



GeoEast处理系统

基于目标子波的地表一致性分解/应用模块

功能介绍

报告人：任晓乔

物探技术研究中心

2024年8月



目 录

CONTENTS



问题的提出



基本原理



使用说明



应用实例



结论与讨论

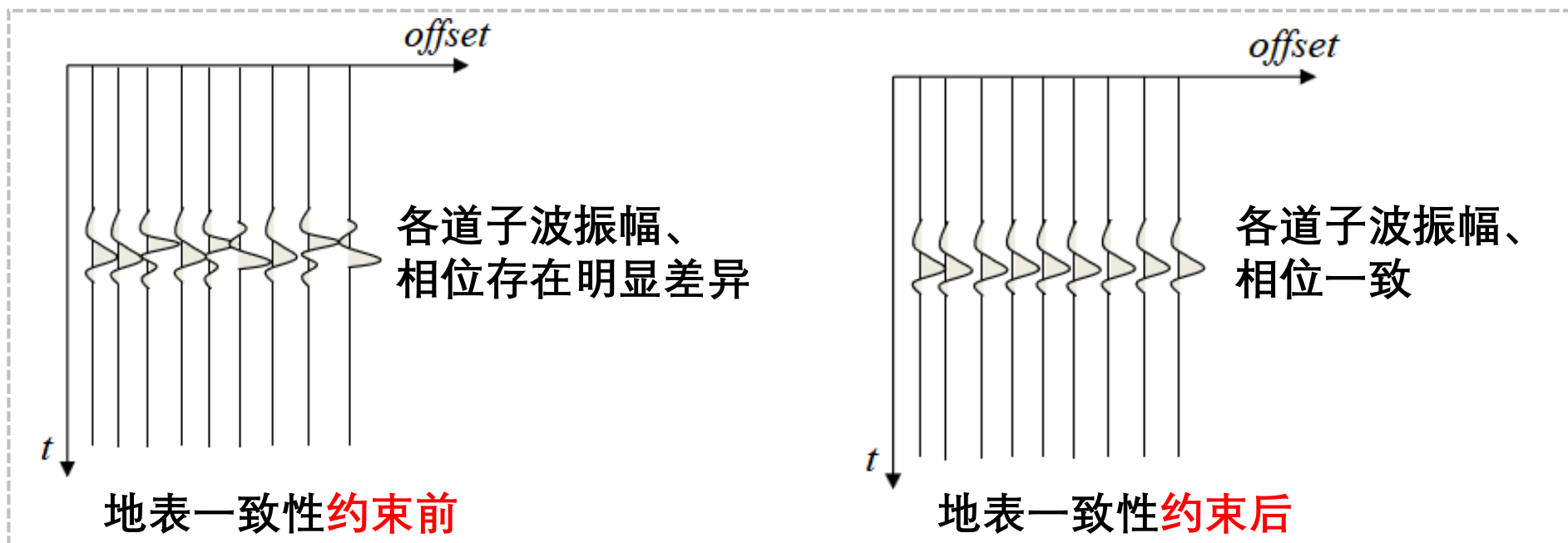


一、问题的提出

生产需求

地表一致性反褶积

- 消除大地滤波作用，压缩地震子波；
- 消除由激发、接收和近地表的差异对地震子波波形的影响，增强地震道之间子波波形的一致性。



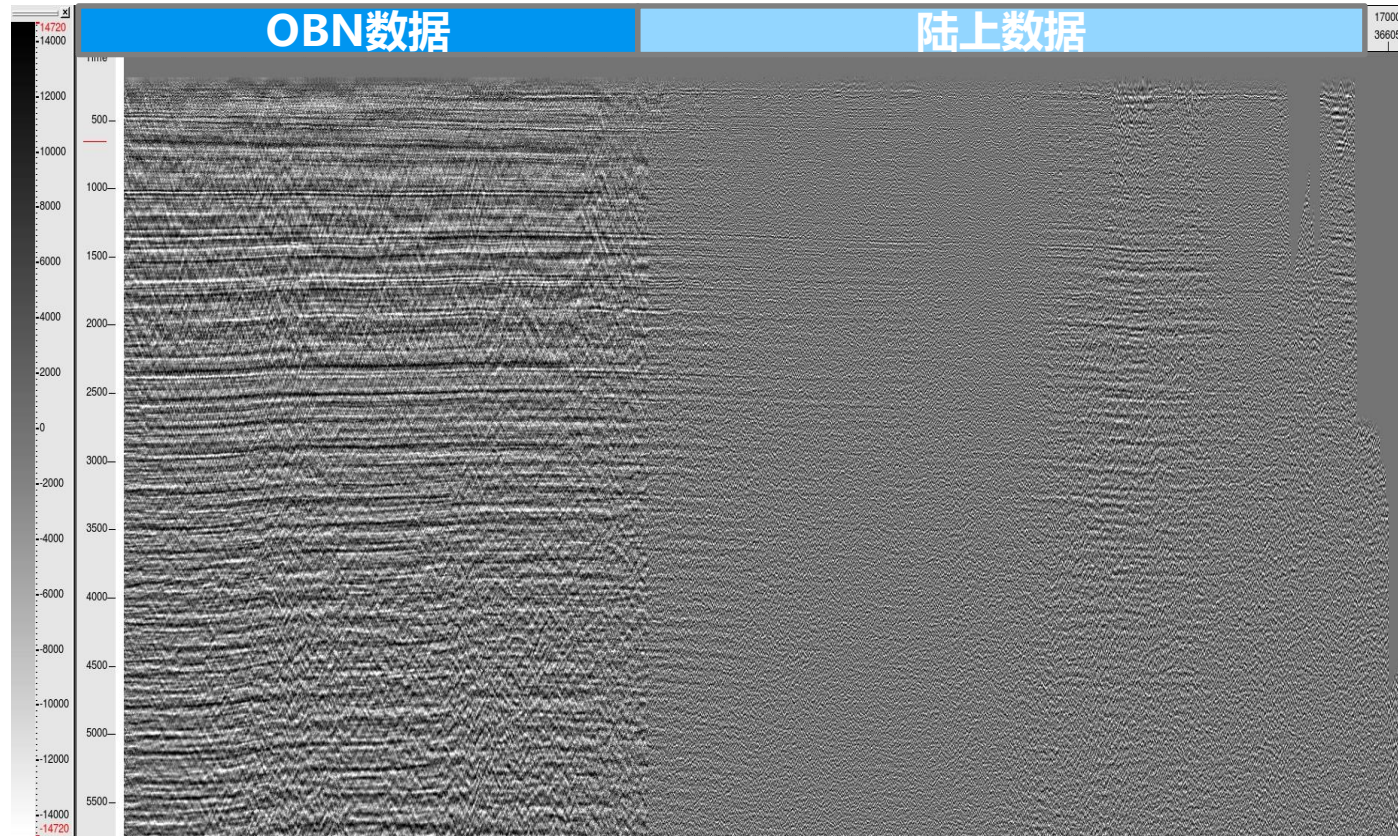
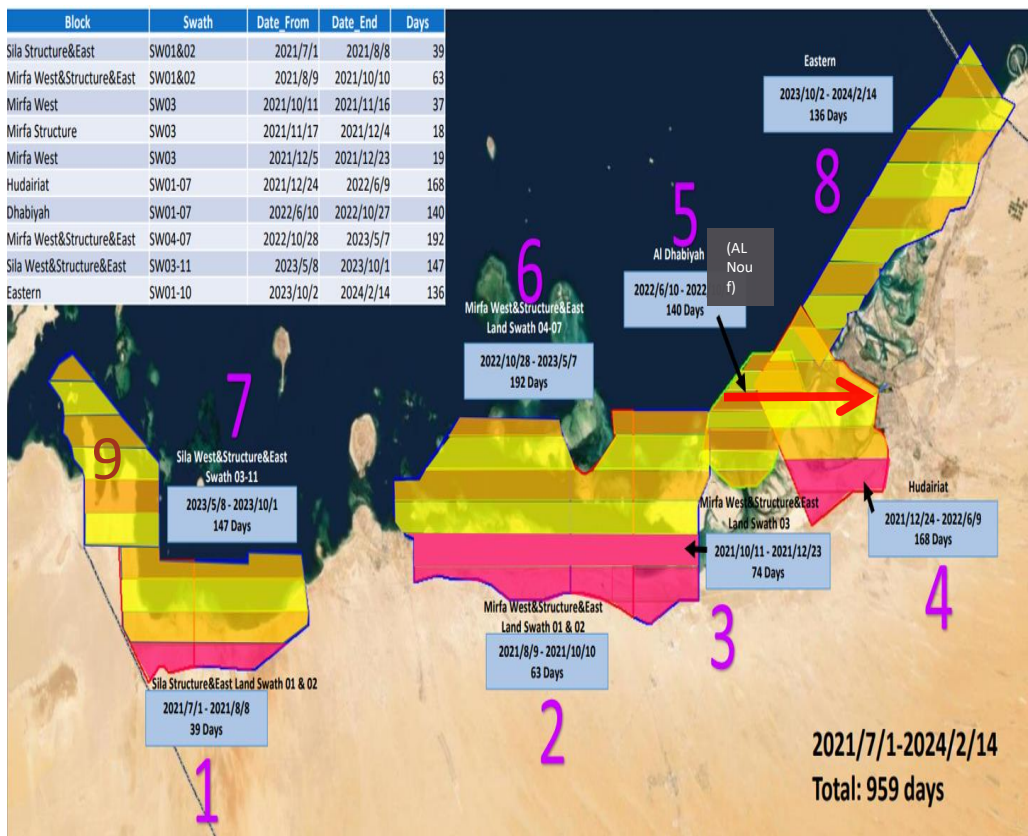


一、问题的提出

生产需求

生产需求:

阿联酋ADNOC TZ过渡带项目共9块过渡带连片处理，满覆盖处理面积超过10000Km²。对于超大工区如何确保过渡带地震成像特征一致，成为处理的关键。



Stack section before SCDC IL17000 (Hudayriyat SW04 & Alnouf SW04)



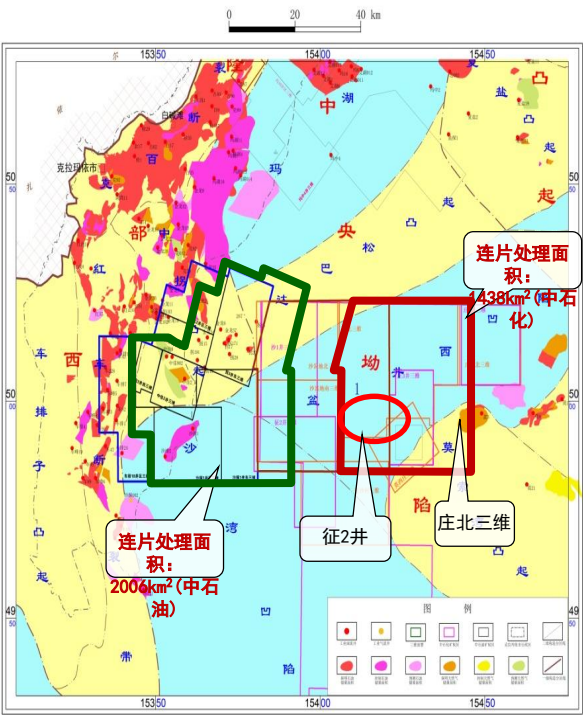
一、问题的提出

生产需求

生产需求:

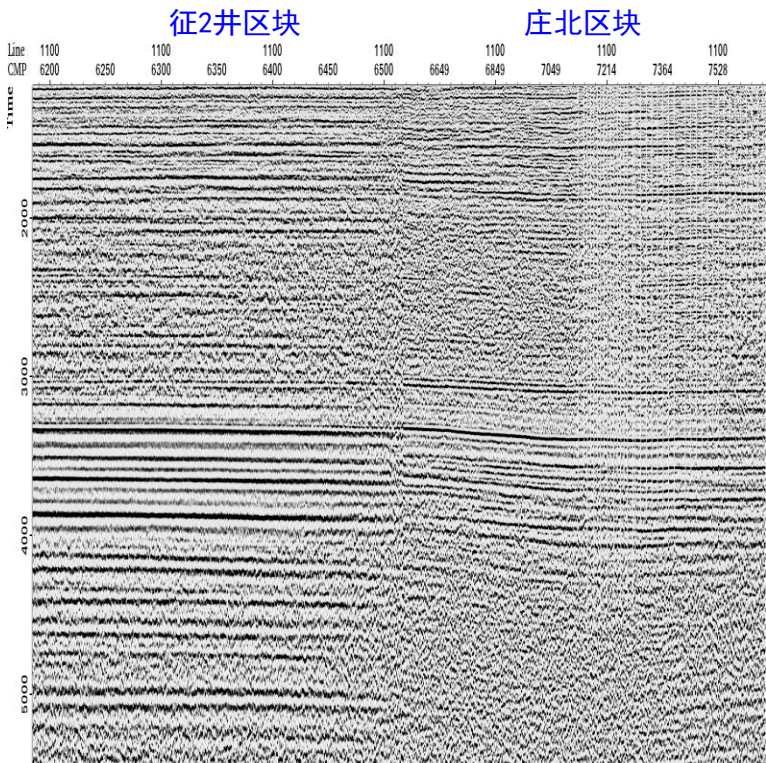
中拐连片三维工区资料的面元有4种、方位角有2种、炮道密度、激发（井炮、可控震源）和接收参数（自然频率28/35/10/5Hz检波器；排列长度、纵横比）均存在一定差异。三维连片处理中子波一致性差异较大。

中拐凸起地区三维地震勘探部署图



中拐连片三维老资料采集参数表

序号	三维地震名称	观测系统	面元 m×m	覆盖次数 (次)	炮道密度 (道)	方位角	纵横比	处理面积 km²	年度	激发方式	接收方式
1	车排18井区三维	断裂带: 24L6S432R 斜坡区: 24L6S480R	12.5×12.5	断裂带: 864 斜坡区: 960	2670000	0	断裂带: 0.67, 斜坡区: 0.60	402.075	2018	震源/1台1次	SG-5/单只
2	金龙2井区三维	16L3S224R	25×50	128	285700	-17.9	0.43	199.82	2007	炸药	28Hz检波器/ 组合
3	金龙2井南三维	16L7S210R	25×25	120	192000	-17.9	0.53	138.06	2012	炸药	20DX-10/组合
4	拐3井东三维	24L6S240R	25×25	240	380000	-17.9	0.6	335.34	2013	炸药	SN8-10/组合
5	拐3井西三维	16L7S210R	25×25	120	192000	-17.9	0.53	73.132	2012	炸药	20DX-10/组合
6	中佳2井区三维	24L6S240R	25×25	240	384000	-17.9	0.6	157.32	2015	炸药	30DX-10/组合
7	沙探1井区三维	24L(2*3)S576R	12.5×25	1248	3993600	0	0.7	350.347	2020	震源/1台1次	DT-5/组合
8	沙探1井东三维	24L(2*3)S576R	12.5×25	1248	3993600	0	0.7	350	2020	震源/1台1次	DT-5/组合
9	沙1井-2021三维	30L(6*2)S560R推 拉式	12.5×12.5	1200	7680000	0	0.64	454.86	2021	震源/1台1次	20DX-10/小组 组合
10	征2井-2023三维	32L(6*2)S576R推 拉式	12.5×12.5	1536	9830400	0	0.67	312.5	2023	震源/1台1次	20DX-10/小组 组合
11	庄北三维	12L24S224R	25×50	84	67200	0	0.57	474	2003	炸药	28/35Hz检波 器/组合
12	沙窝地(北)三维	8L14S240R	25×25	64	67200	0	0.31	110.4	2003	炸药	28Hz检波器/ 组合
13	沙窝地(南)三维	8L14S240R	25×25	64	67200	0	0.31	52.2	2003	炸药	28Hz检波器/ 组合
14	征沙村三维	8L16S238R	25×50	68	54400	0	0.34	35	2003	炸药	35Hz检波器/ 组合
			4种	64-1536		2种	0.31- 0.7	3444	2003- 2023	2种	4种





一、问题的提出

技术需求

常规地表一致性处理（地表一致性反褶积、预测反褶积、子波整形等）综合处理后不能完全解决这类一致性问题。针对这一问题提出基于期望子波反褶积，国际上也有近似功能，其中CGG仅有滤波功能，Omega可以给定参数替换全局分量，都不够直观，其效果有待加强。

