

叠前地质统计学反演及应用

汇报人：梁 琰

中国石油东方物探公司物探技术研究中心
中油油气勘探软件国家工程研究中心

2026年2月

GeoE



CONTENES
目录

01

一、研究背景

02

二、反演应用实例

- 1.反演原理简介
- 2.影响参数分析
- 3.注意事项
- 4.应用效果 (叠前)

03

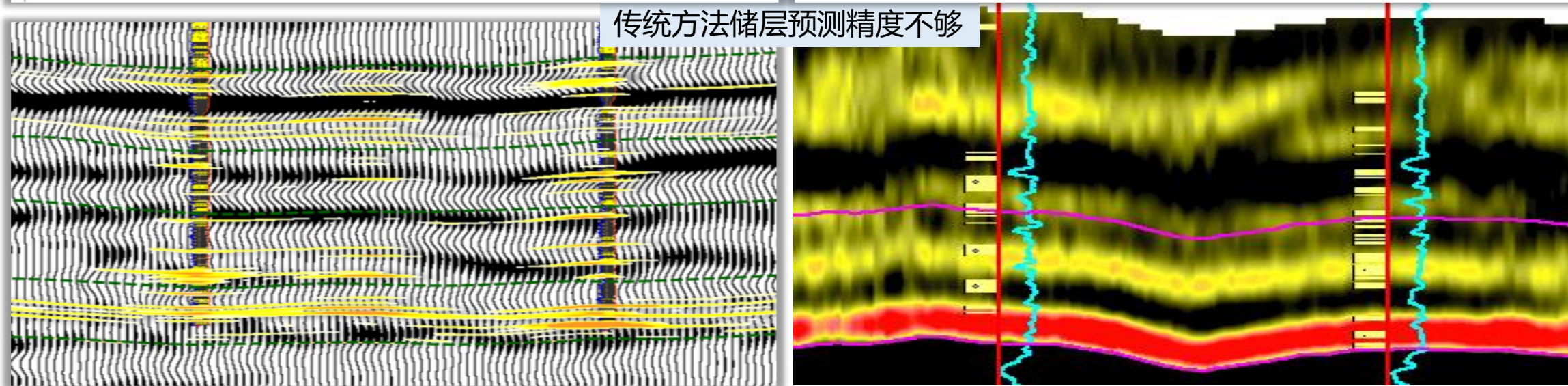
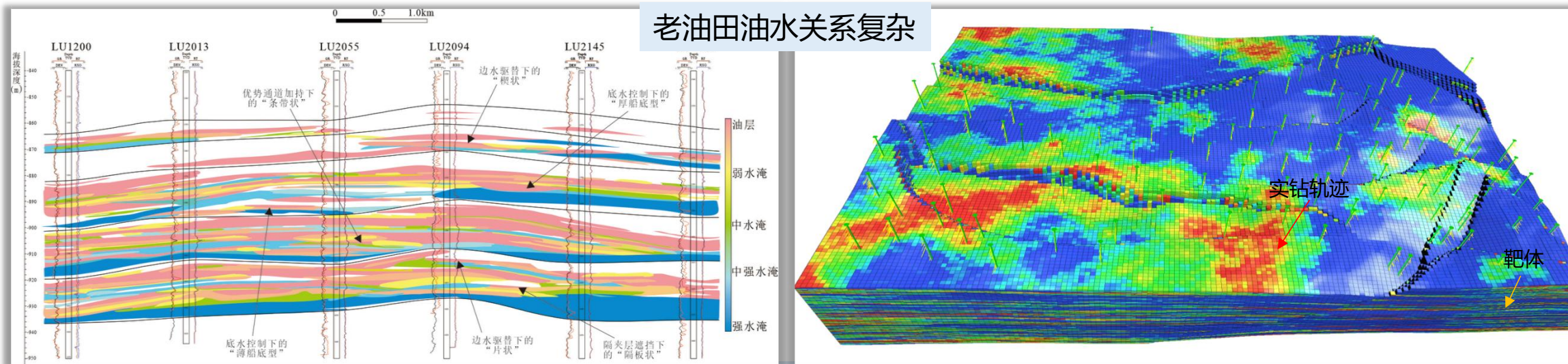
三、注意事项及推荐流程



