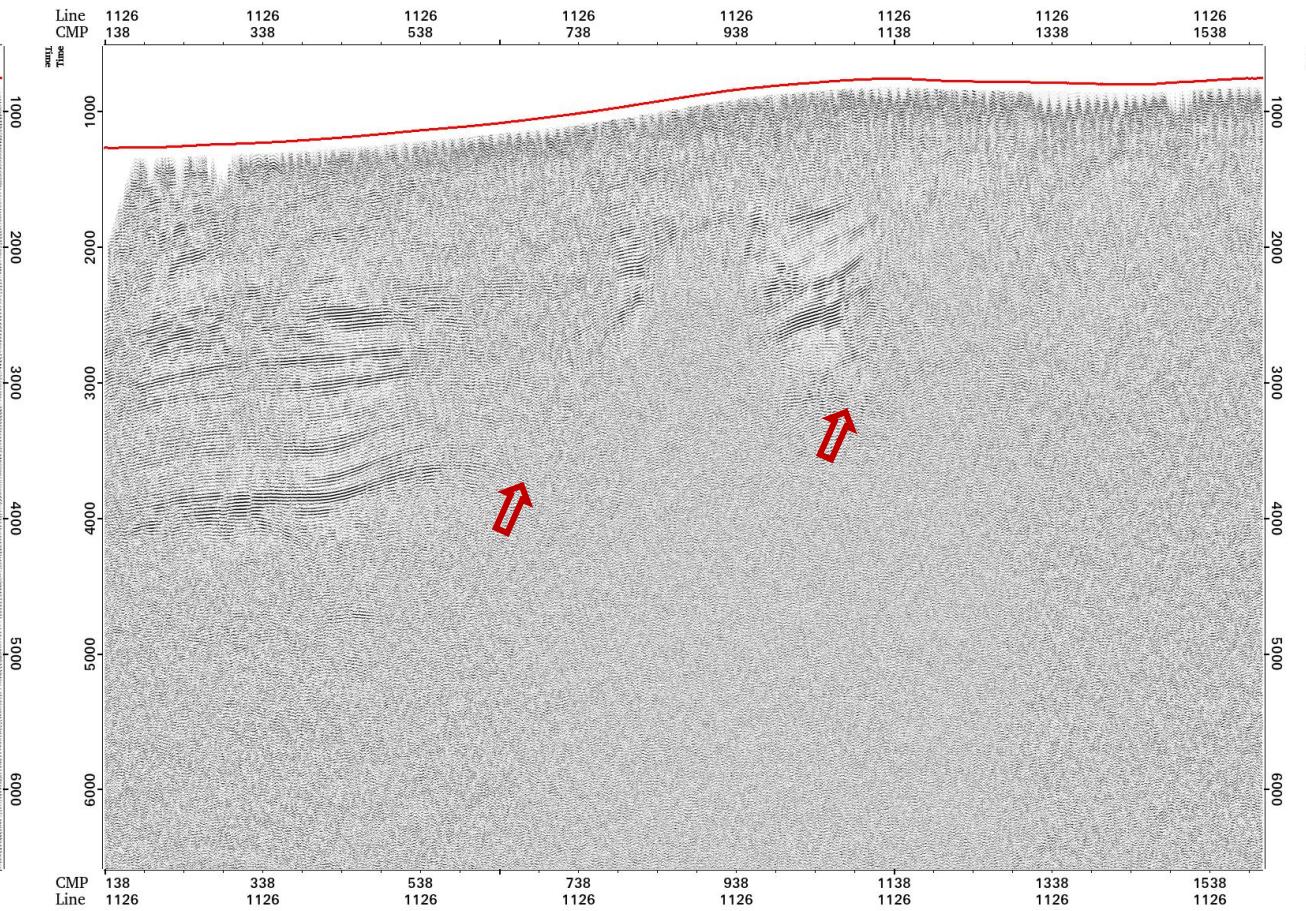
INL01

## 四、应用实例二

信号处理部分，采用**基于期望子波约束的混合范数反褶积**替换期望子波约束反褶积，进一步提升空间子波一致性及反褶积抗噪性。



基于记录子波地表一致性反褶积(高通40Hz)