第一代一致性处理技术（2016以前）

子波整形（频率、相位）

井控预测反褶积



降低连片整体效果

第二代一致性处理技术（2023以前）

子波整形（相位）

频谱调整

井控预测反褶积



保持连片各自效果

第三代一致性处理技术（目前）

子波一致性反褶积



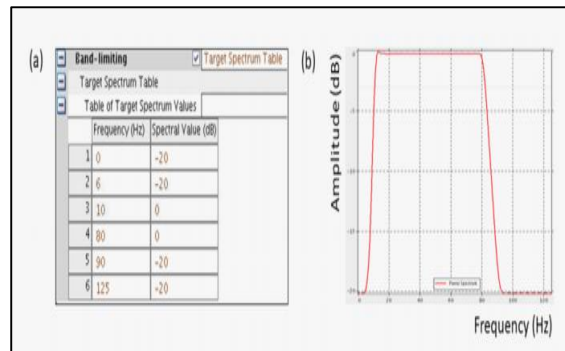
提升连片整体效果

Omega
软件

SC_DCN_APPLIC
ATOR

CGG软件

SCPRO





目 录

CONTENTS



问题的提出



基本原理



使用说明



应用实例

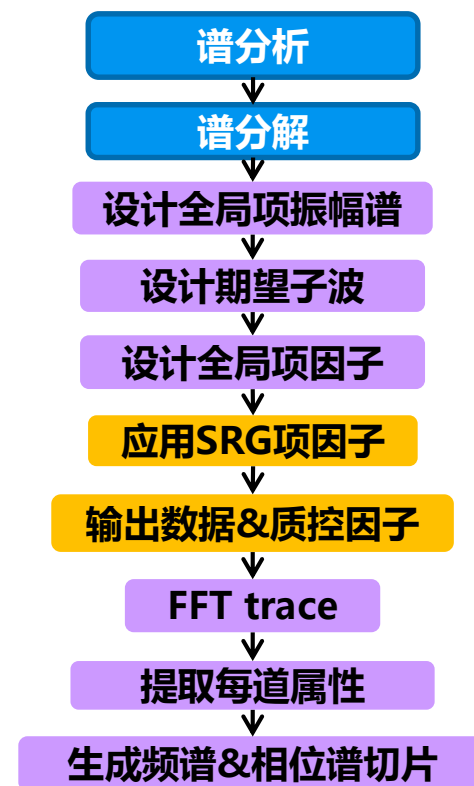
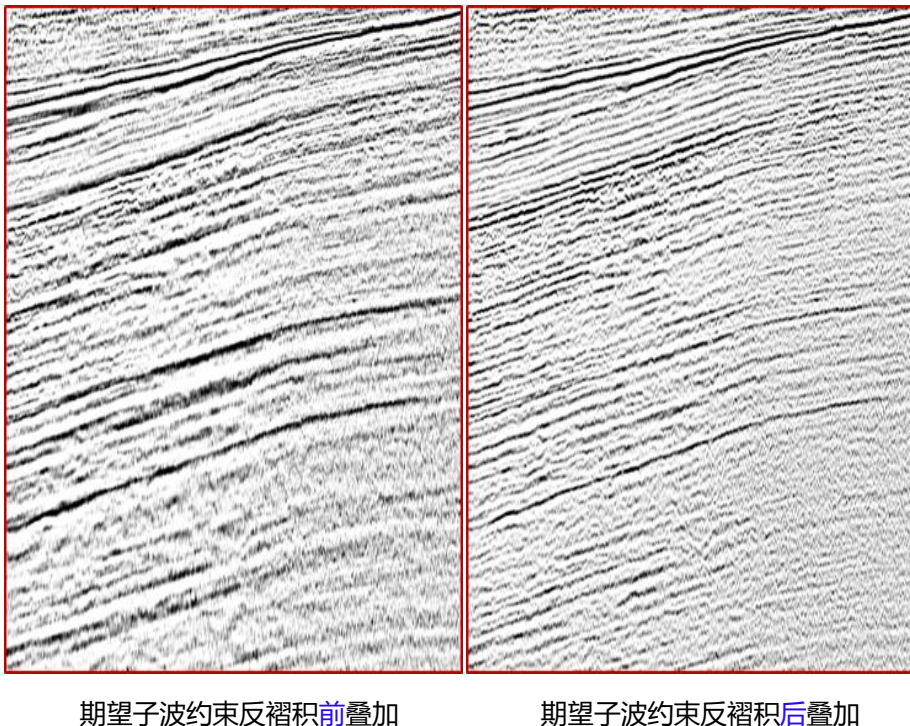
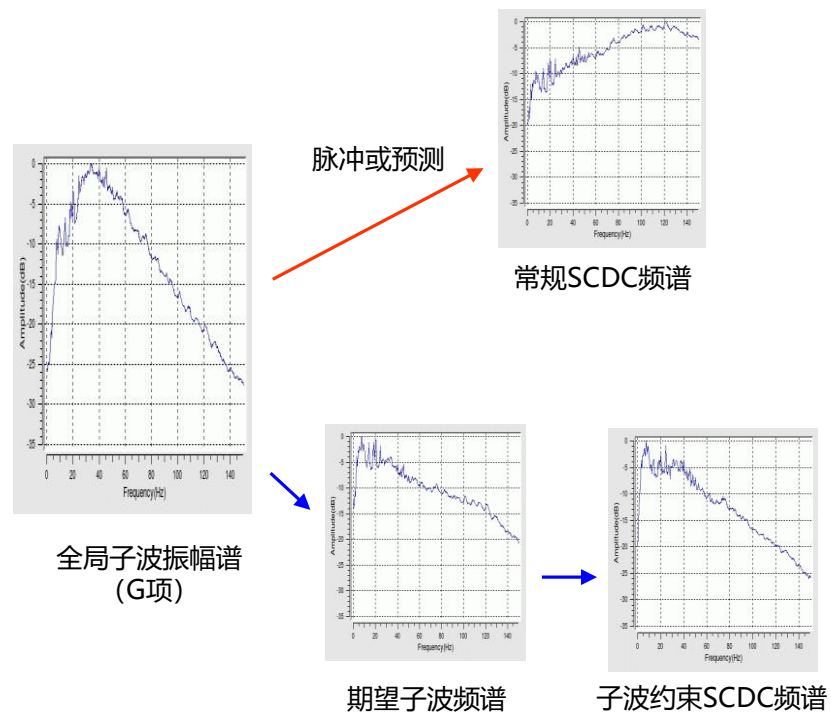


结论与讨论



二、基本原理

在地表一致性反褶积的过程中，对于全局项增加期望子波约束，可以更直观的控制剖面频谱，克服常规反褶积对于低频和高频补偿过度的问题，有效的提高反褶积的效果。通过多个项目的应用和试验，形成一套完整的基于期望子波的反褶积处理技术流程。

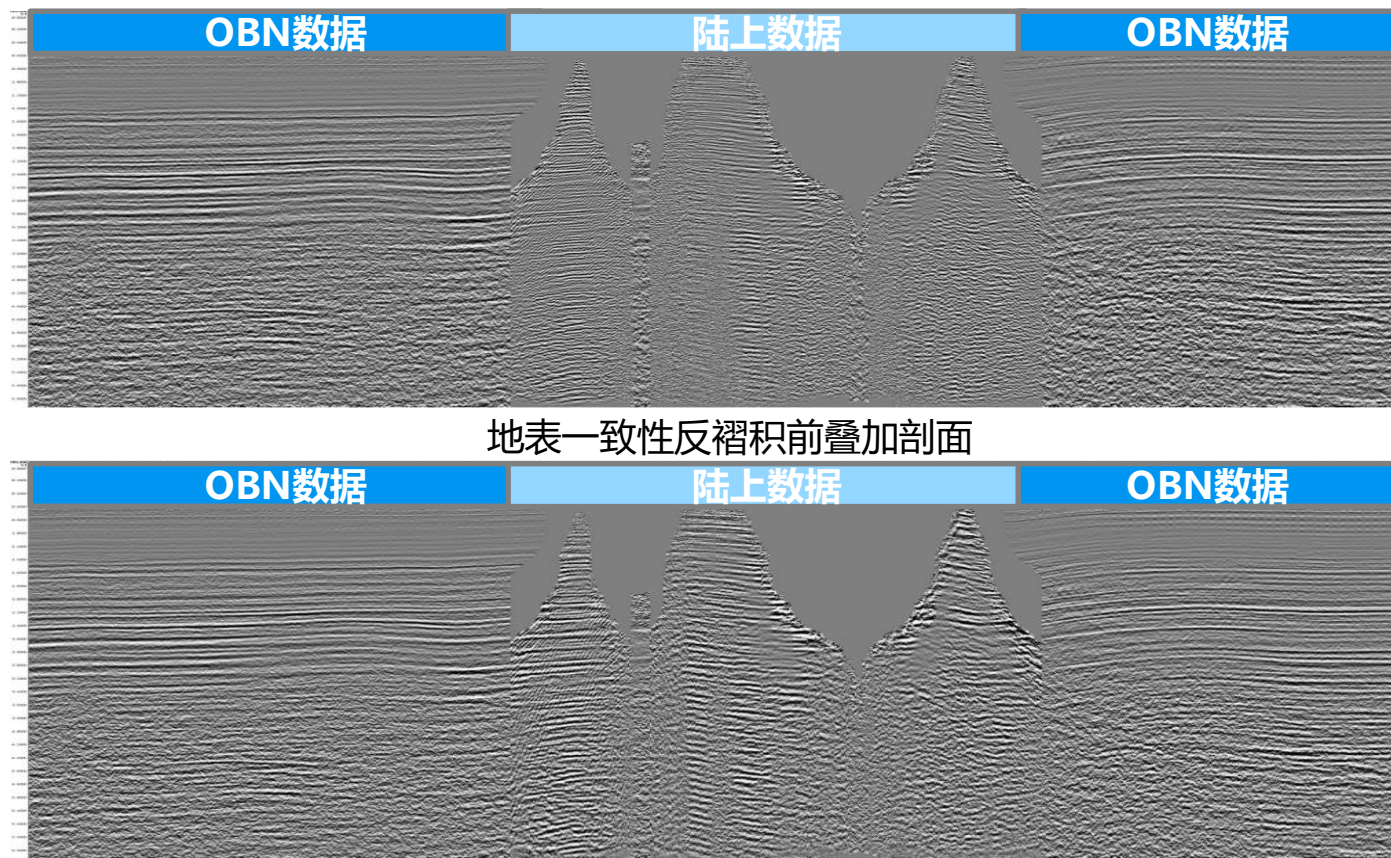
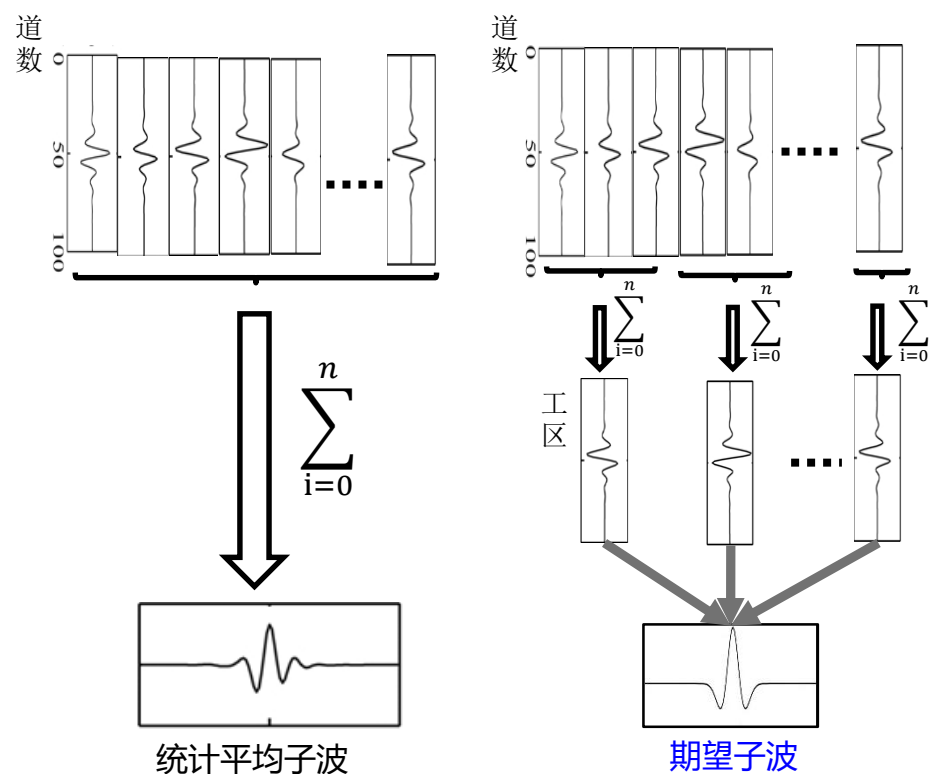


技术流程



二、基本原理

基于期望子波的地表一致性反褶积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。针对不同工区数据分别提取各个工区的全局分量，利用统一的期望子波进行约束，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。





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:

$$\ln A_x = \ln A_g + \ln A_{src} + \ln A_{rec} + \ln A_{cmp} + \ln A_{offset}$$

构成的线性方程组为:

$$b = Mx$$

M为大型稀疏矩阵, 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:

$$E = \|Mx_0 - b\|$$

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



二、基本原理

常规地表一致性反褶积原理:

分解后, 得到各个分量的自相关系数分别为: r_g 、 r_{src} 、 r_{rec} 、 r_{cmp} 、 r_{offset}

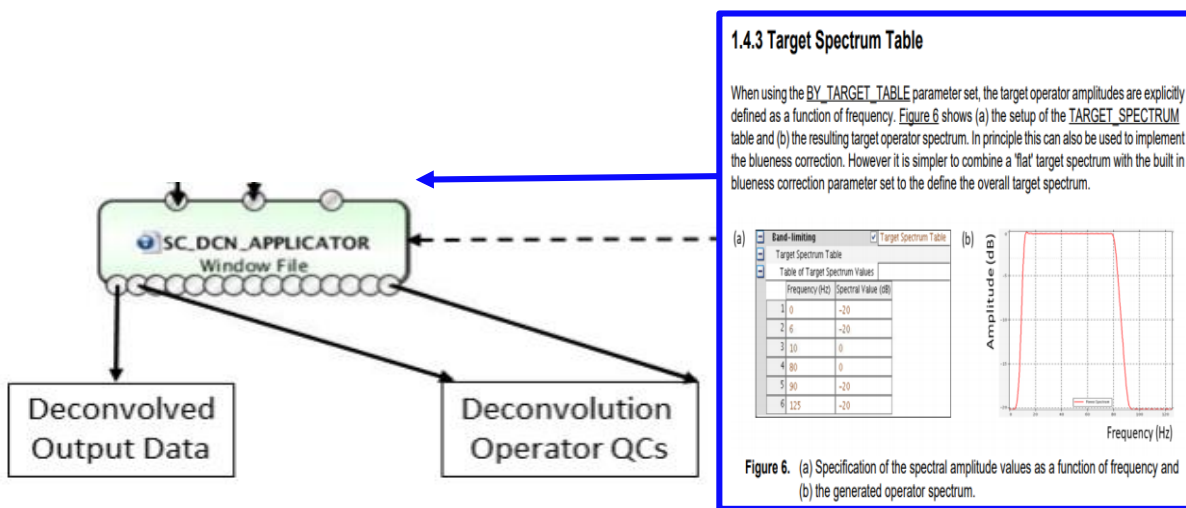
预测反褶积算子计算过程:

$$\begin{bmatrix} r_{xx}(0) & r_{xx}(1) & \cdots & r_{xx}(m) \\ r_{xx}(1) & r_{xx}(0) & \cdots & r_{xx}(m-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{xx}(m) & r_{xx}(m-1) & \cdots & r_{xx}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \vdots \\ c_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{xx}(a) \\ r_{xx}(a+1) \\ \vdots \\ r_{xx}(a+m) \end{bmatrix}$$