中国石油

一、概述

面对更小、更薄、更复杂的地质目标，提升地震反演精度及纵向分辨率成为亟需的目标





中国石油

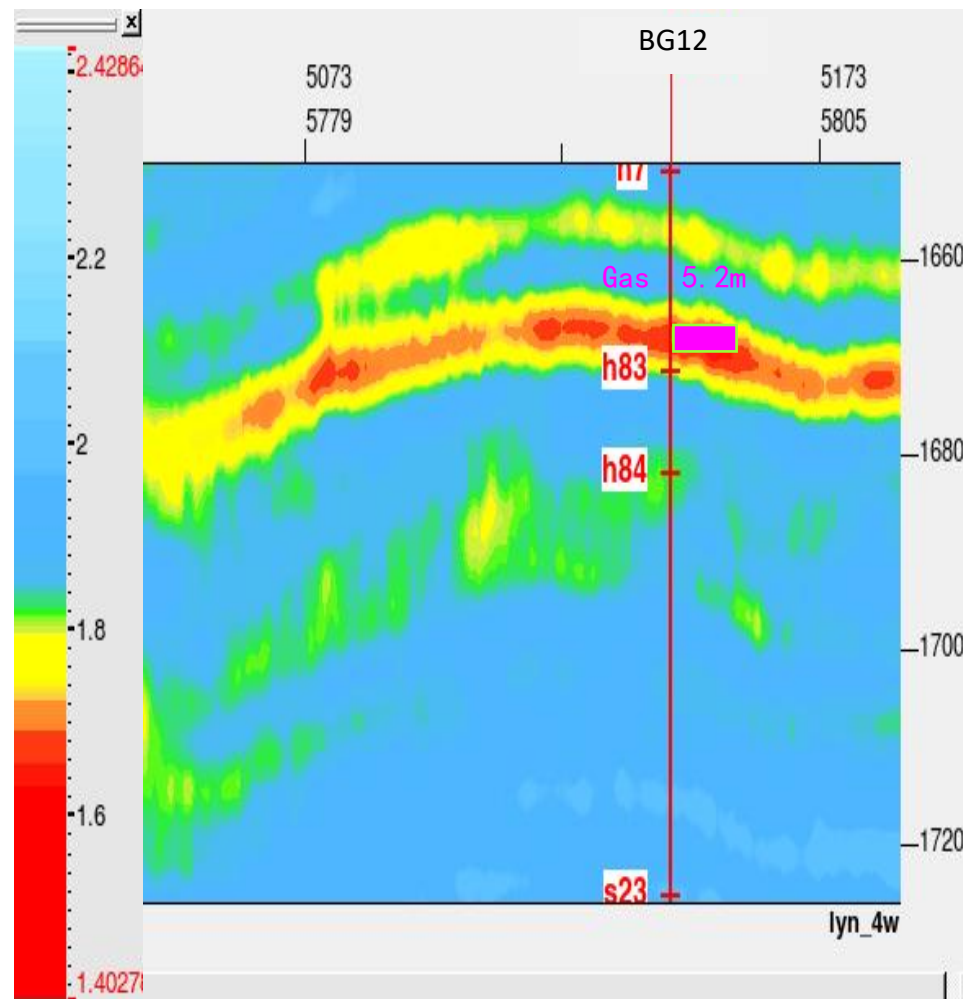
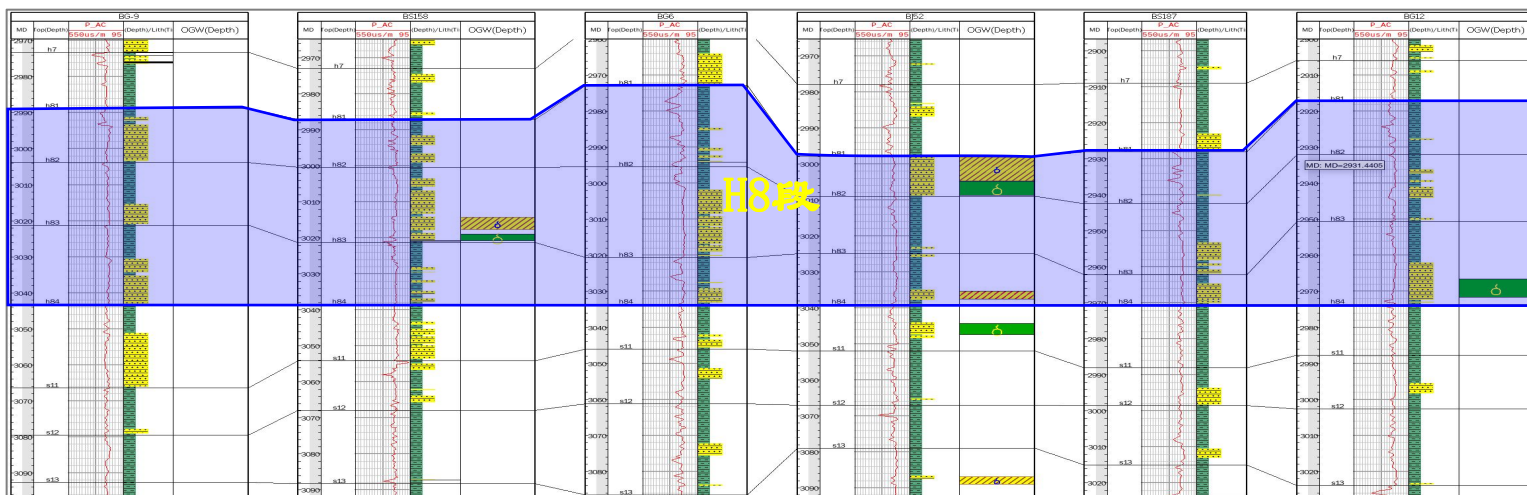
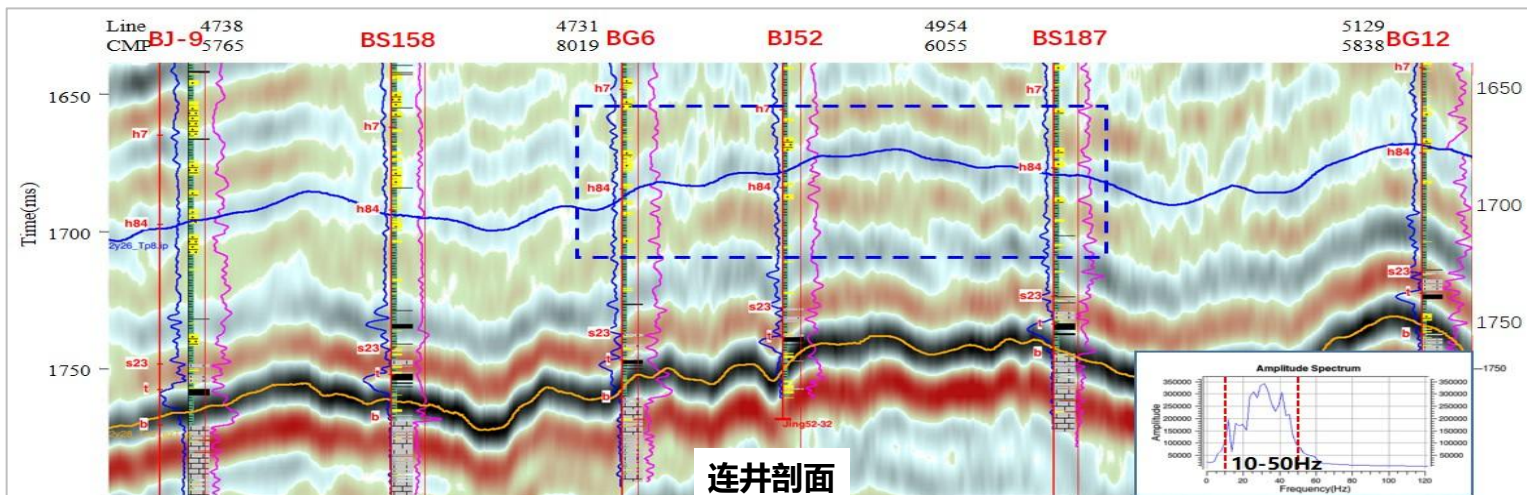
资料特点
及难点