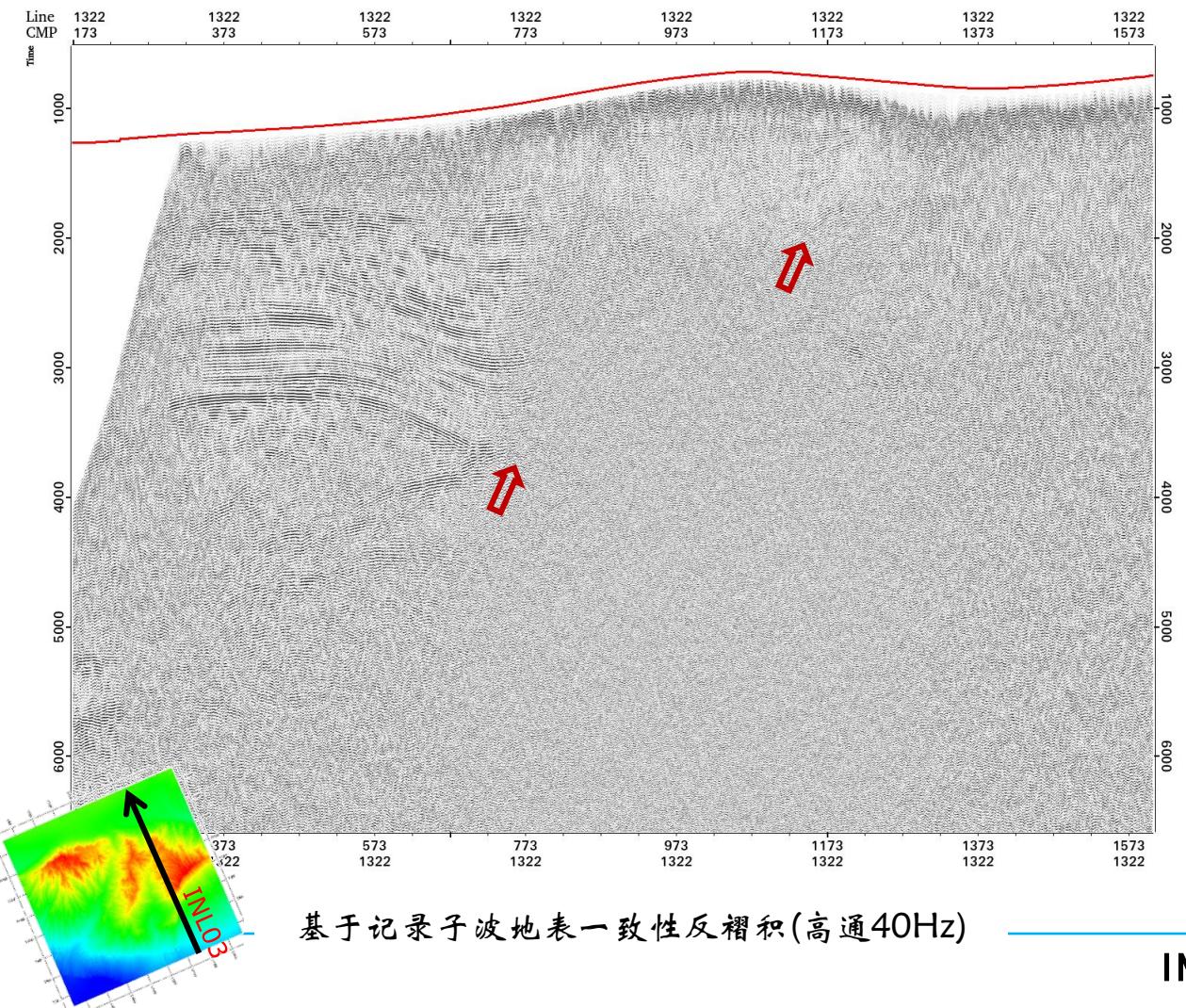


基于期望子波约束的混合范数反褶积(高通40Hz)