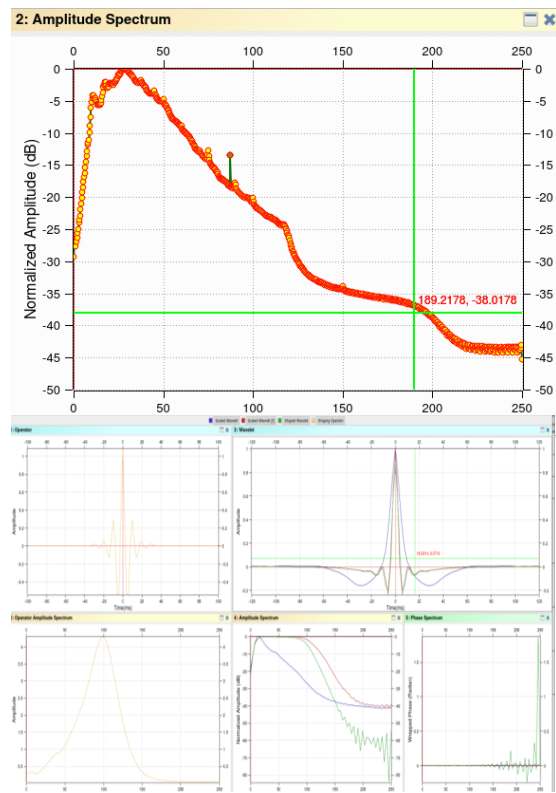
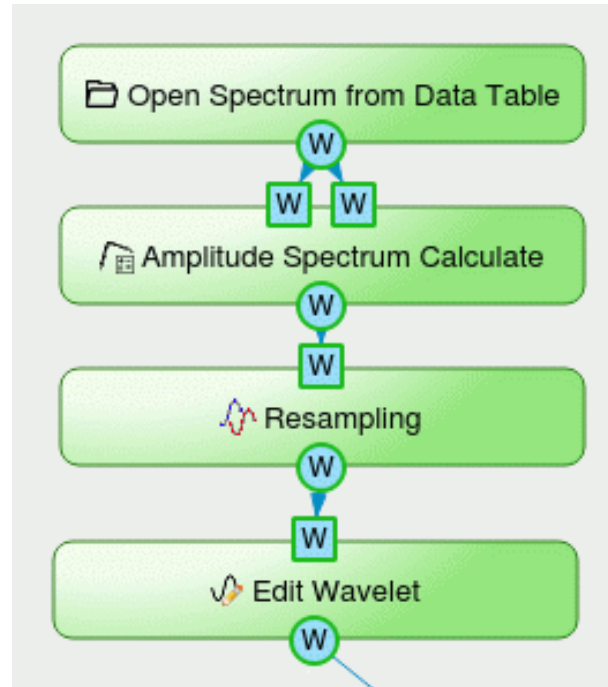


二、基本原理

期望子波约束方式较多，Omega软件采取给定振幅谱参数表来设计子波振幅谱，用于替换全局分量，操作简单，但是物理意义不明确，结果不可控。GeoEast 可以采取多种方式提取期望子波，根据用户对数据的了解，可以建立更可靠的期望子波，确保反褶积结果更真实合理。



Omega软件子波约束界面



GeoEast软件子波处理功能



二、基本原理

基于目标子波的地表一致性反褶积分为两步处理：

一、对炮点、检波点、中心点和炮检距分量进行脉冲反褶积，用于消除各个分量的差异。

脉冲反褶积算子计算过程： r_{src} 、 r_{rec} 、 r_{cmp} 、 r_{offset}

$$\begin{bmatrix} r_{xx}(0) & r_{xx}(1) & \cdots & r_{xx}(m) \\ r_{xx}(1) & r_{xx}(0) & & r_{xx}(m-1) \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{xx}(m) & r_{xx}(m-1) & \cdots & r_{xx}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{a}_0 \\ \tilde{a}_1 \\ \vdots \\ \tilde{a}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

二、对于全局分量进行基于目标子波的整形处理，用于消除各个区块之间的子波差异。

被整形的是全局分量 $g(t)$ ，其自相关为 r_g ，期望输出为 $d(t)$

$$\begin{bmatrix} r_g(0) & r_g(1) & \cdots & r_g(m) \\ r_g(1) & r_g(0) & & r_g(m-1) \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_g(m) & r_g(m-1) & \cdots & r_g(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ \vdots \\ f_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{dg}(0) \\ r_{dg}(1) \\ \vdots \\ r_{dg}(m) \end{bmatrix}$$

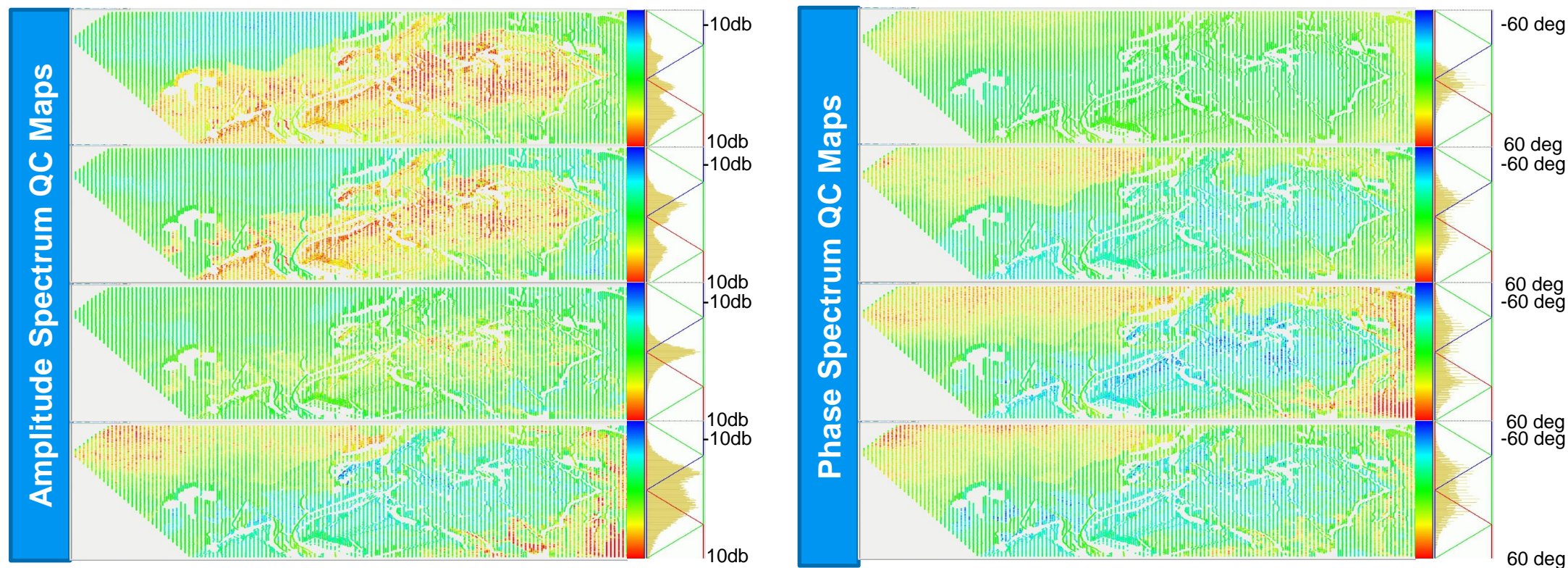


二、基本原理

新增功能：

以地震数据的形式输出各个分量算子，用于地表一致性反褶积效果的质量控制。

GeoEast软件第一次SCDC炮点项因子属性展示





目 录

CONTENTS



问题的提出



基本原理



使用说明



应用实例

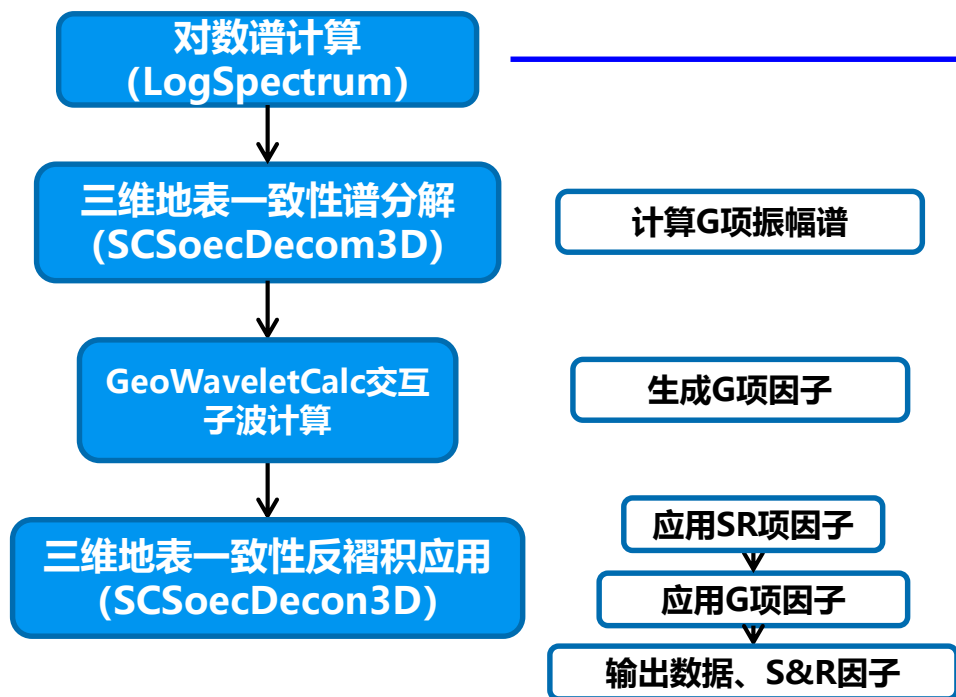


结论与讨论



三、使用说明

基于目标子波的地表一致性反褶积处理流程：



The screenshot shows the 'Parameters' window with the 'Modules Selector' tab active. The 'GENERAL' section is expanded, showing the following parameters:

Parameter	Value
key word to define time window	offset
time window by offset	500.000000,500.000000,3500.000000,2500.000000
autocorrelation length(ms)	200.000000
spectrum type	log spectrum
maximum frequency for correlation(Hz)	0.000000
data table name	log_spectrum_datatable

A red box highlights the 'autocorrelation length(ms)', 'spectrum type', and 'maximum frequency for correlation(Hz)' parameters.

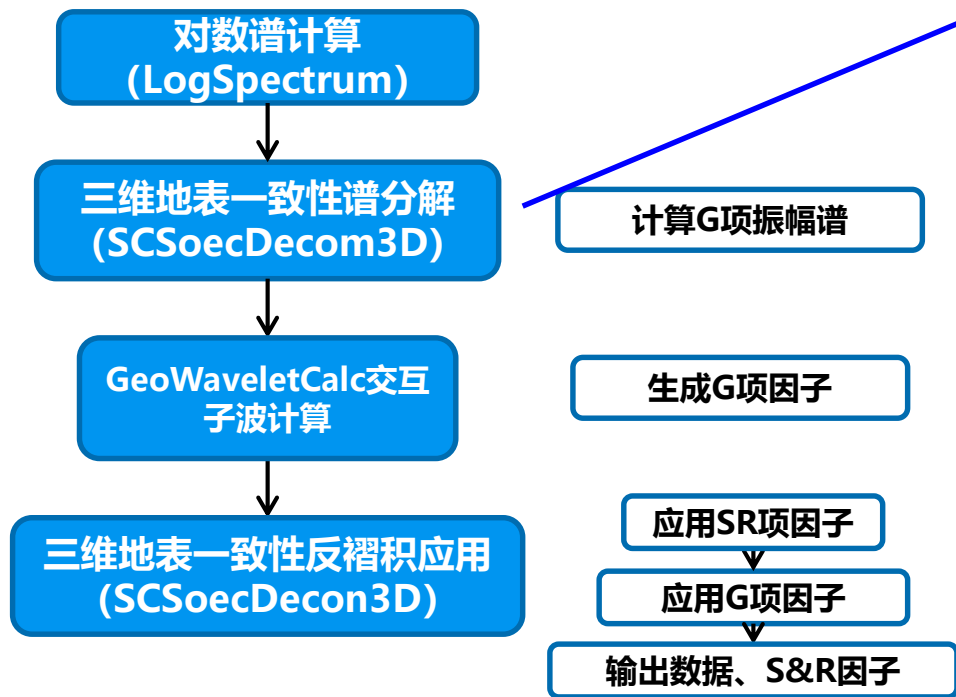
基于目标子波的地表一致性反褶积流程

模块界面



三、使用说明

基于目标子波的地表一致性反褶积处理流程：



基于目标子波的地表一致性反褶积流程

The screenshot shows the 'Parameters' window with the 'Modules Selector' tab active. The 'GENERAL' section is expanded, showing various parameters. A red box highlights the following parameters:

Parameter	Value
log spectrum data table name	
spectrum filename	scspecdecom3d
tmp file path option	datatable path
number of iterations	3
first component to decompose	source
second component to decompose	receiver station
third component to decompose	null
fourth component to decompose	null
offset increment	50.0
number of tasks	5

模块界面

```
scspecdecom3d_GK. spec
scspecdecom3d_GlobalfactorAmpSpec. spec
scspecdecom3d_PK. spec
scspecdecom3d_SK. spec
scspecdecom3d_TK. spec
scspecdecom3d_QK. spec
```

输出文件



三、使用说明

当前版本为多节点多线程版本，在数据量较大的情况下，**单节点**提效约**5-6倍**，多节点版本运行时间随节点数递增基本呈**线性递减**关系，能够有效节约运行时间。

本模块的并行作业有两种发送方式：

- 1) GeoEast的高效控制台GeoJobConsole发送
对编辑完成的作业，点击RemoteSubmit按钮发送，在弹出的JSF job editor窗口中，需编辑Resource Requirements参数卡页面：Resource Filters的Minimal、Optimal 参数需不小于本模块参数number of tasks的填写值；“Tasks Per Node” 参数值必须设置为1。

Parameters	
GENERAL	
logspectrum data table name	
spectrum filename	scspecdecom3d
tmp file path option	datatable path
number of iterations	3
first component to decompose	source
second component to decompose	receiver station
third component to decompose	null
fourth component to decompose	null
offset increment	50.0
number of tasks	5

JSF job editor			
Description: MixNormSCDeconDecomp1.job			
Basic Info Resource Requirements Attributes/Labels Sequence Group			
Minimal	Optimal	Forcible	Node Filter
5	5	<input checked="" type="checkbox"/>	
Resource Filters:			
Cross Node Group: <input checked="" type="checkbox"/> Yes			
Run Exclusively: <input type="radio"/> Default <input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No			
Tasks Per Node: 1			
Load...		Save...	
		Commit Cancel	



三、使用说明

当前版本为多节点多线程版本，在数据量较大的情况下，**单节点**提效约**5-6倍**，多节点版本运行时间随节点数递增基本呈**线性递减**关系，能够有效节约运行时间。

2) 命令行形式发送并行作业。

对编辑完成的作业，在shell终端采用如下方式发送：

```
psjob jobname node_num hostfile > log &
```

其中：psjob为GeoEast发送并行作业的命令，jobname为编辑好的作业名称，node_num为并行作业所用的节点个数，hostfile是所用节点名称的列表文件名，log为作业输出的运行信息文件（即常规作业的LOG文件），可更换为其它名称。

hostfile是文本文件，每行定义一个节点名，第一行为主节点，格式如下：

ibm2-010

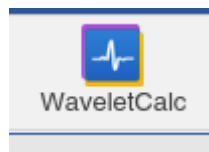
ibm2-011

ibm2-012

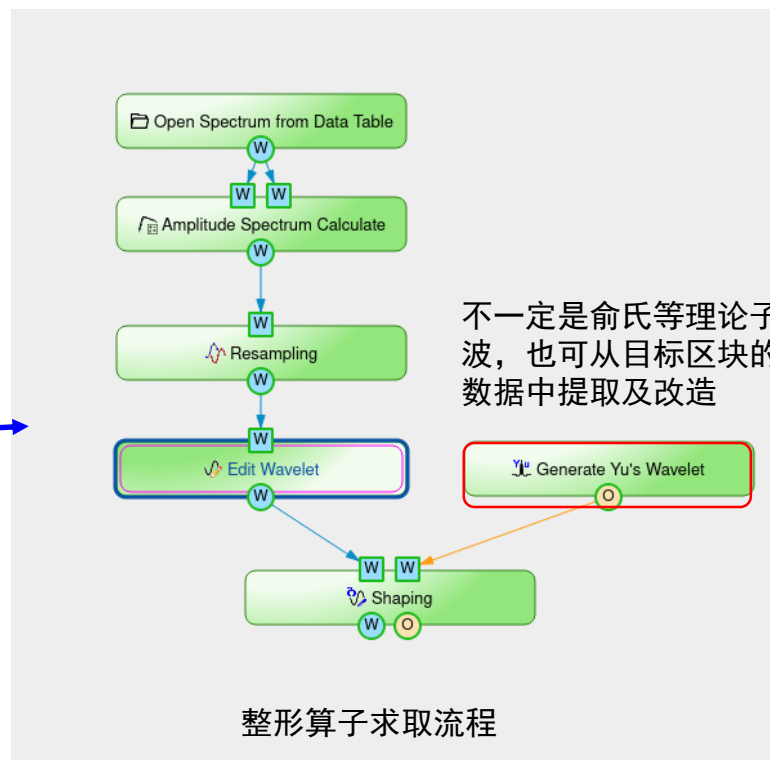
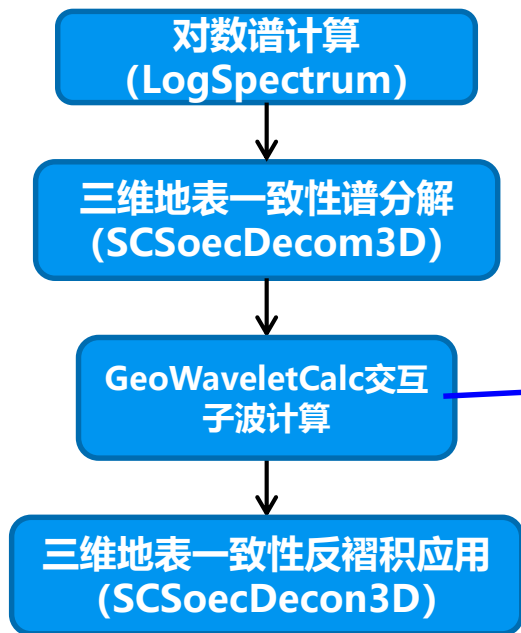
当使用命令行发送作业时，并行作业的节点个数由命令行中的node_num确定，模块参数number of tasks不起作用。且hostfile中列出的可用节点个数必须不小于node_num。若作业出现问题，可以用kill命令杀掉hostfile文件中各节点本作业psjob相关进程。