一、研究背景

地震资料：主频较低(30Hz)，约能识别的16m厚的储层；
井揭示：砂岩储层薄、砂体横向变化快 (2-15m)。

提高砂体预
测分辨率

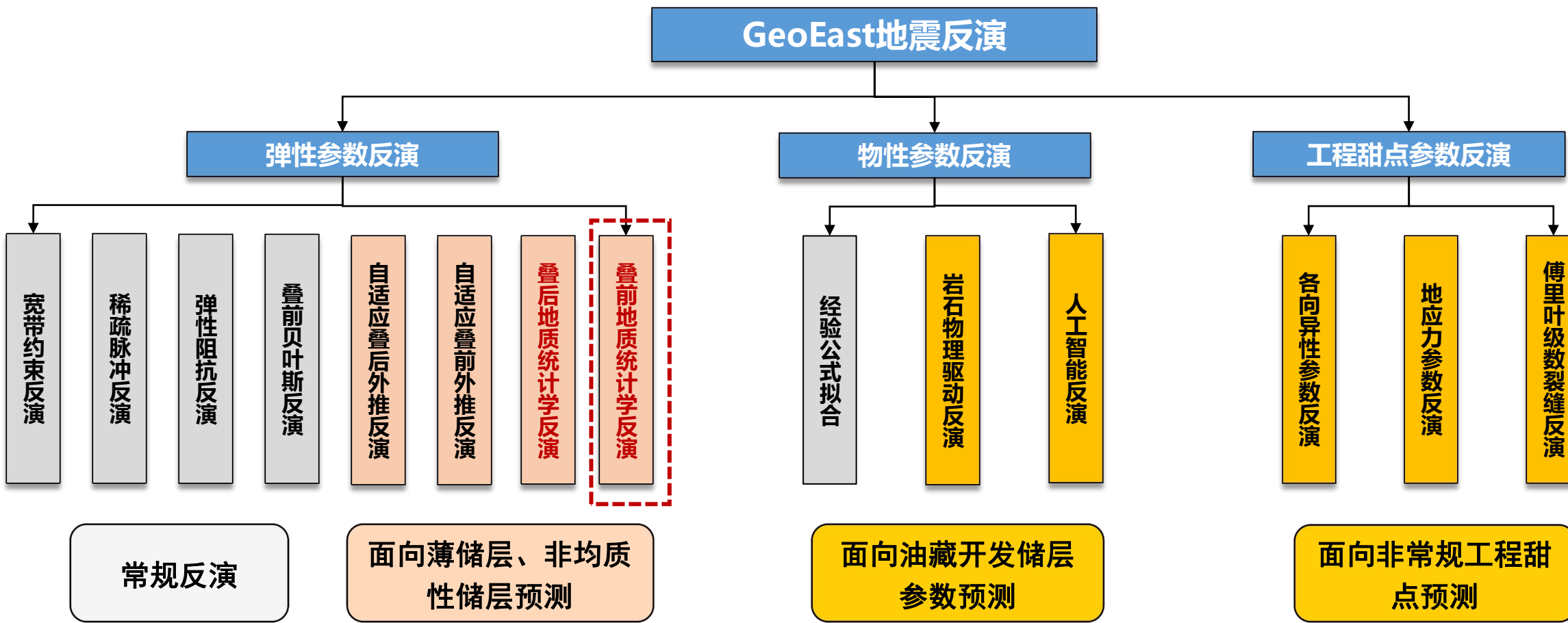
薄气层
预测





1. 改进的地质统计学反演原理简介

GeoEast软件的反演方法系列





CONTENES
目录

01

一、研究背景

02

二、反演应用实例

- 1.反演原理简介
- 2.影响参数分析
- 3.注意事项
4. 应用效果 (叠前)

03

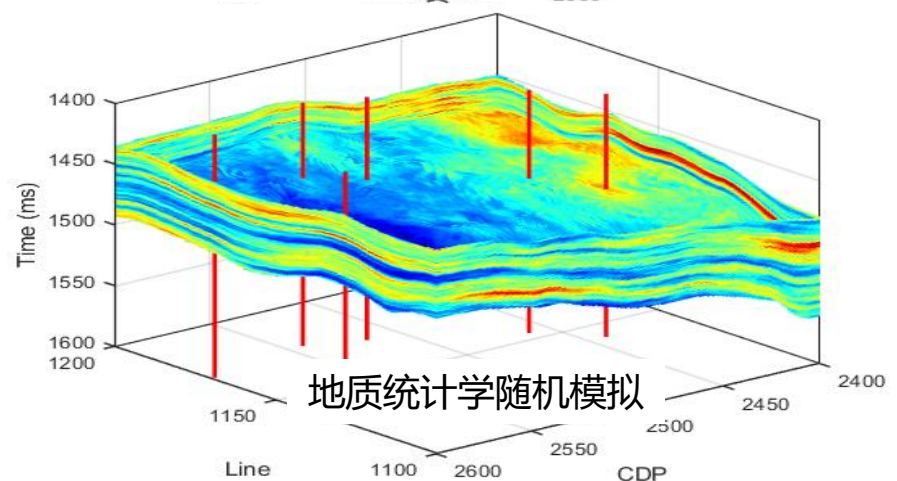
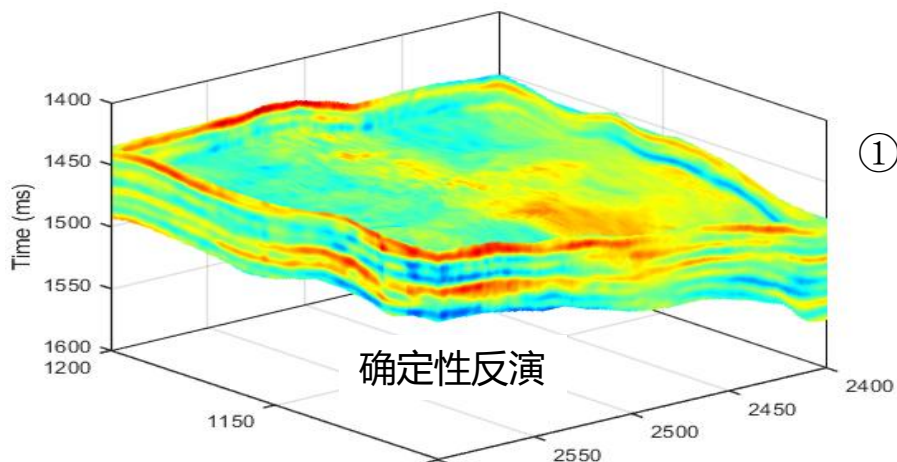
三、注意事项及推荐流程