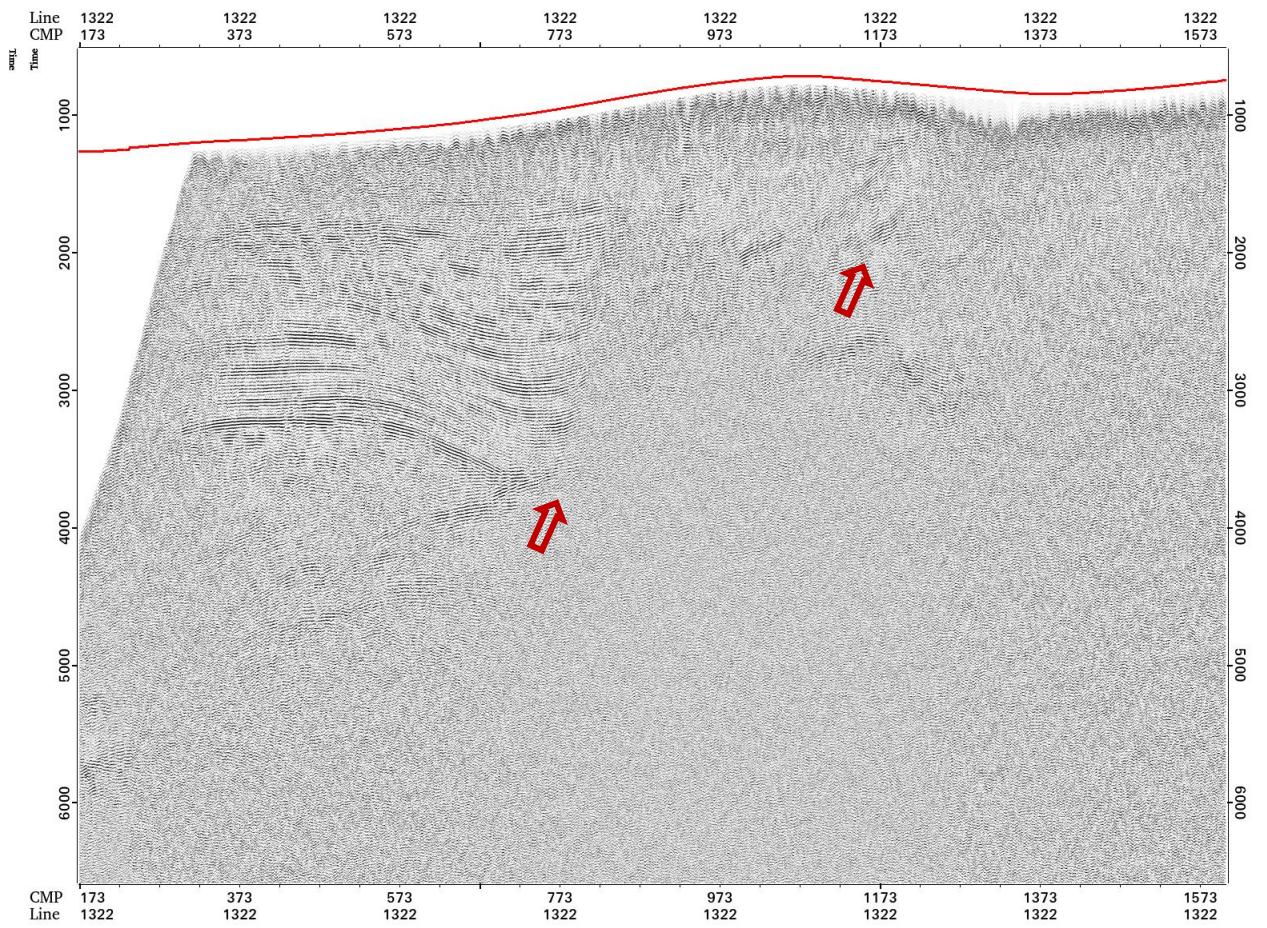
INL02

## 四、应用实例二

信号处理部分，采用**基于期望子波约束的混合范数反褶积**替换期望子波约束反褶积，进一步提升空间子波一致性及反褶积抗噪性。



基于记录子波地表一致性反褶积(高通40Hz)