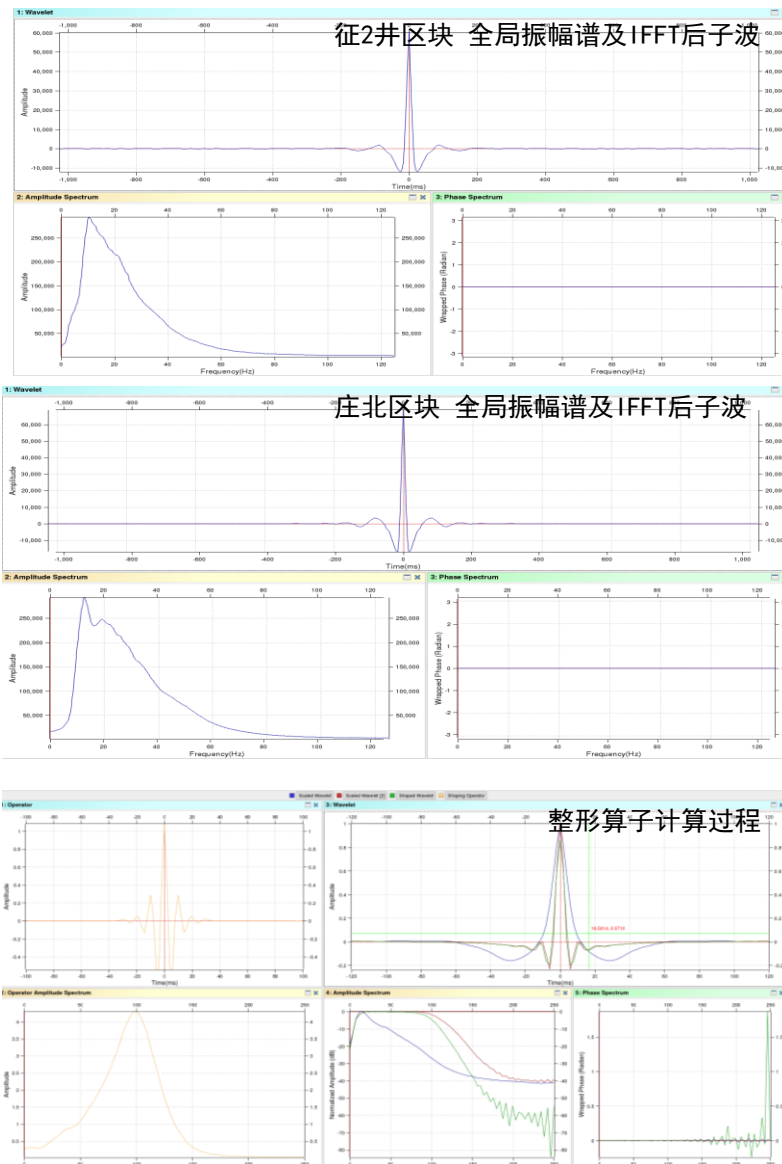
三、使用说明



交互子波计算模块



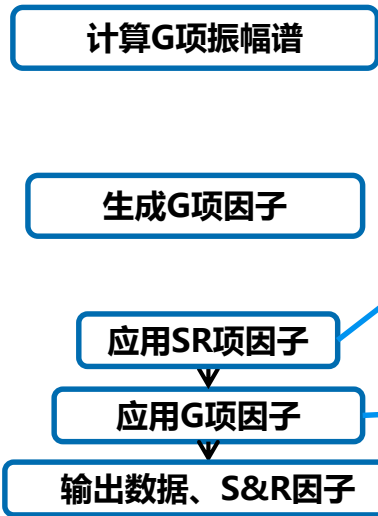
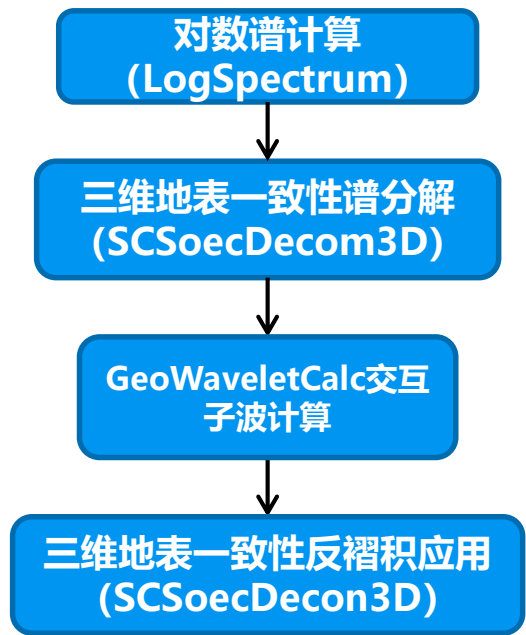
每个工区都提取各自的全局子波，然后向统一的期望子波进行整形，得到各工区的整形因子，反褶积时对应应用





三、使用说明

基于目标子波的地表一致性反褶积处理流程：



输出文件

0110_013-99_factor_first_factor
0110_013-99_factor_second_factor

GENERAL	
power spectrum filename	0110_Log2_scspecdecom3d
operator length(ms)	120
number of components	two
process all traces options	yes
zerophase operator options	no
deconvolution type	prediction
predictive distance(ms)	2.000000
band-pass filter options	no
white noise percent	0.010000
percentage of additional power spectrum outside bandpass	50.000000
adding triangular window on autocorrelation	no
apply the global factor option	yes
the global factor filename	0110_Log2_scspecdecom3d_Globlefactor
output factor option	yes
factor data filename	0110_013-99_factor
repeated filename	override file enforceable

基于目标子波的地表一致性反褶积流程

模块界面



三、使用说明

Workflow diagram showing the sequence: GeoDiskIn → TraceFFT → GeoDiskOut.

General parameters

Filename	0110_013-99_factor_first_factor,Null,SCt
First keyword code	Null
First keyword range	
Second keyword code	Null
Second keyword range	
Third keyword code	Null
Third keyword range	
Fourth keyword code	Null
Fourth keyword range	
Fifth keyword code	Null
Fifth keyword range	
Gather flag	Null
Trace type	1 Valid trace
Use same range for all files	No
Time window input	

Further Select parameters

Auxiliary parameters

Workflow diagram showing the sequence: GeoDiskIn → TraceFFT → GeoDiskOut.

GENERAL

FFT options	forward
start time	0.000
end time	0.000
frequency interval(Hz)	0.000
output options	amplitude
amplitude type	dB

输出文件

0110_TraceFFT_amplitude_DB_source

Workflow diagram showing the sequence: GeoDiskIn → TraceFFT → GeoDiskOut.

GENERAL

FFT options	forward
start time	0.000
end time	0.000
frequency interval(Hz)	0.000
output options	continuous phase
phase type	angle
time shift of phase(ms)	0.000

输出文件

0110_TraceFFT_continuous_phase_source



输入文件

0110_TraceFFT_amplitude_DB_source

Diagram showing the workflow for processing the input file:

```
graph TD; GeoDiskIn[GeoDiskIn] --> TakeTraceAttri[TakeTraceAttri];
```

The **TakeTraceAttri** tool configuration is shown below:

GENERAL	
output attribute to	attribute file
attribute file name	0110_013-99_amplitude_DB_source
overwrite attribute file	yes
time slices(ms)	5,10,20,40,-1
time window type	rectangle
rectangle	
operations in window	

Diagram showing the workflow for processing the input file:

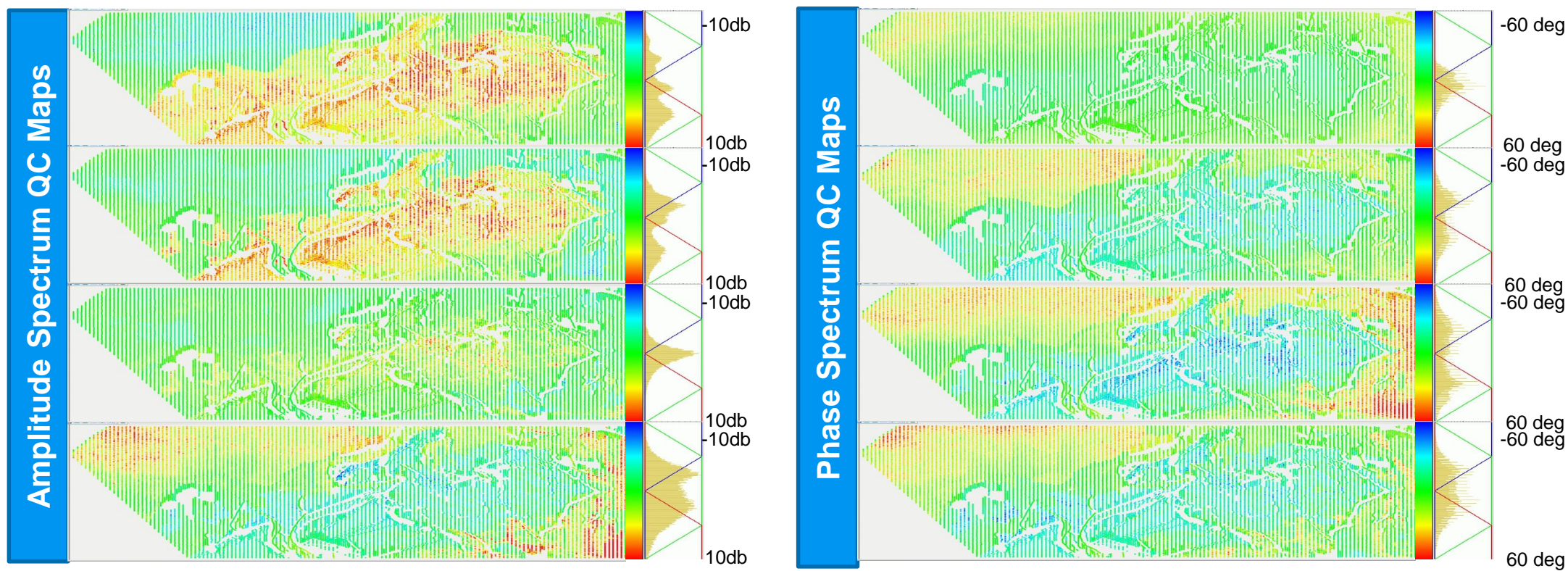
```
graph TD; TakeGatherAttri[TakeGatherAttri];
```

The **TakeGatherAttri** tool configuration is shown below:

GENERAL	
input data type	attribute file
input file name	0110_013-99_amplitude_DB_source.aqc
output option	text file
text file name	hw6p/SCDC_test/0110_013-99_amplitude_DB_source
overwrite file	yes
select statistical range	no
define gather type	user defined
first keyword code	Source
second keyword code	Null
third keyword code	Null
attribute type	time slice
slice1	time 1
slice1 operation	MaxValue
slice2	time 2
slice2 operation	MaxValue
slice3	time 3
slice3 operation	MaxValue
slice4	time 4
slice4 operation	MaxValue
slice5	null
slice5 operation	null
output header to file	Source,Source Easting,Source Northing,Null
precision of attribute values	2