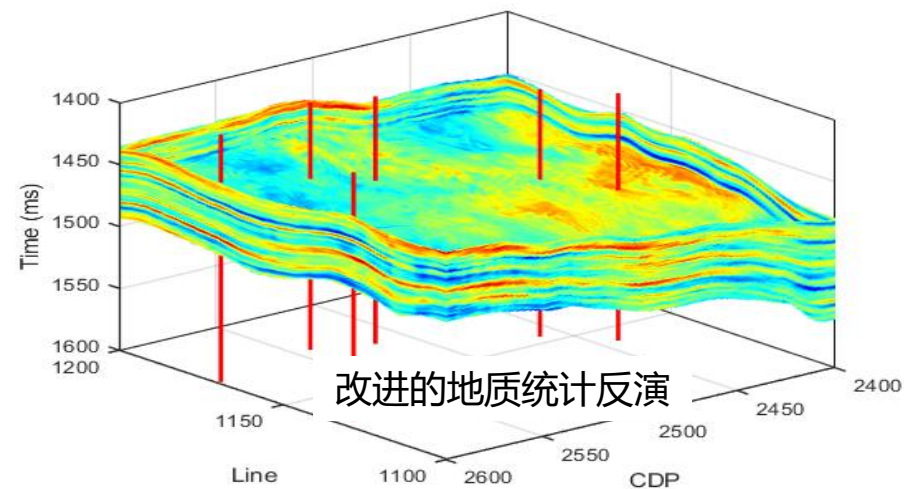
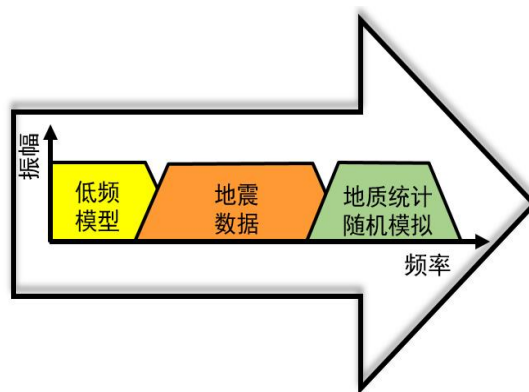
中国石油

1. 改进的地质统计学反演原理简介

改进的地质统计学反演 (MGI)：通过解耦宽频带反演结果各频率成分，将确定性地震反演与地质统计学方法相结合，实现对薄储层的精细预测。



$$\textcircled{1} \min J(r) = J_s(r) + J_{cauchy}(r) + J_{Model}(r)$$



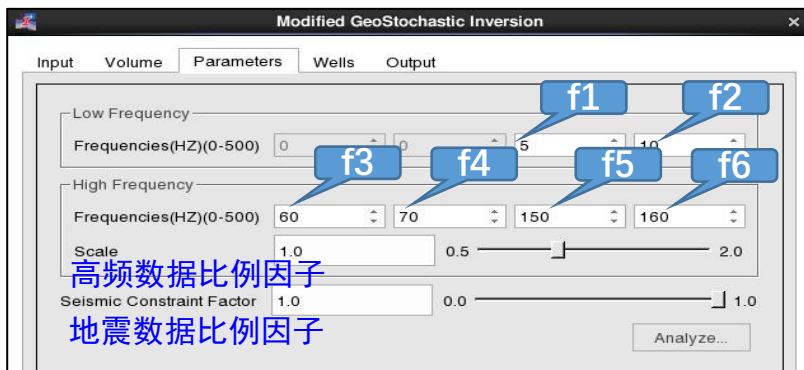
$$\textcircled{3} z_{MGI} = \text{ifft}(Z_L \cdot H_1 + \alpha Z_M \cdot H_2 + \beta Z_H \cdot H_3)$$