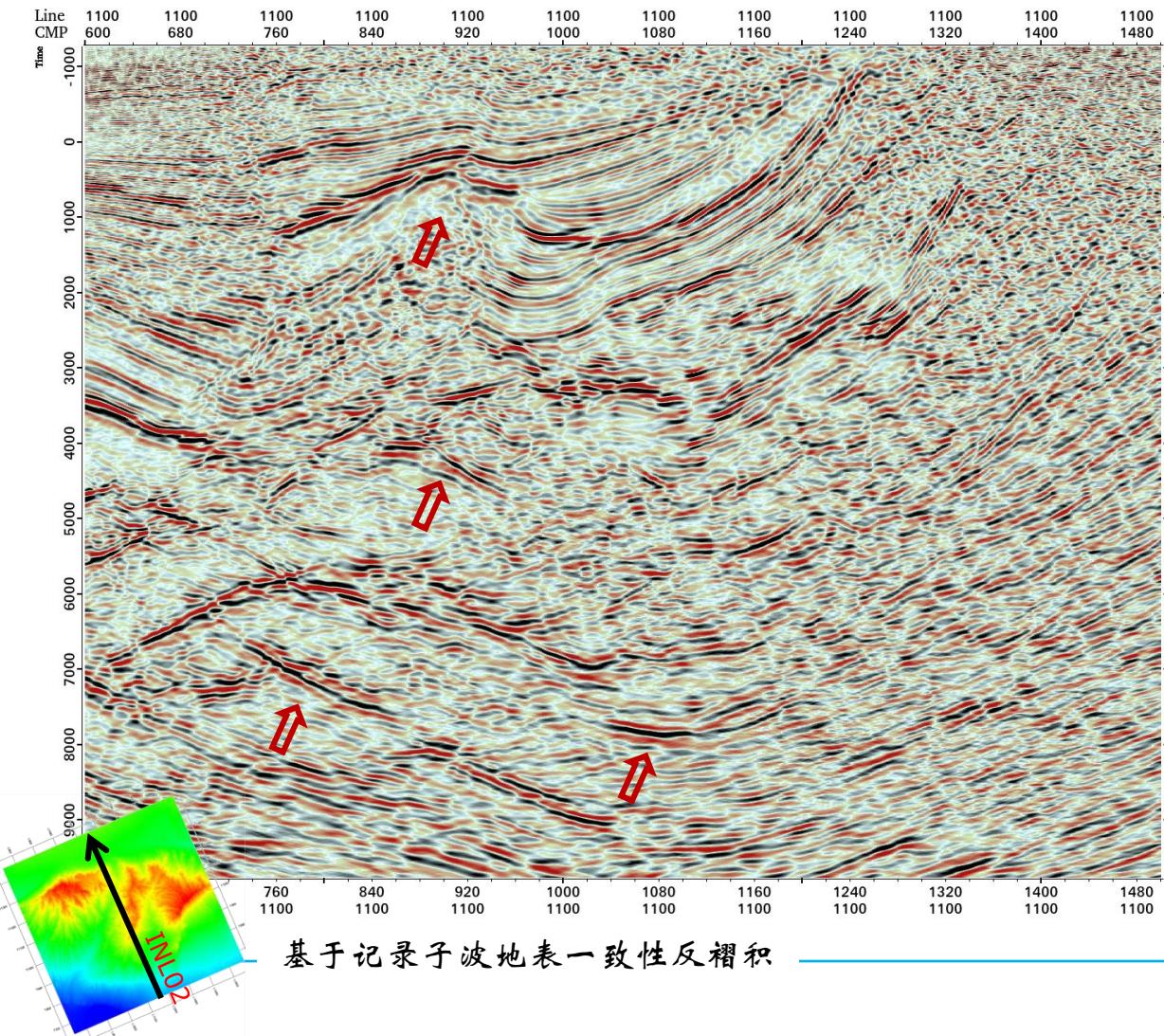


基于期望子波约束的混合范数反褶积(高通40Hz)