交互模块Attribute View绘制散点图：0110_013-99_amplitude_DB_source





目 录

CONTENTS



问题的提出



基本原理



使用说明



应用实例



结论与讨论



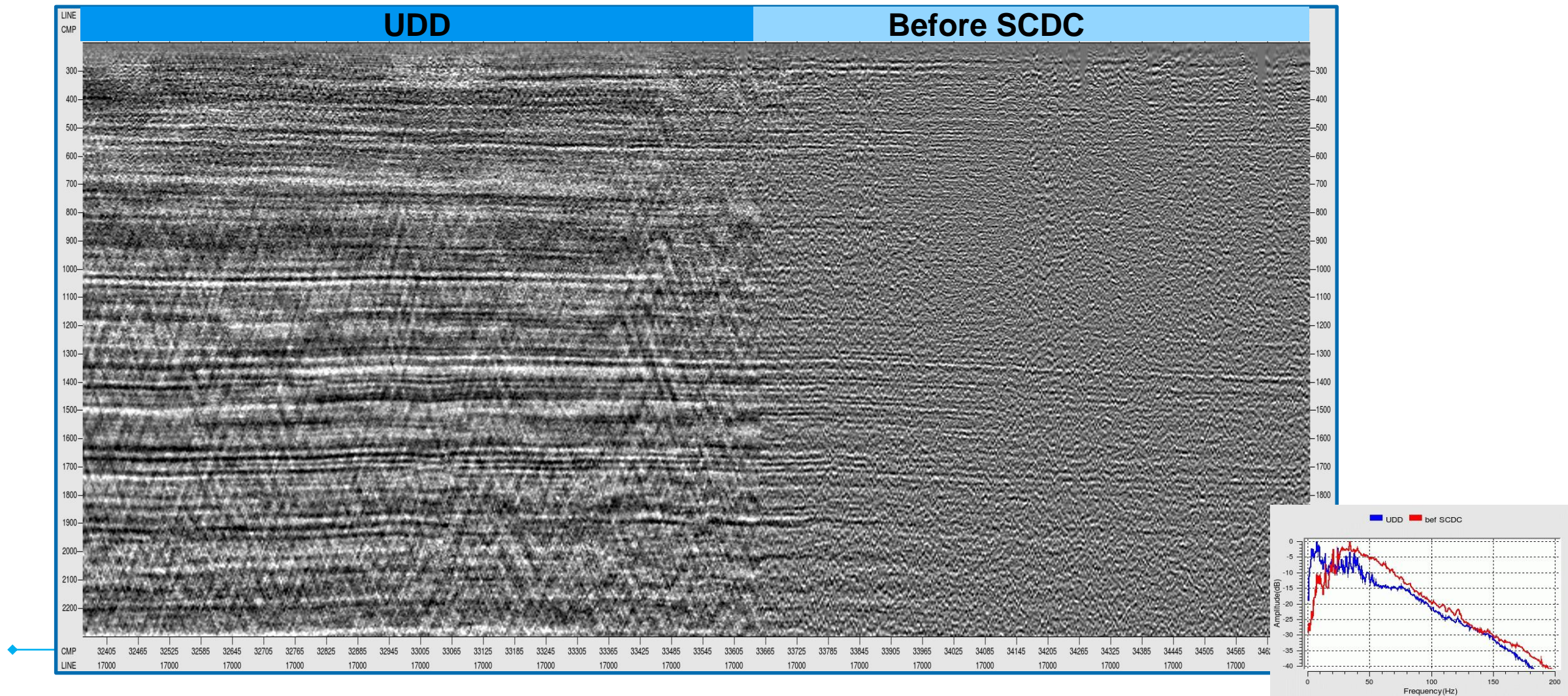
四、应用实例（一）

阿联酋ADNOC TZ过渡带项目应用效果



四、应用实例（一）

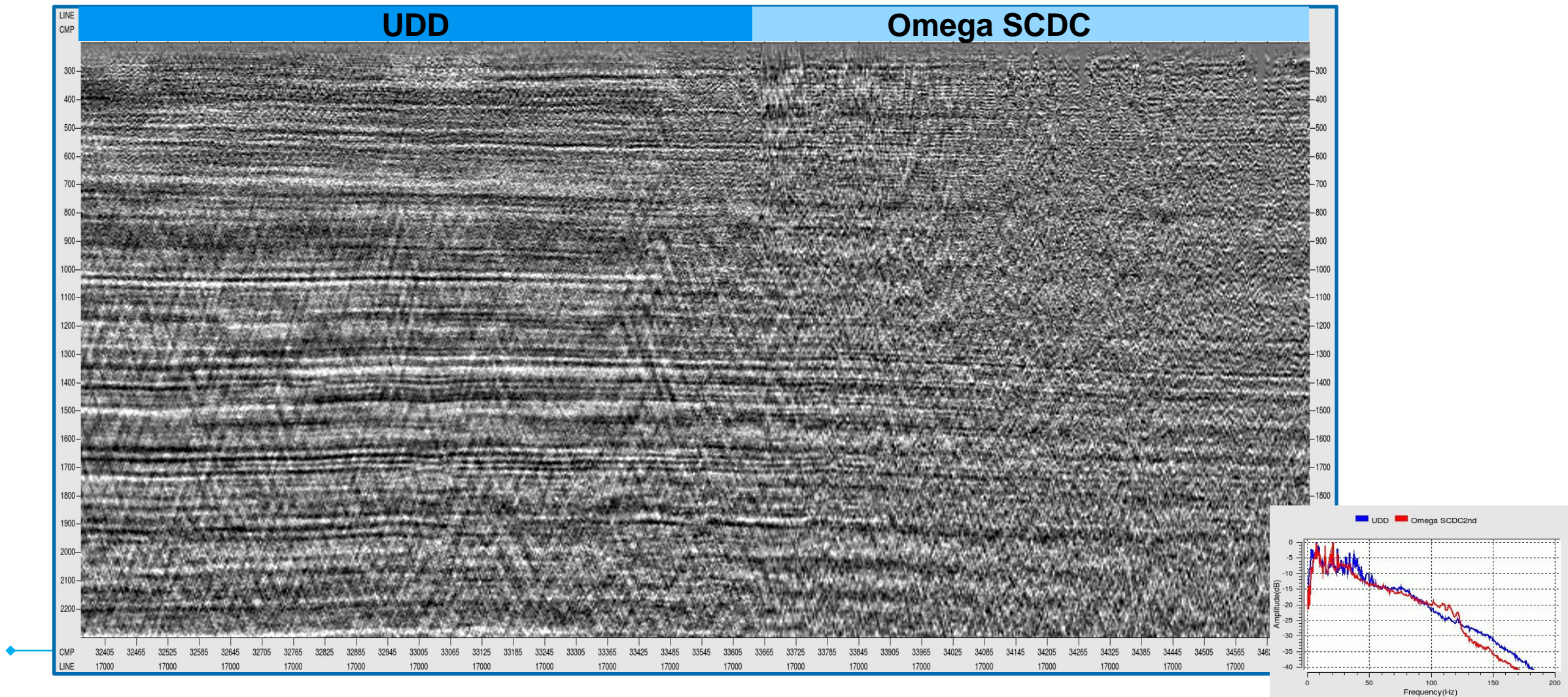
1.应用效果对比





四、应用实例（一）

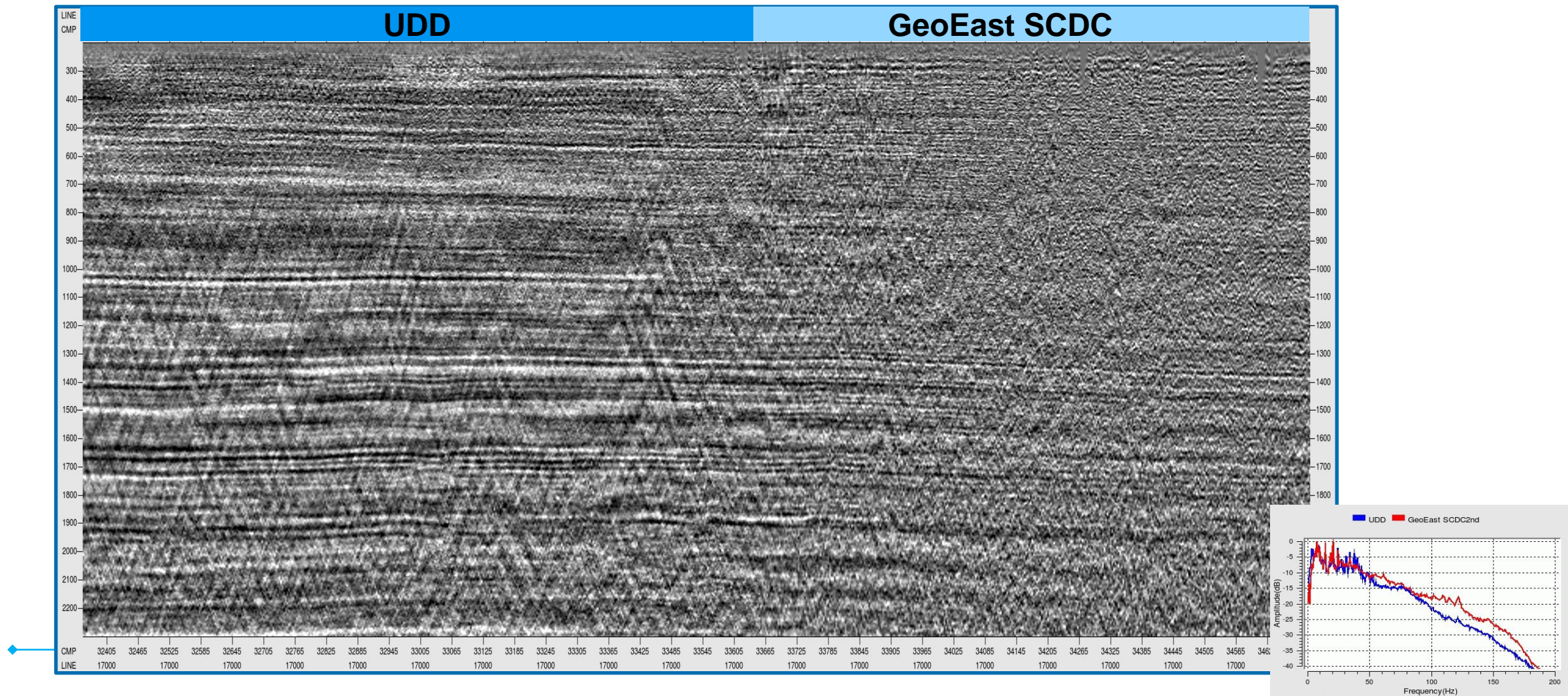
1.应用效果对比





四、应用实例（一）

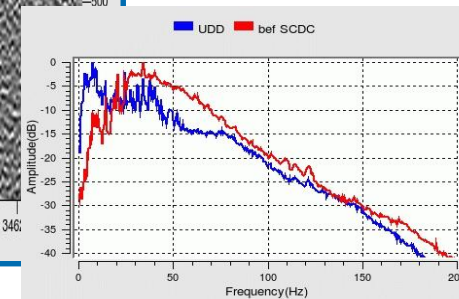
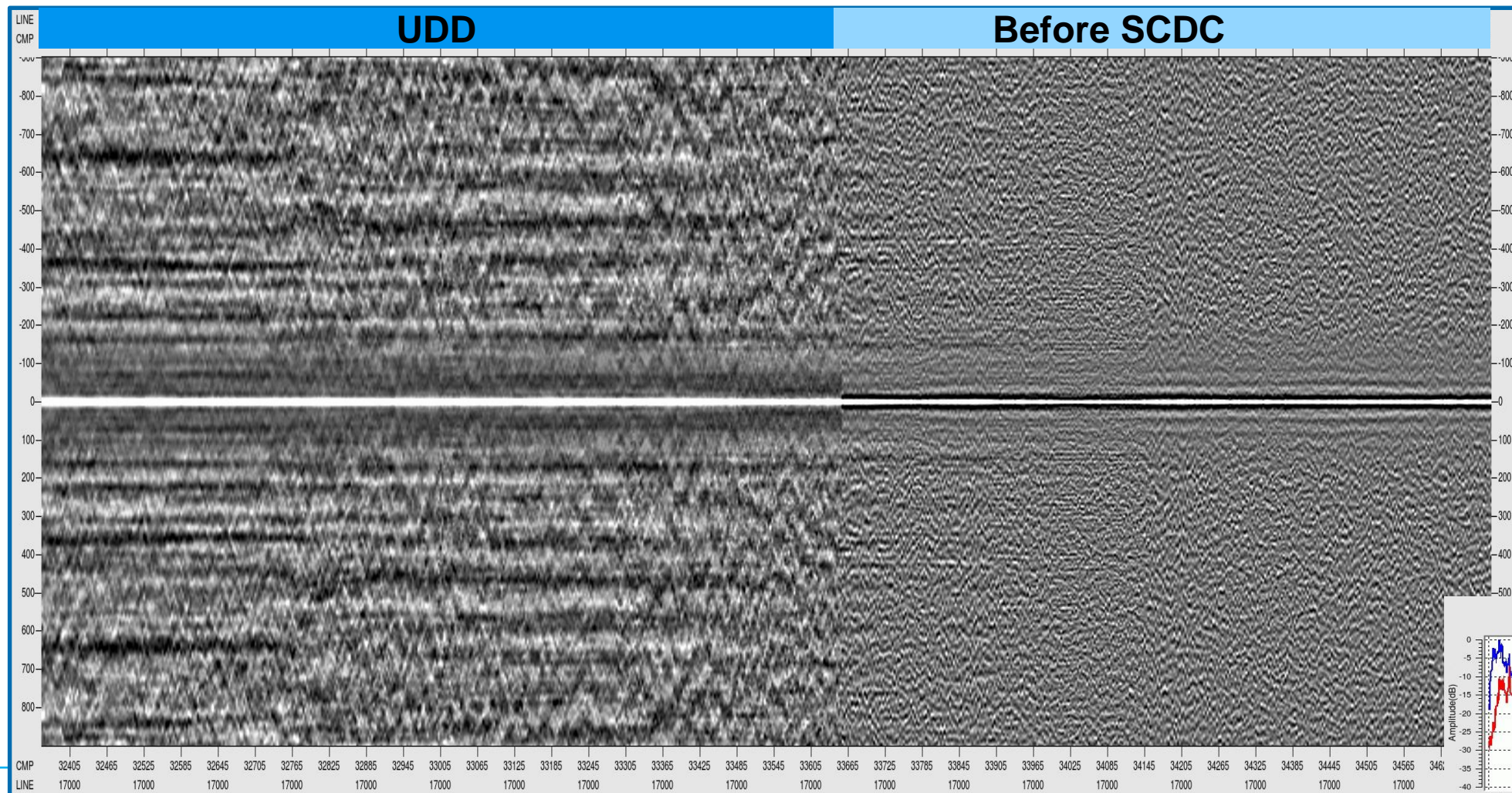
1.应用效果对比





四、应用实例（一）

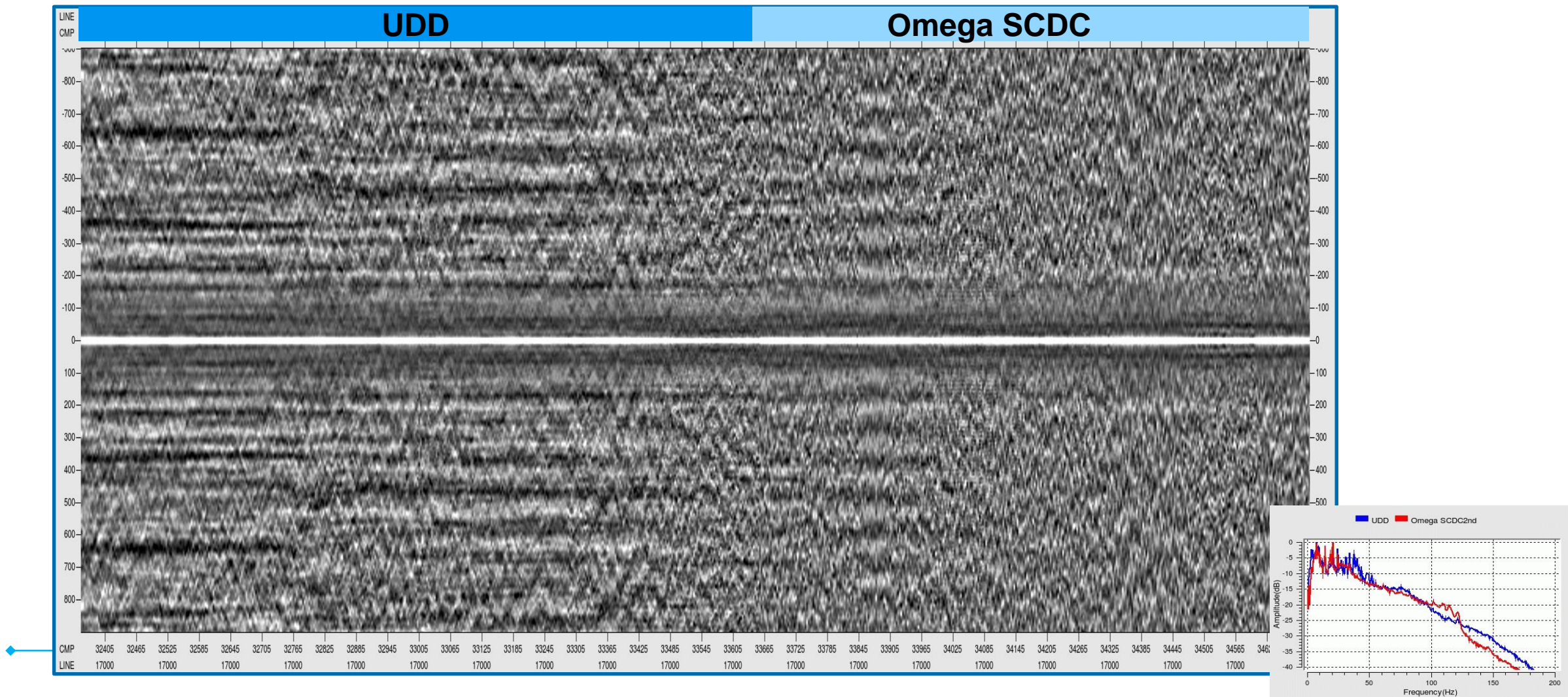
1.应用效果对比





四、应用实例（一）

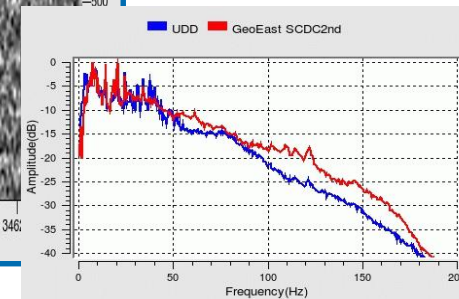
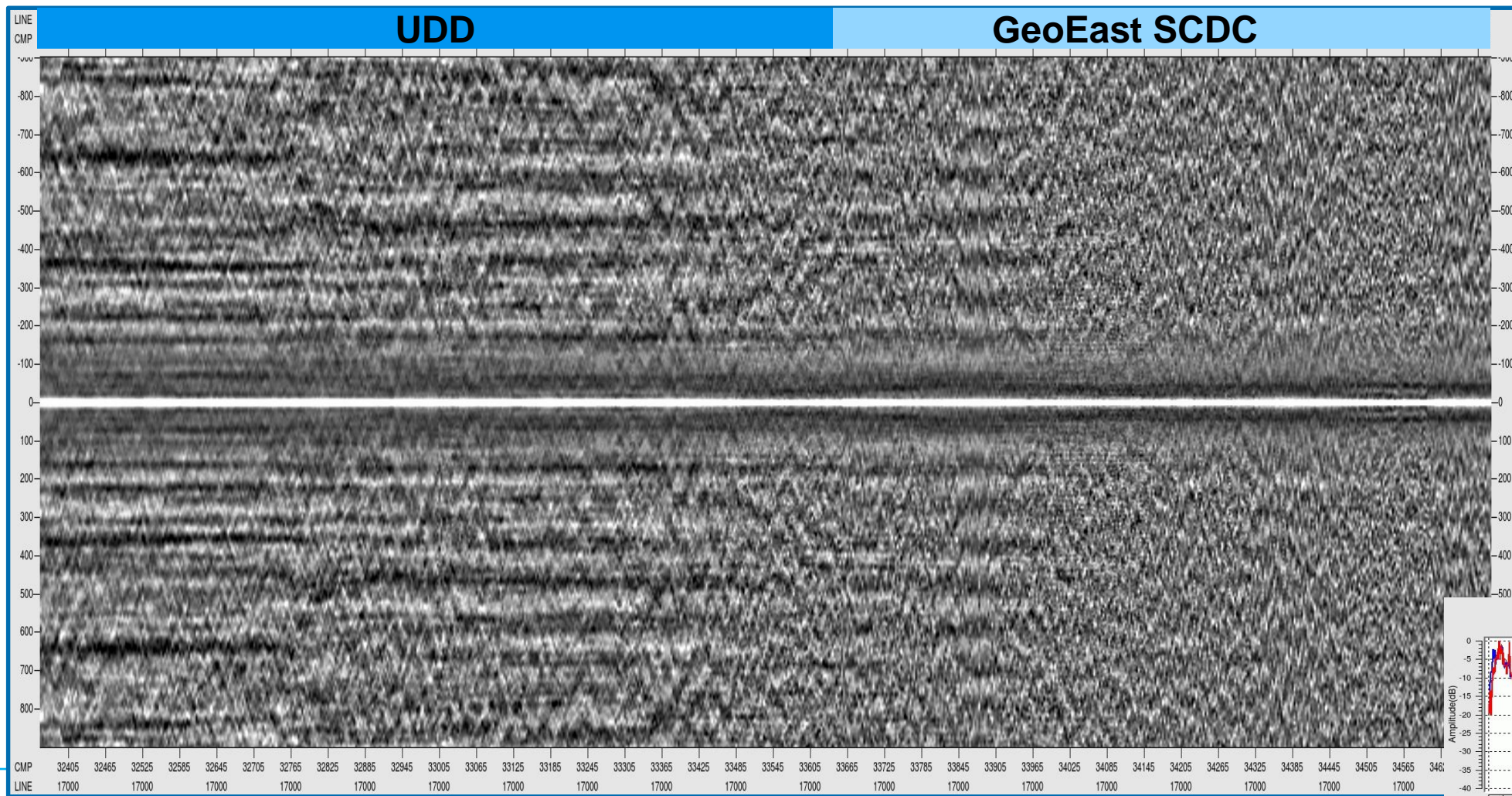
1.应用效果对比