优点：更加灵活、更高精度、更高效



1. 改进的地质统计学反演原理简介

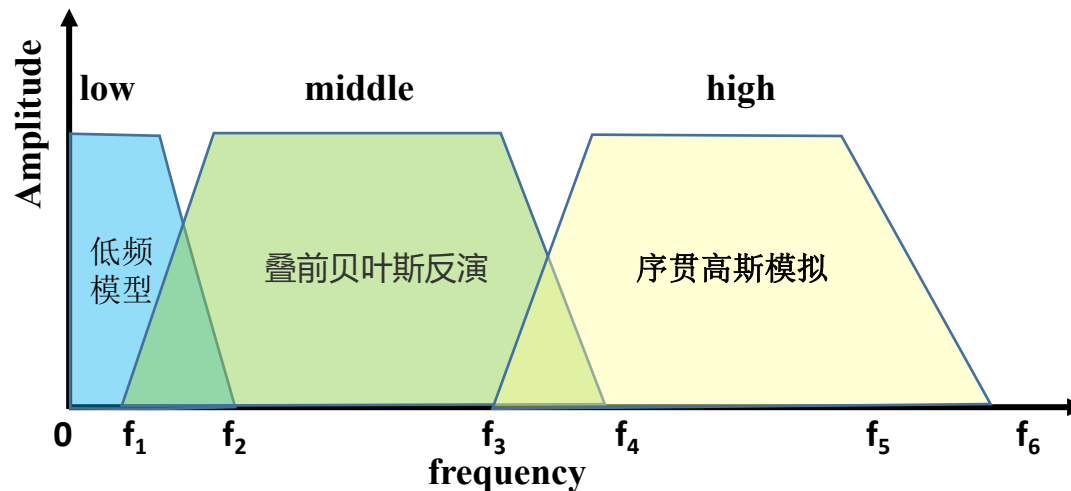
叠前地质统计学反演: 叠前贝叶斯反演+序贯高斯模拟的谱融合结果



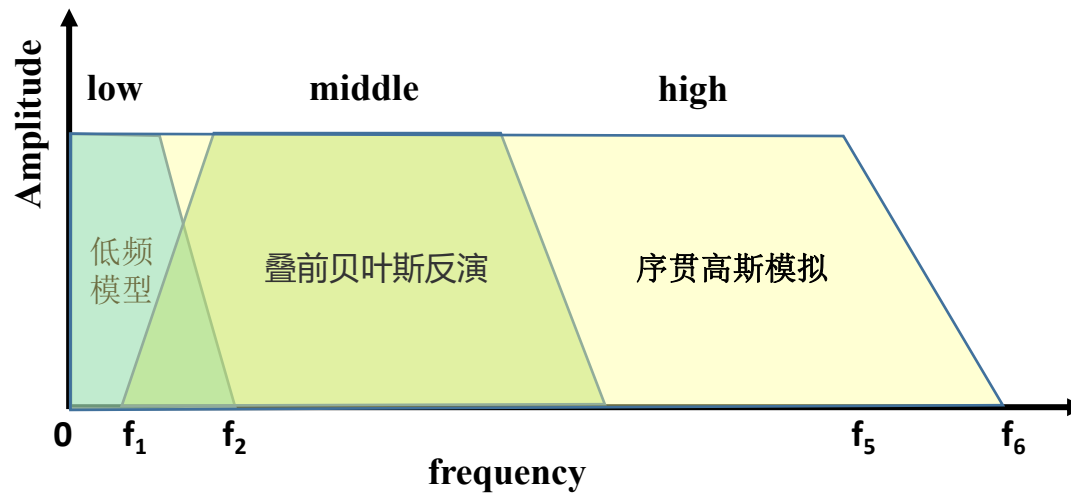
V4.2以前的版本



V4.2之后的版本



改进前



改进后

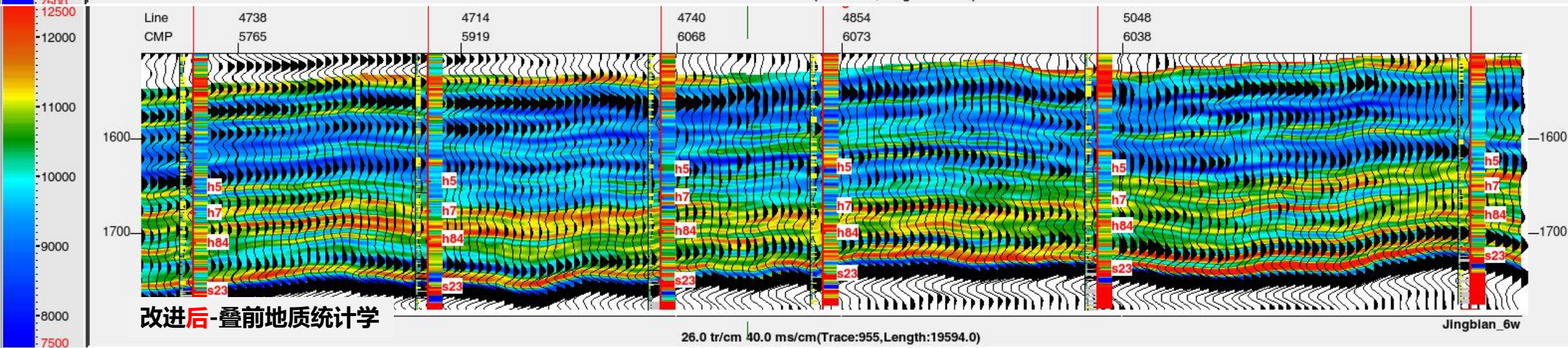
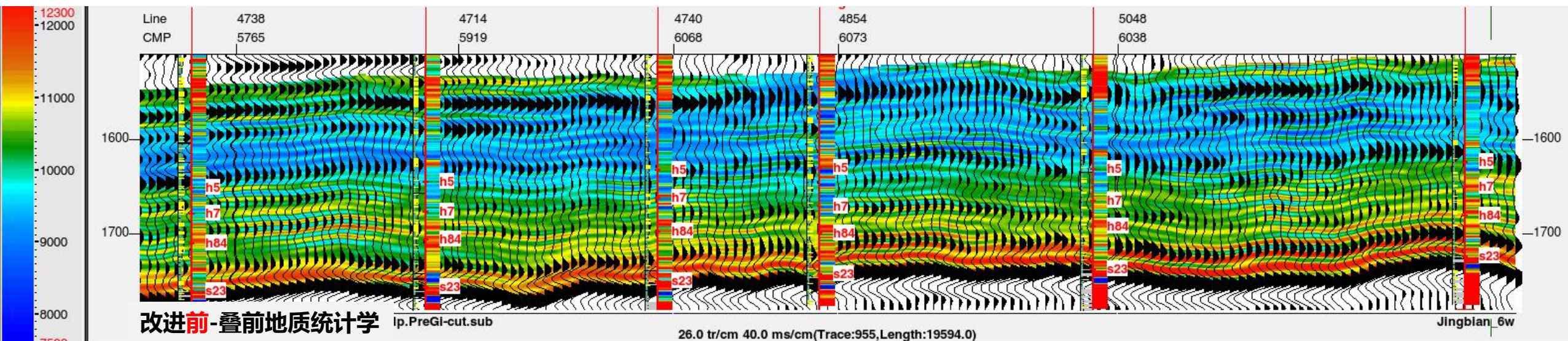