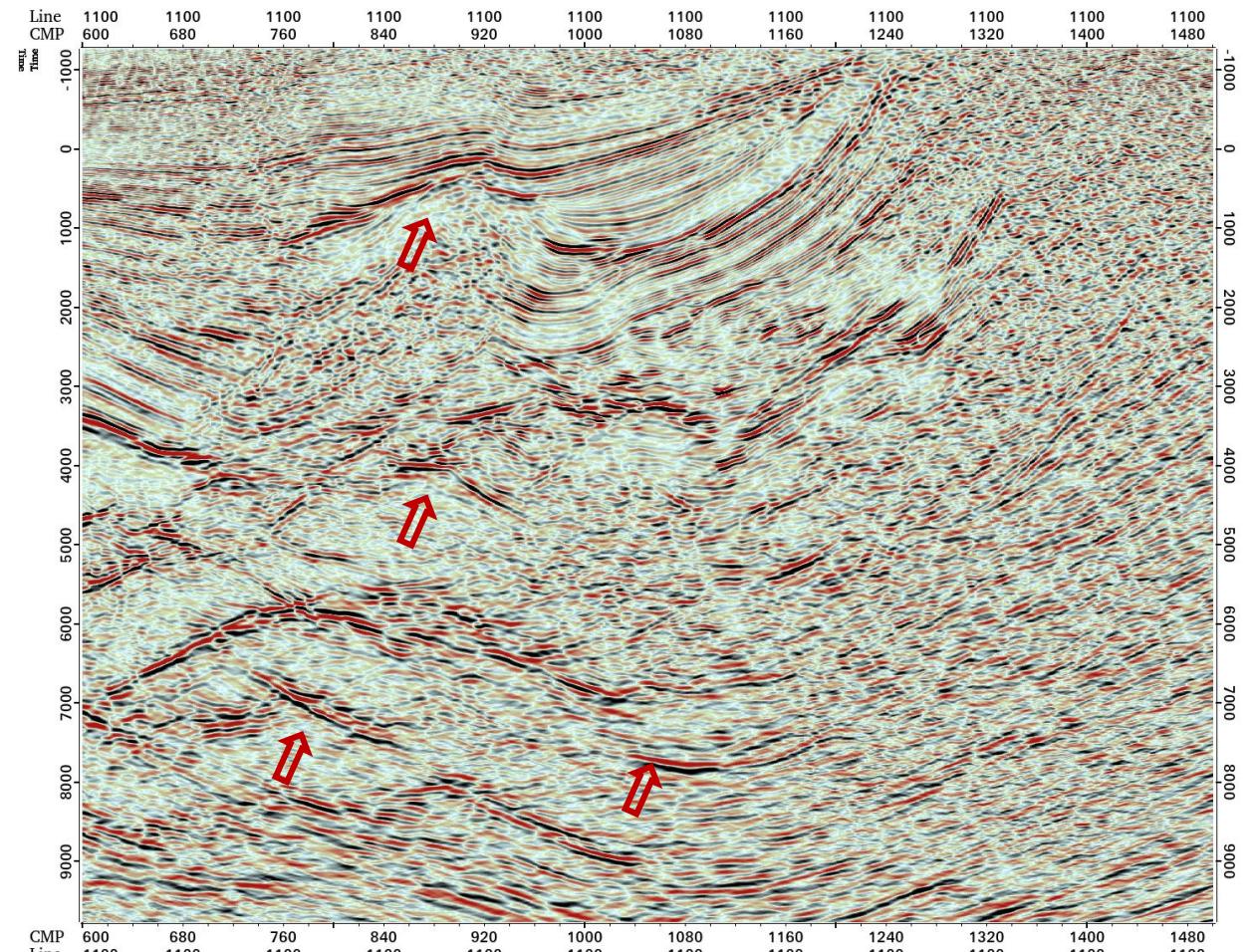
INL03

## 四、应用实例二

信号处理部分，采用**基于期望子波约束的混合范数反褶积**替换期望子波约束反褶积，进一步提升空间子波一致性及反褶积抗噪性。



基于记录子波地表一致性反褶积

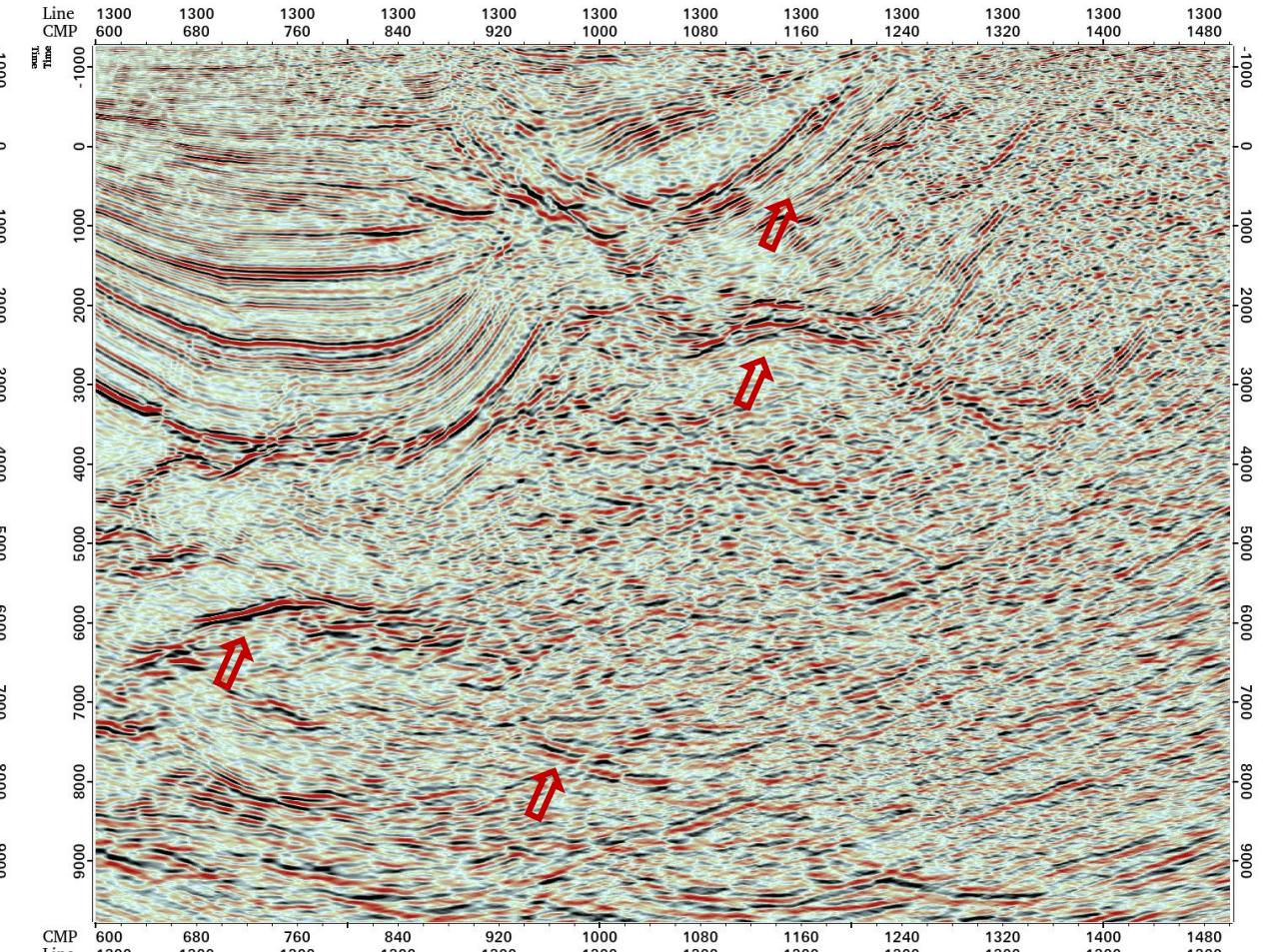
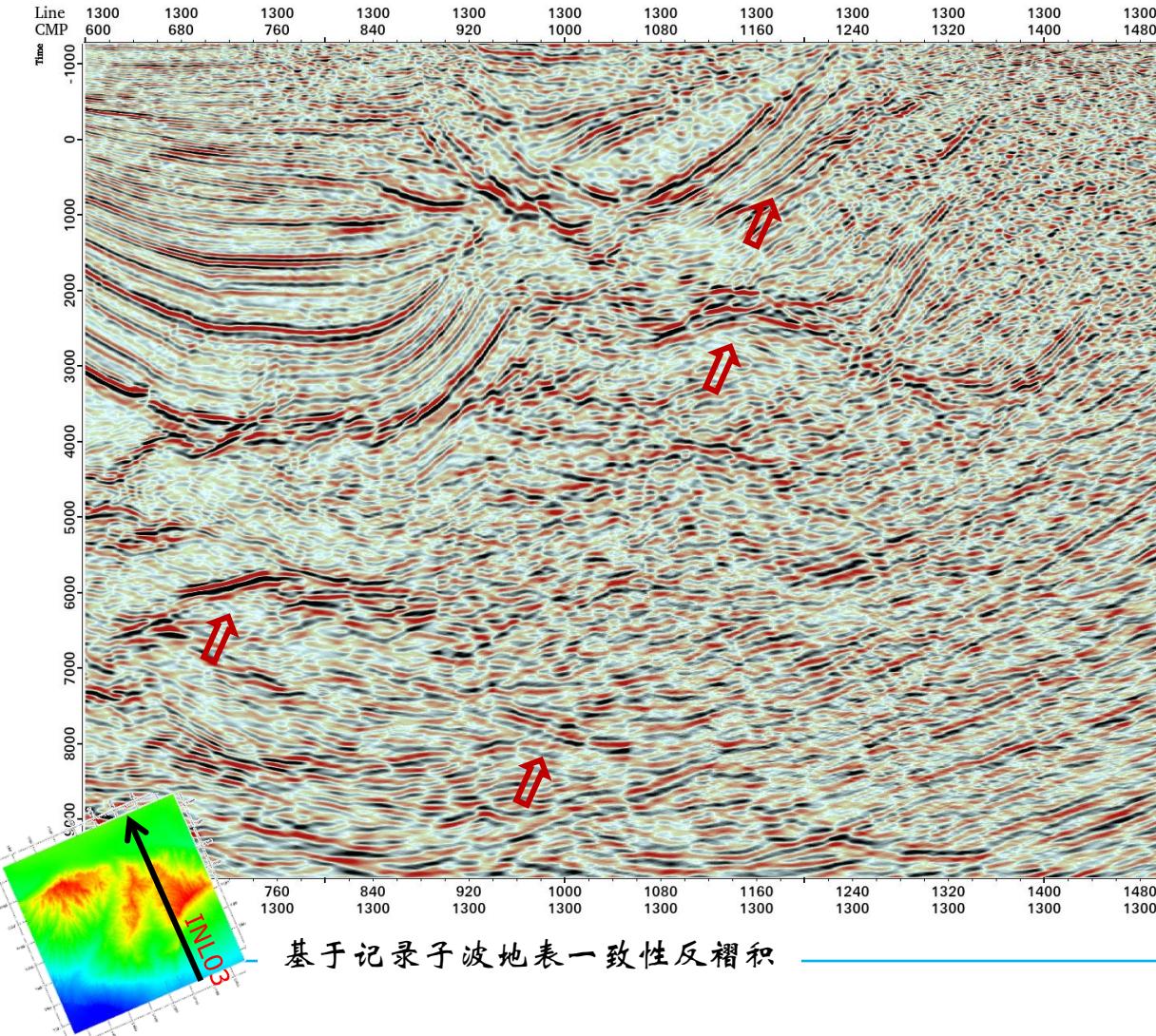


基于期望子波约束的混合范数反褶积

INL02

## 四、应用实例二

信号处理部分，采用**基于期望子波约束的混合范数反褶积**替换期望子波约束反褶积，进一步提升空间子波一致性及反褶积抗噪性。



INL03



# 目录

CONTENTS



- 一 问题的提出
- 二 基本原理
- 三 使用说明
- 四 应用实例
- 五 结论与讨论



## 五、结论与建议

---

1. 混合范数反褶积，是一种地表一致性反褶积。
  2. 使用L1/L2混合范数进行地表一致性分解，即使在存在由不一致噪声引起的强异常值的情况下，也能产生无偏差结果。
  3. 在实际反褶积过程中，通过比较实际和各分量组合道的频谱可以计算可以减弱噪声的修正算子。
  4. 地表一致性算子和修正算子的归一化处理，可以更好的对振幅进行补偿。
-



# 不妥之处，敬请批评指正！

谢谢！

Thanks