四、应用实例（一）

1.应用效果对比

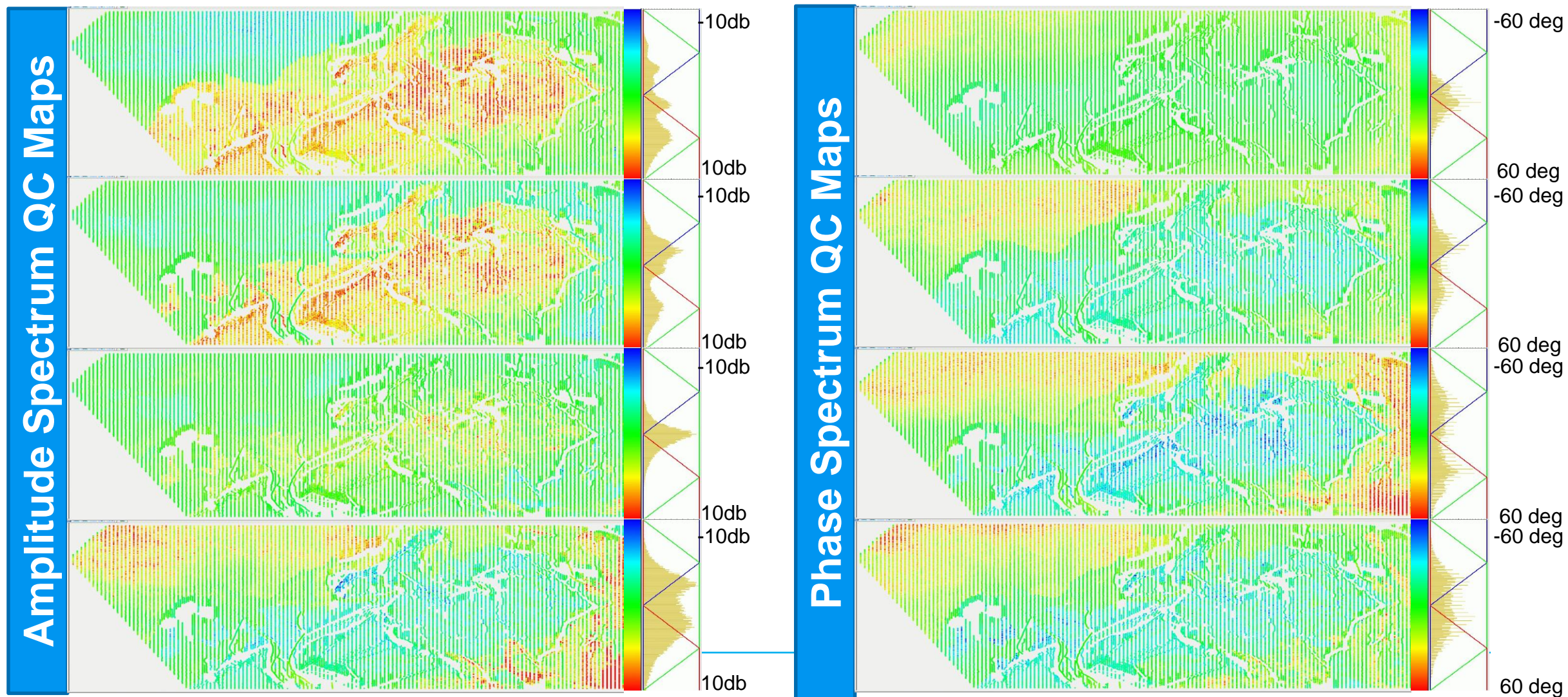




四、应用实例（一）

2. 质控效果展示

GeoEast软件第一次SCDC炮点项因子属性展示

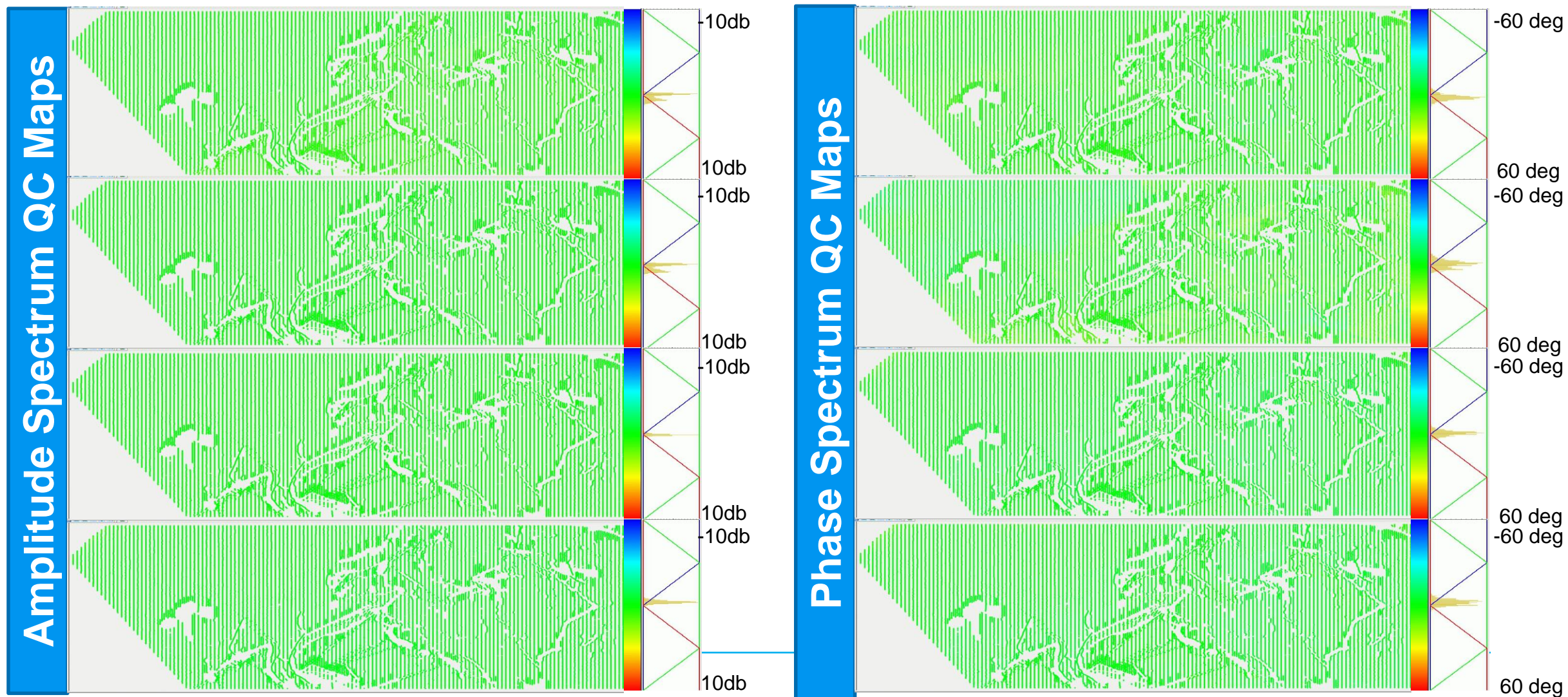




四、应用实例（一）

2. 质控效果展示

GeoEast软件第二次SCDC炮点项因子属性展示





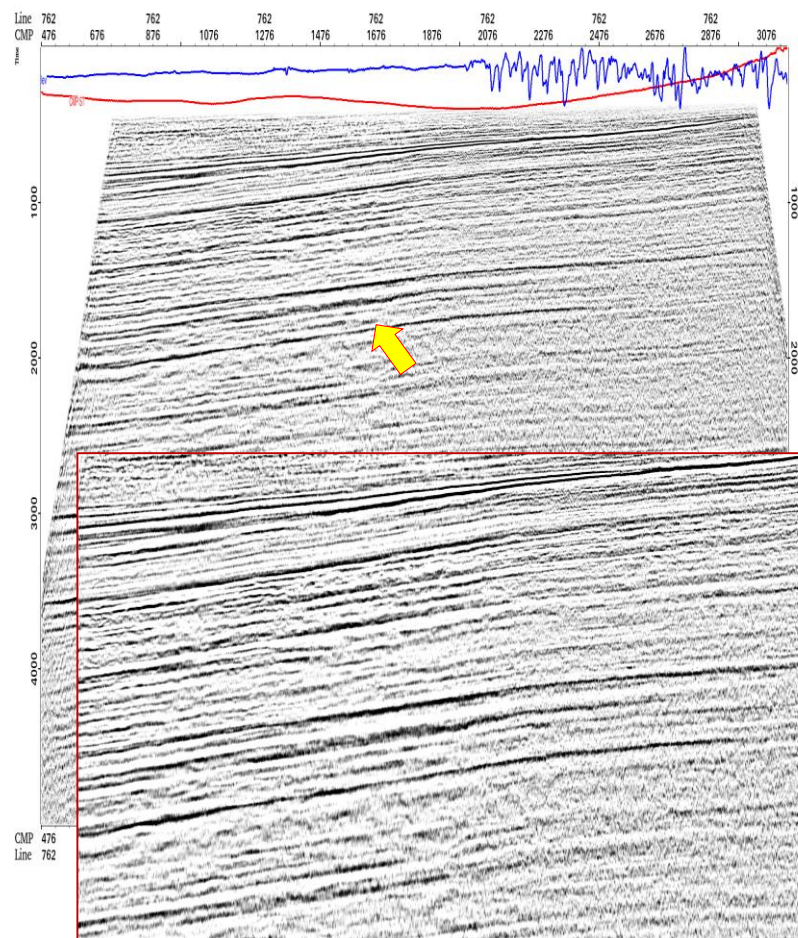
四、应用实例（二）

陆上数据中拐连片三维工区应用效果

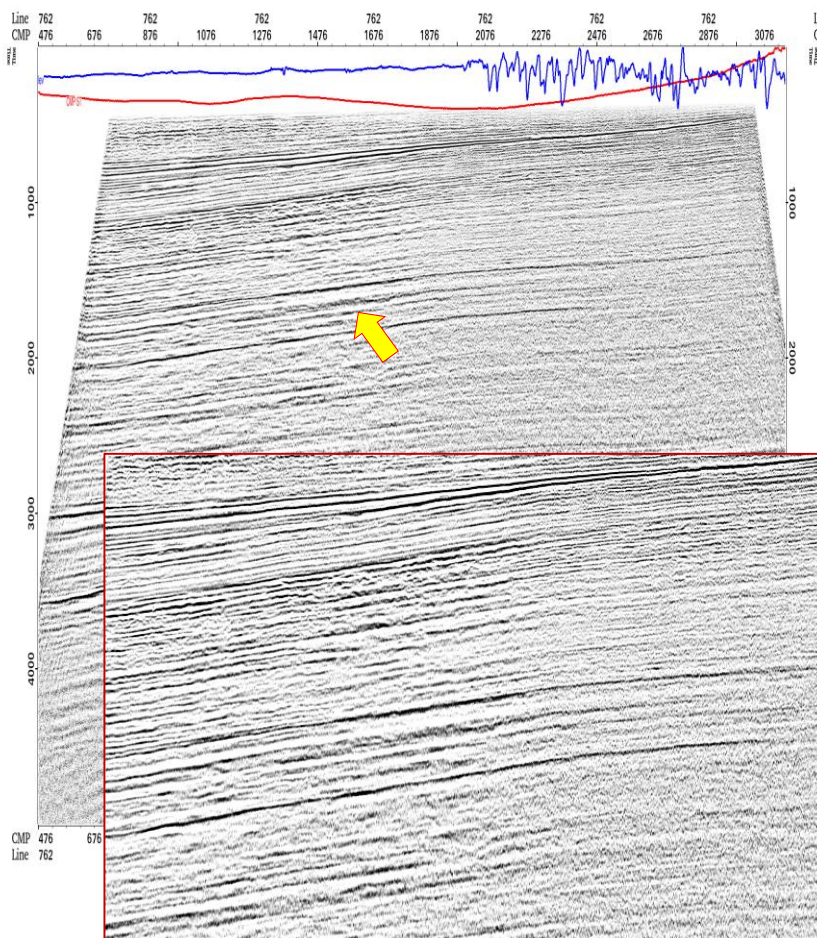


三、应用效果分析

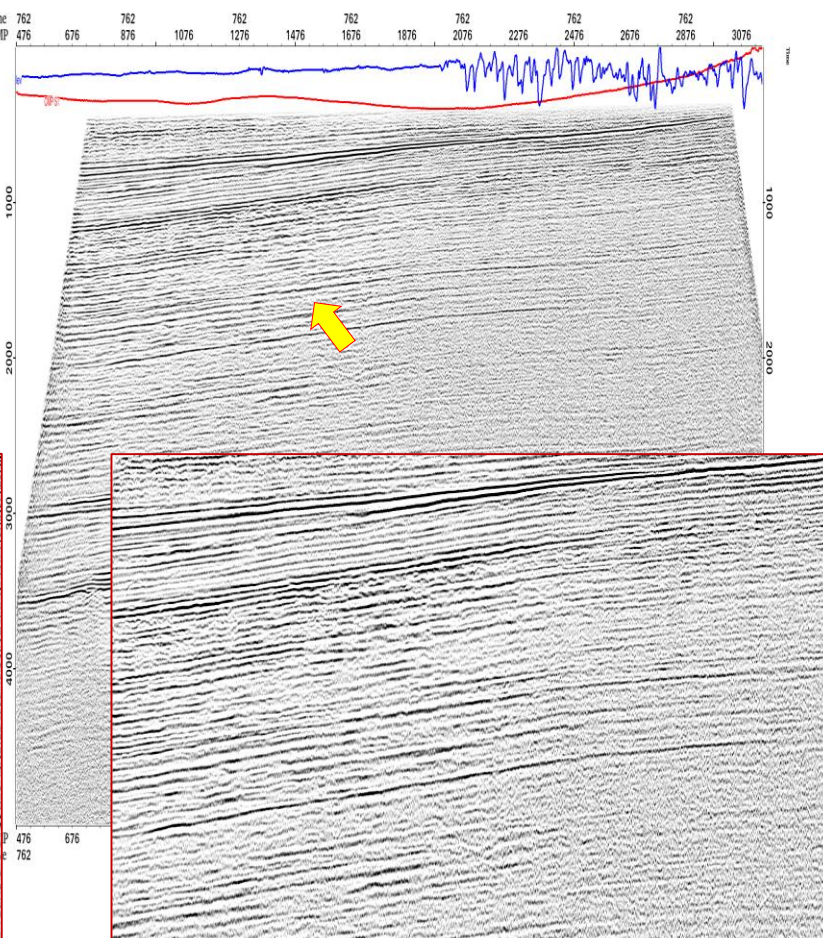
➤ 基于初至提取期望子波反褶积剖面横向一致性好。



反褶积前



俞氏期望子波反褶积

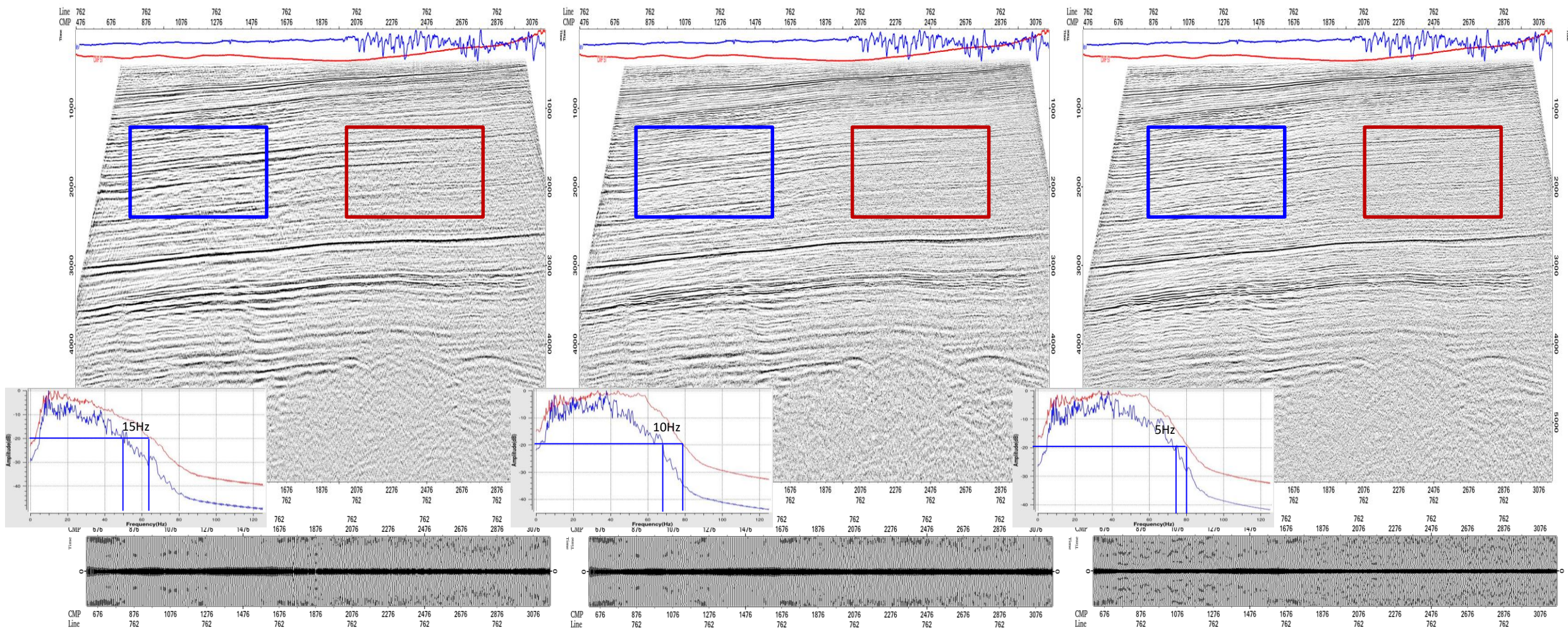


初至期望子波反褶积



三、应用效果分析

➤ 基于初至提取期望子波反褶积剖面横向一致性好，高、低频端信号成像较优。



反褶积前

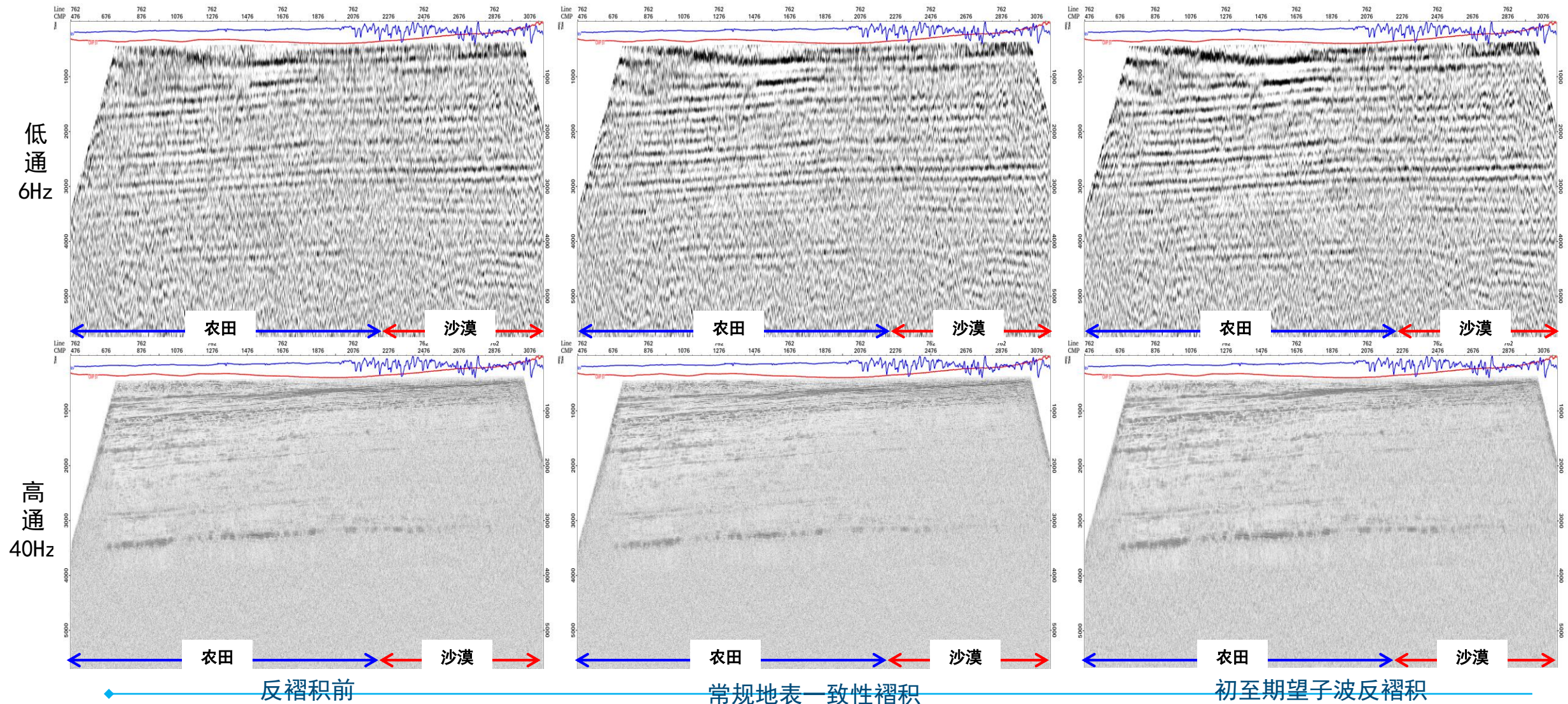
常规地表一致性反褶积

初至期望子波反褶积



三、应用效果分析

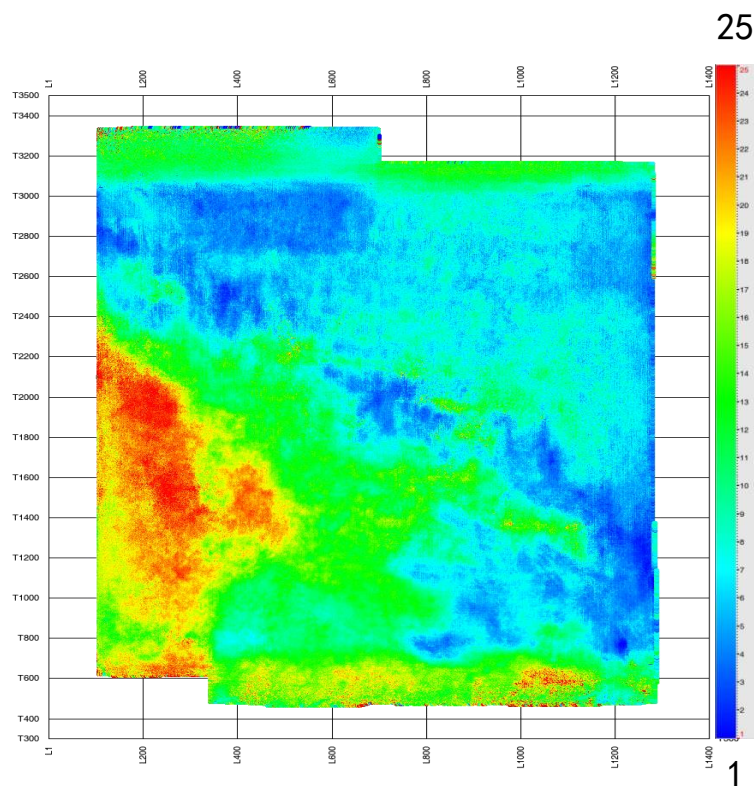
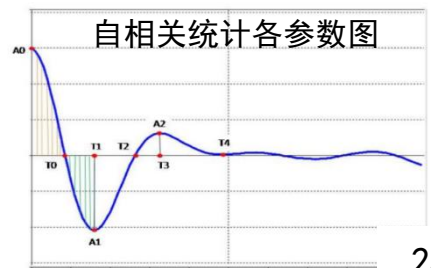
➤ 基于初至提取期望子波反褶积剖面横向一致性好，高、低频端信号成像较优。