中国石油

1. 改进的地质统计学反演原理简介

9

算法改进后的叠前地质统计学反演模型化现象减弱，波阻特征较为自然。





1. 改进的叠前地质统计学反演原理简介

GeoInversion - Changqing(ndp_check_intp) (on hw2c79-010)

File Inversion Tools Process for Inversion **Prestack Inversion** Poststack Inversion Multiwave Inversion AI Inversion Home

Bayesian Elastic Impedance **Prestack Modified GeoStochastic** Prestack Adaptive Broad-band Constrained(Beta) Prestack Azimuthal Anisotropy Inversion(Beta) Prestack Fourier Coefficient Inversion(Beta)

Modified GeoStochastic Inversion (JingBian) (on hw2c79-010)

eters Wells Output

Add Delete

Partial Stacked Seismic	S Angle	E Angle	Wavelet
1 lp-near.resample.liangy0.5	0	15	aver-wav_J55-31_S158
2 lp-mid.resample.liangy0.5	10	25	aver-wav_J55-31_S158_mid
3 lp-far.resample.liangy0.5	20	35	aver-wav_J55-31_S158_far

分角度叠加数据

Model **纵、横波阻抗、密度模型**

P-Wave Impedance	ly_PP_IMP.resample.liangy0.5	Select...	View
S-Wave Impedance	ly_SS_IMP.resample.liangy0.5	Select...	View
Density	_Volume_DEN.resample.liangy0.5	Select...	View

Use Simulation Model

GeoStochastic Inversion (JingBian) (on hw2c79-010)

ters Wells Output

Range Control

Start Line 4600 4600 5200

End Line 5200 4600 5200

Start CMP 5600 5600 6200

End CMP 6200 5600 6200

Window **反演顶、底范围**

Top Horizon 2y26_q5.ip.cal-30 Shift -2

Bottom Horizon 2y28_Tc2_ezT.ip.cal30 Shift -2

Controlled Horizons

1	2y26_q5.ip
2	2y26_Tp8.ip
3	2y28_Tc2_ezT.ip

内部控制层

Modified GeoStochastic Inversion (JingBian) (on hw2c79-010)

eters Wells Output

Parameters

Low Frequency

High-pass(Hz) 5 High-cut(Hz) 10

High Frequency

High-pass(Hz) 110 High-cut(Hz) 130

Weight 0.5 0.0 1.0

Sparse Spike Constraint 1.0 0.1 2.0

P-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00

S-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00

Density Model Constraint 0.10 0.01 2.00

Wavelet Factor 1.0 0.5 2.0

Merged Frequency 10.0 5.0 30.0

Smooth Filter Strength 1

Run Date & Time 2026-01-07, 15:19:40 Thread Num (1-10) 2

Inversion (JingBian) (on hw2c79-010)

ters Wells Output

Select Well... Refresh Well's Position

Well	P Impedance	S Impedance	Density
1 G01-9	ly_PP_IMP/2/65	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4
2 G02-12	ly_PP_IMP/2/65	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4
3 G04-6	ly_PP_IMP/2/65	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4
4 Jing52-32	ly_PP_IMP/2/65	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4
5 Shan158	ly_PP_IMP/2/65	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4
6 Shan187	ly_PP_IMP/2/65	ly_SS_IMP/1/92	DEN/1/4

各井曲线名称相同时，可用此功能批量设置曲线

Set All Curves Delete Delete All

Modified GeoStochastic Inversion (JingBian) (on hw2c79-010)

eters Wells Output

Output

Prefix Name ly0107_Pre-Ip

- P-Wave(*.Ip.PreGi)
- S-Wave(*.Is.PreGi)
- Density(*.Rho.PreGi)
- Vp/Vs(*.Vp_Vs.PreGi)
- P-Wave BYS(*.IpBYS.PreGi)
- S-Wave BYS(*.IsBYS.PreGi)
- Density BYS(*.RBYS.PreGi)
- Vp/Vs BYS(*.VpVsBYS.PreGi)
- P-Wave Sim(*.IpSim.PreGi)
- S-Wave Sim(*.IsSim.PreGi)
- Density Sim(*.RSim.PreGi)
- Vp/Vs Sim(*.VpVsSim.PreGi)