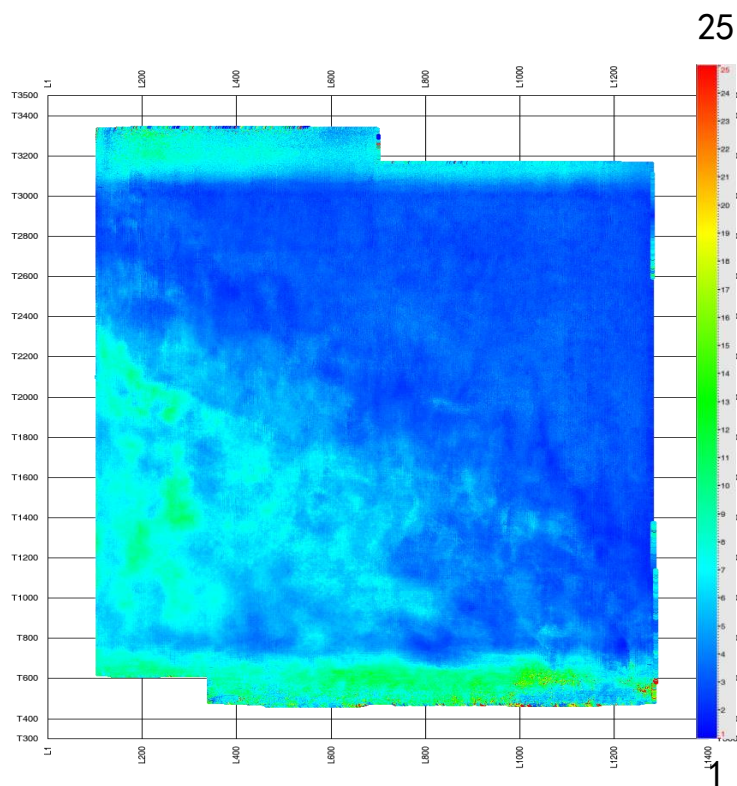


三、应用效果分析

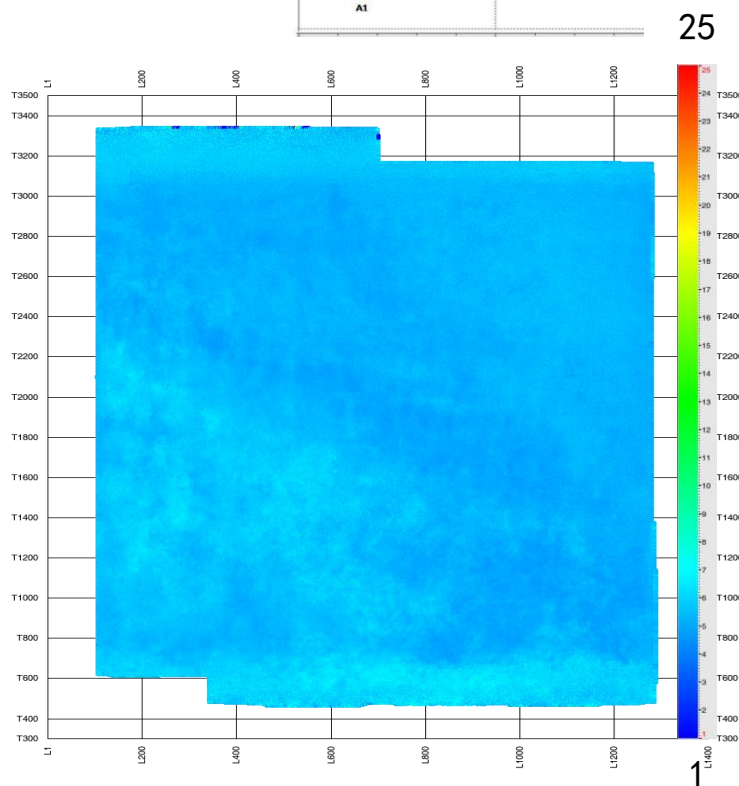
- 基于初至提取期望子波反褶积剖面横向一致性好，高、低频端信号成像较优。



反褶积前T0交叉时



常规地表一致性褶积T0交叉时



初至期望子波反褶积T0交叉时



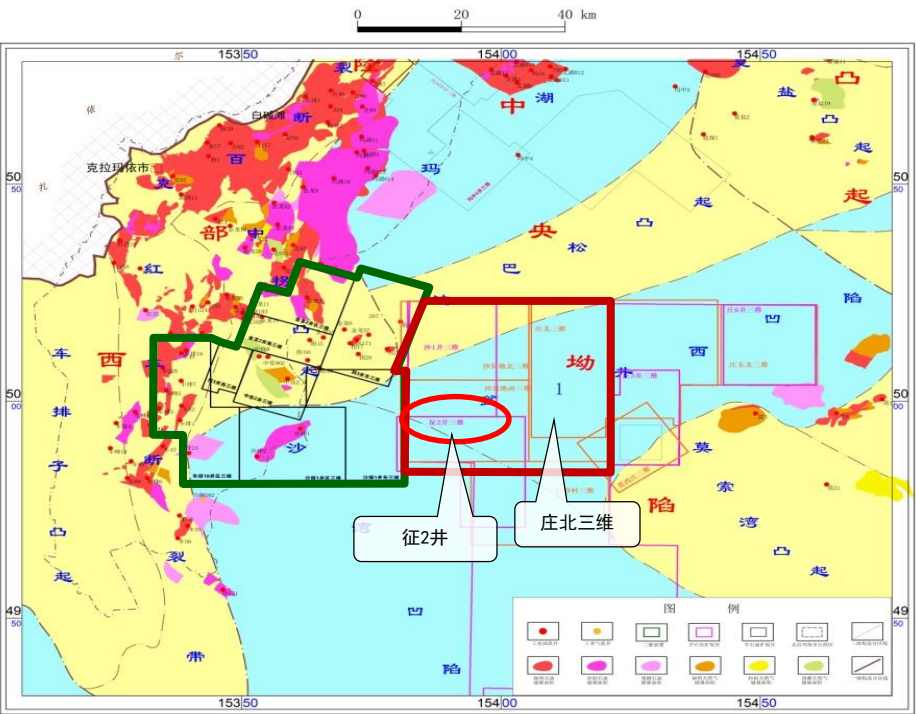
三、应用效果分析

不同三维区块间的应用

中拐连片：工区资料的激发（井炮/可控震源）、接收（自然频率28/35/10/5Hz检波器）、面元（4种）、方位角（2种）、炮道密度等均存在一定差异。

反褶积试验区块：征2井（可控震源扫描长度24s、扫描频率1.5-96Hz）、庄北三维（炸药）。

中拐凸起地区三维地震勘探部署图



中拐连片三维资料采集参数表

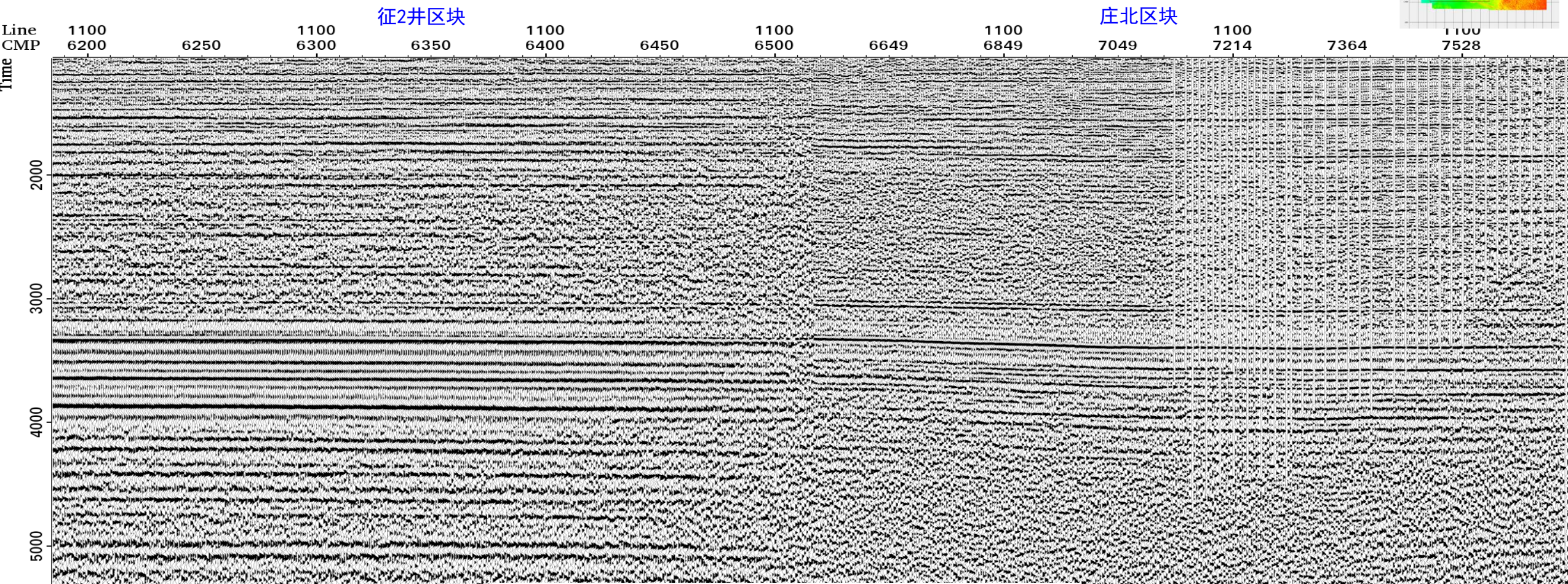
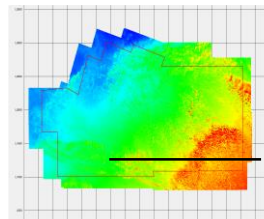
序号	三维地震名称	观测系统	面元 m×m	覆盖次数 (次)	炮道密度 (道)	方位角	纵横比	处理面积 km²	年度	激发方式	接收方式
1	车排18井区三维	断裂带：24L6S432R 斜坡区：24L6S480R	12.5×12.5	断裂带：864 斜坡区：960	2670000	0	断裂带：0.67 斜坡区：0.60	402.075	2018	震源/1台1次	SG-5/单只
2	金龙2井区三维	16L3S224R	25×50	128	285700	-17.9	0.43	199.82	2007	炸药	28Hz检波器/组合
3	金龙2井南三维	16L7S210R	25×25	120	192000	-17.9	0.53	138.06	2012	炸药	20DX-10/组合
4	拐3井东三维	24L6S240R	25×25	240	380000	-17.9	0.6	335.34	2013	炸药	SN8-10/组合
5	拐3井西三维	16L7S210R	25×25	120	192000	-17.9	0.53	73.132	2012	炸药	20DX-10/组合
6	中佳2井区三维	24L6S240R	25×25	240	384000	-17.9	0.6	157.32	2015	炸药	30DX-10/组合
7	沙探1井区三维	24L(2*3)S576R	12.5×25	1248	3993600	0	0.7	350.347	2020	震源/1台1次	DT-5/组合
8	沙探1井东三维	24L(2*3)S576R	12.5×25	1248	3993600	0	0.7	350	2020	震源/1台1次	DT-5/组合
9	沙1井-2021三维	30L(6*2)S560R推拉式	12.5×12.5	1200	7680000	0	0.64	454.86	2021	震源/1台1次	20DX-10/小组合
10	征2井-2023三维	32L(6*2)S576R推拉式	12.5×12.5	1536	9830400	0	0.67	312.5	2023	震源/1台1次	20DX-10/小组合
11	庄北三维	12L24S224R	25×50	84	67200	0	0.57	474	2003	炸药	28/35Hz检波器/组合
12	沙窝地（北）三维	8L14S240R	25×25	64	67200	0	0.31	110.4	2003	炸药	28Hz检波器/组合
13	沙窝地（南）三维	8L14S240R	25×25	64	67200	0	0.31	52.2	2003	炸药	28Hz检波器/组合
14	征沙村三维	8L16S238R	25×50	68	54400	0	0.34	35	2003	炸药	35Hz检波器/组合
			4种	64-1536		2种	0.31-0.7	3444	2003-2023	2种	4种



三、应用效果分析

➤ 不同三维区块间的应用

期望子波反褶积比常规地表一致性反褶积更好地解决地表一致性问题。



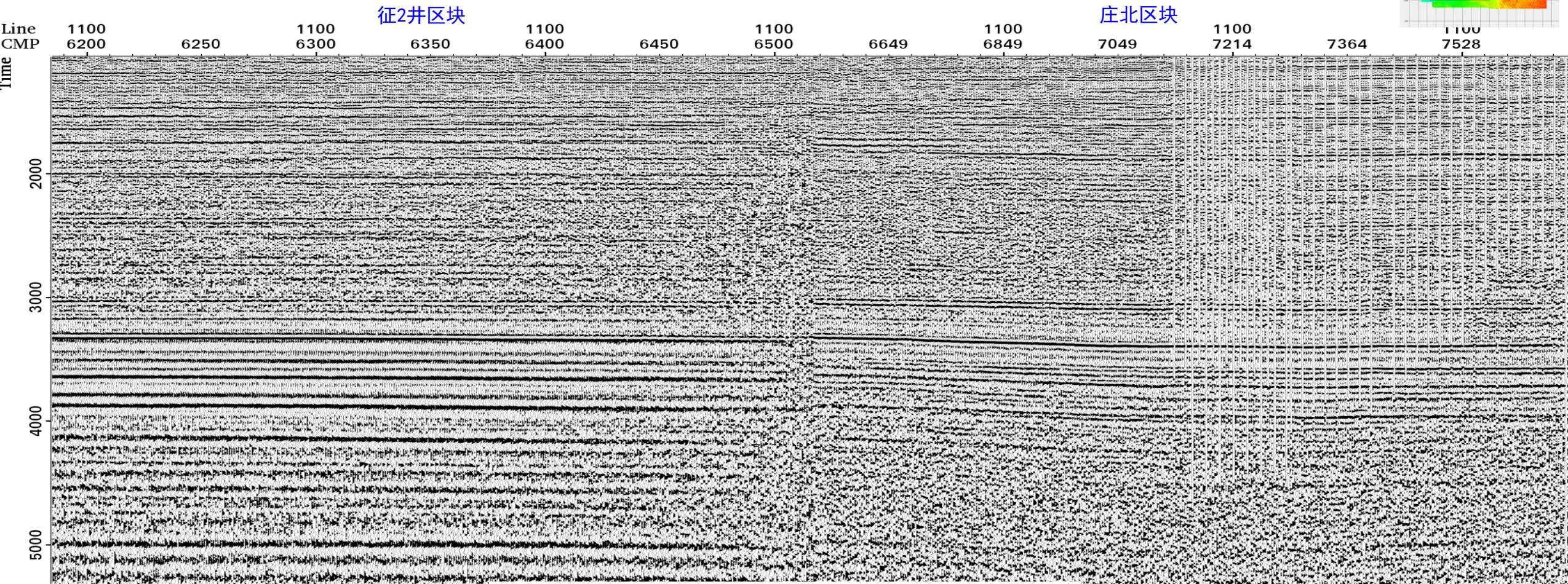
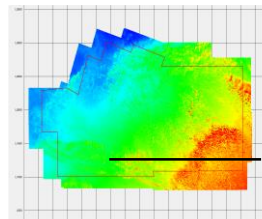
IL1100 反褶积前



三、应用效果分析

➤ 不同三维区块间的应用

期望子波反褶积比常规地表一致性反褶积更好地解决地表一致性问题。



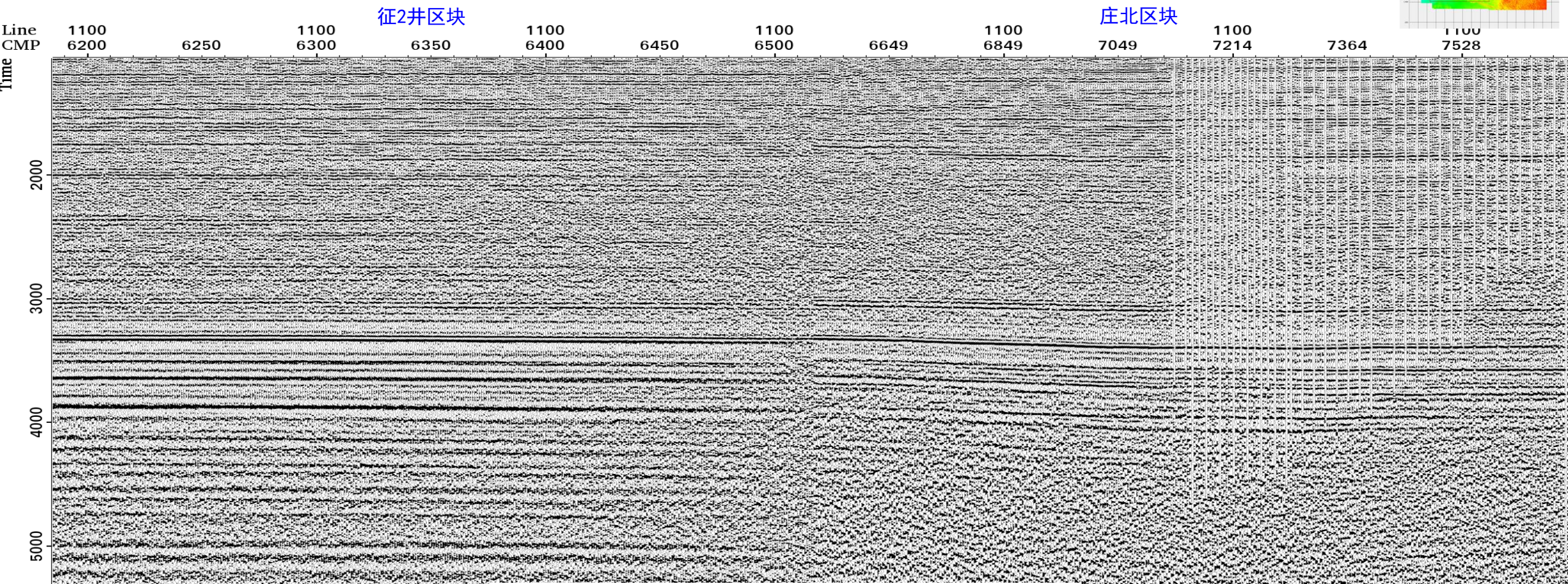
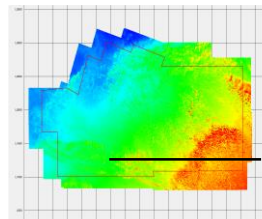
IL1100 常规地表一致性反褶积后



三、应用效果分析

➤ 不同三维区块间的应用

期望子波反褶积比常规地表一致性反褶积更好地解决地表一致性问题。



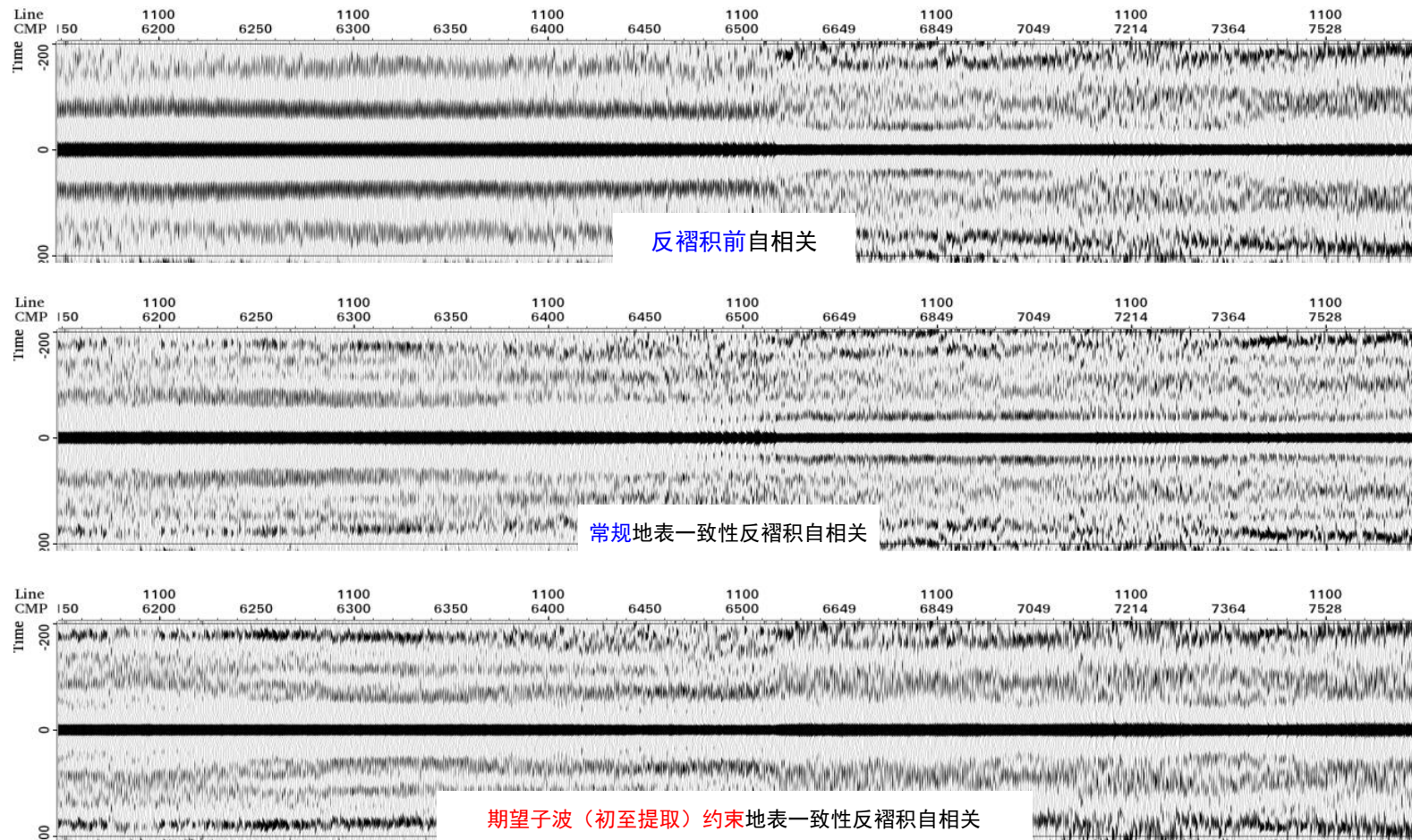
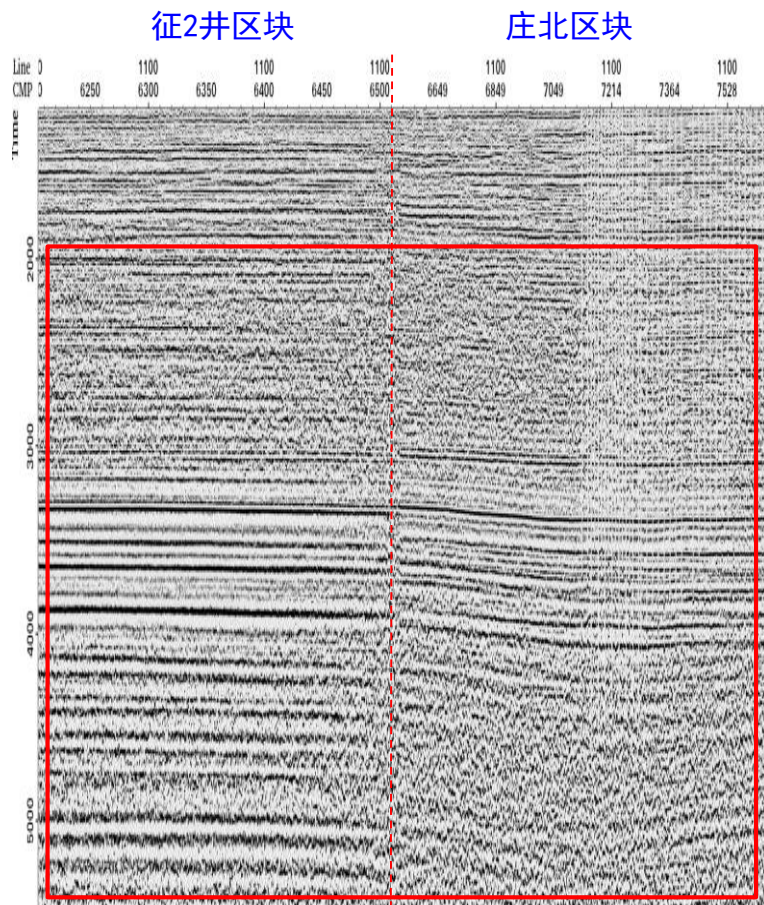
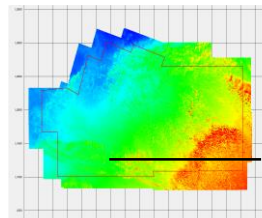
IL1100 期望子波（初至提取）约束地表一致性反褶积后



三、应用效果分析

➤ 不同三维区块间的应用

期望子波反褶积比常规地表一致性反褶积更好地解决地表一致性问题。





目 录

CONTENTS



问题的提出



基本原理



使用说明



应用实例



结论与讨论



五、结论与建议

基于目标子波的地表一致性反褶积分解和应用，是对常规地表一致性反褶积应用的优化和创新。

适用于不同区块的联合处理，可以分别提取每个区块的全局子波，分别进行整形处理，解决不同区块间的子波一致性问题。

由于第一步算法进行了更新，建议选择对数谱选件，自相关的长度与算子长度尽量接近。

整形处理的过程中，期望子波的提取对反褶积效果影响较大。



不妥之处， 敬请批评指正！

谢谢！

Thanks