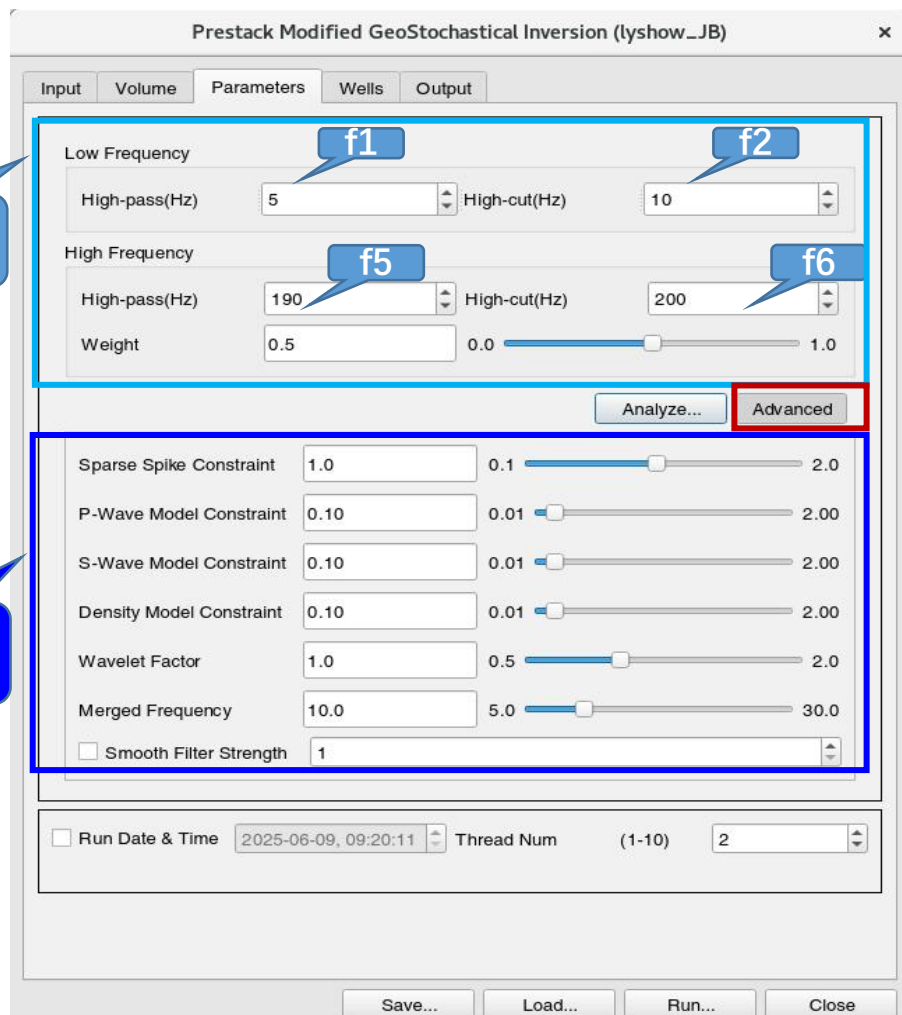
➤ 首次反演不勾选
➤ 不需调整变差函数时，可以勾选并输入上次输出的反演结果(*.Sim.PreGi)



2. 关键参数分析

中国石油

叠前地质统计学反演: 叠前贝叶斯反演+序贯高斯模拟的谱融合结果

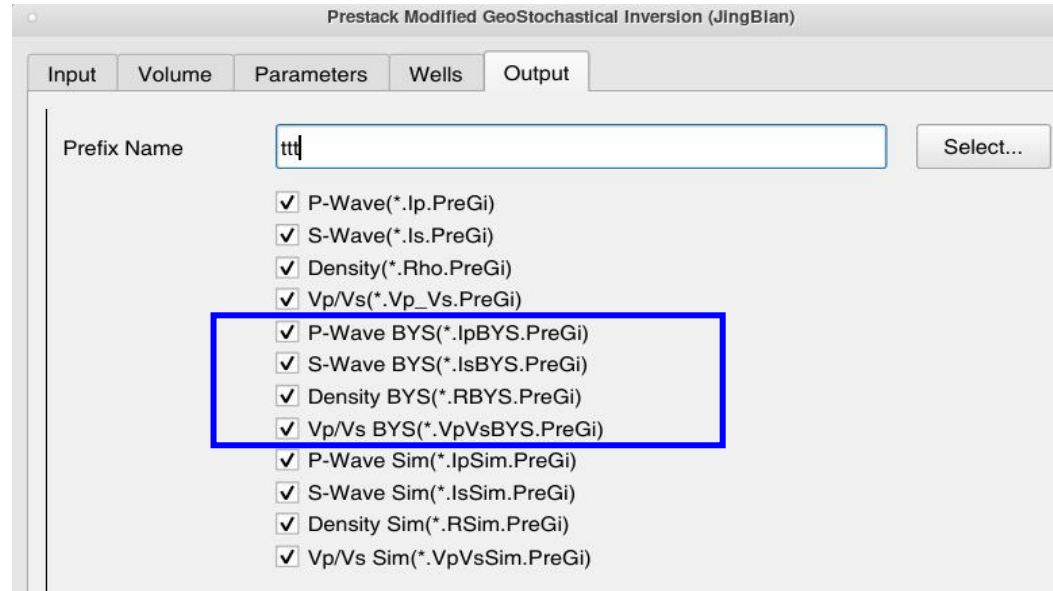


综合反演
结果调节

贝叶斯参
数调节

Advanced按钮点开后:

- 1) 可调节中频段贝叶斯反演的参数
- 2) 反演结果中包含贝叶斯反演结果:
IpBYS、IsBYS、RhoBYS、Vp_VsBYS

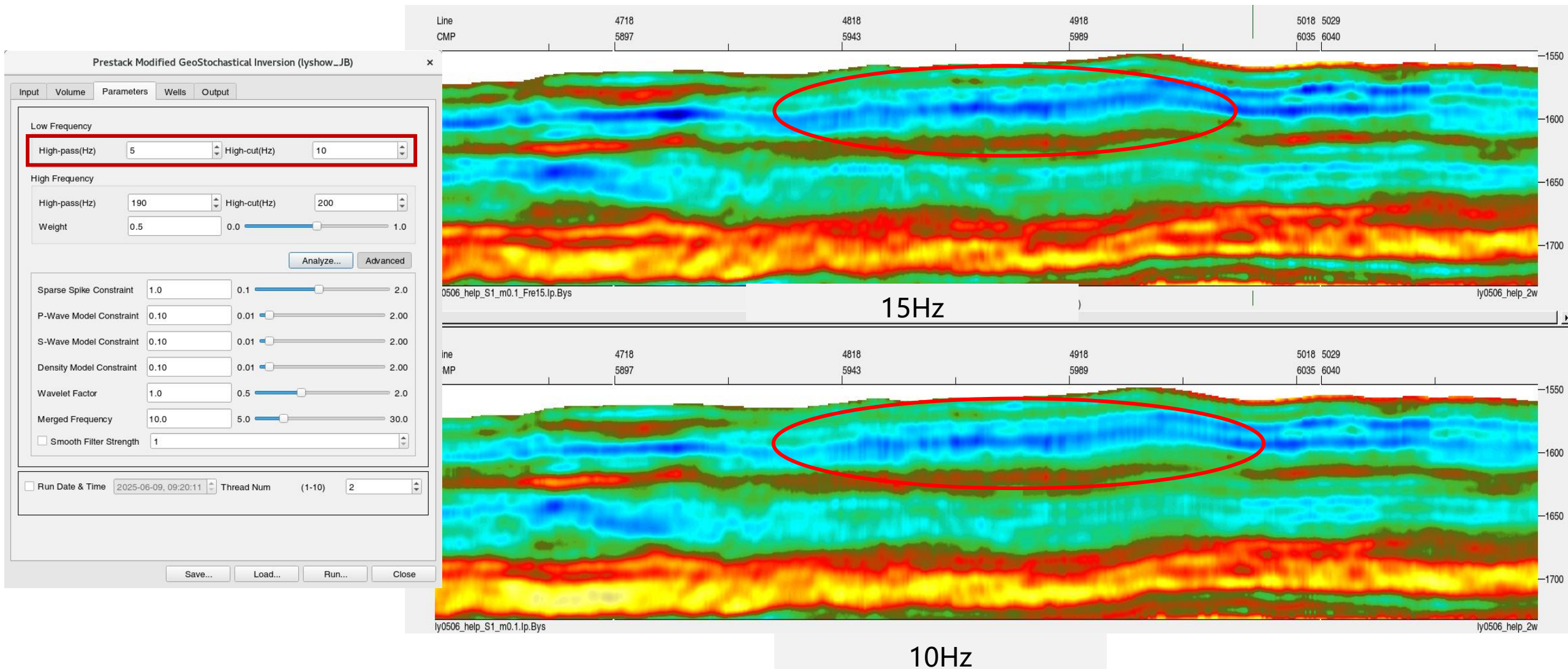




2. 关键参数分析

中国石油

1) 合并低频频率：出现竖条纹时，可适当增加低频信息

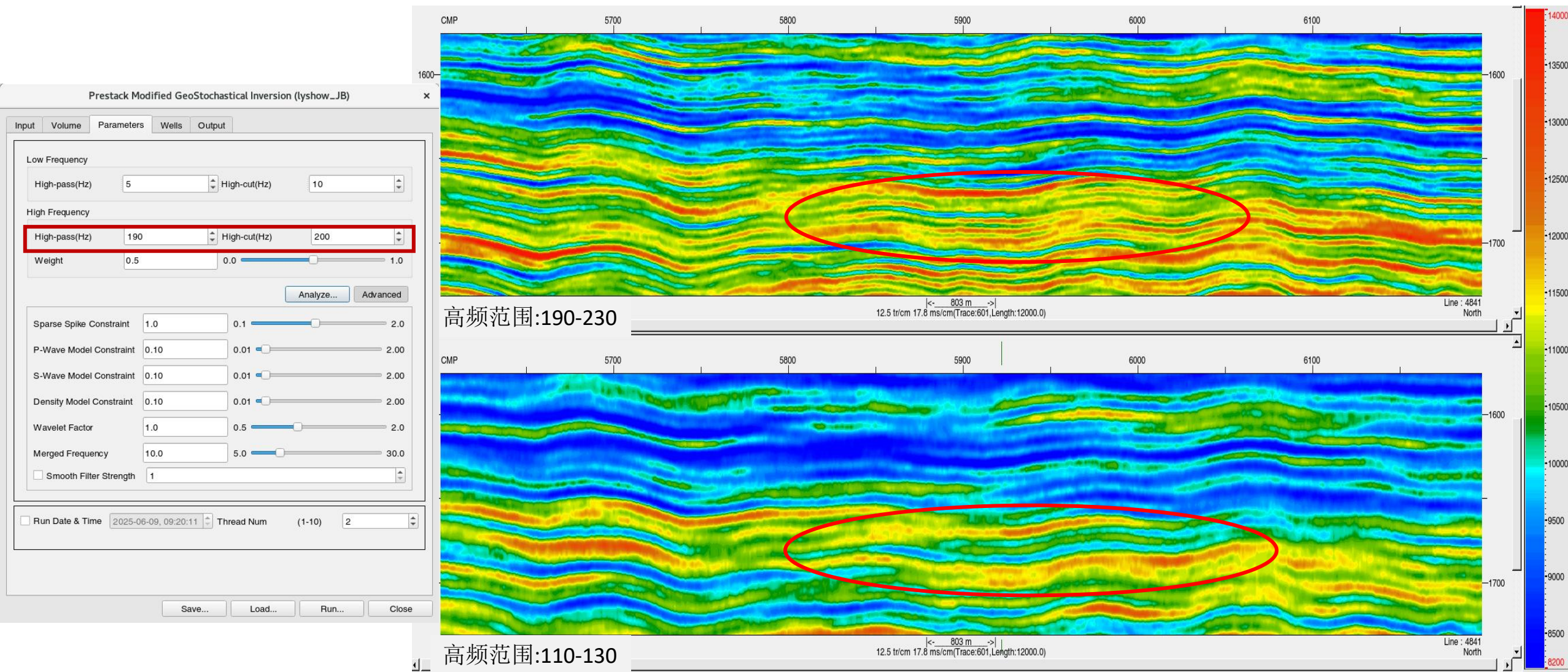




2. 关键参数分析

中国石油

2) 融入序贯高斯模拟模型频带范围: 频率提高时, 纵向分辨率提高。





2. 关键参数分析

3) 高频系数: 权重增加时, 序贯高斯模拟结果占比增大;

Prestack Modified GeoStochastic Inversion (lyshow_JB)

Input Volume Parameters Wells Output

Low Frequency
High-pass(Hz) 5 High-cut(Hz) 10

High Frequency
High-pass(Hz) 190 High-cut(Hz) 200

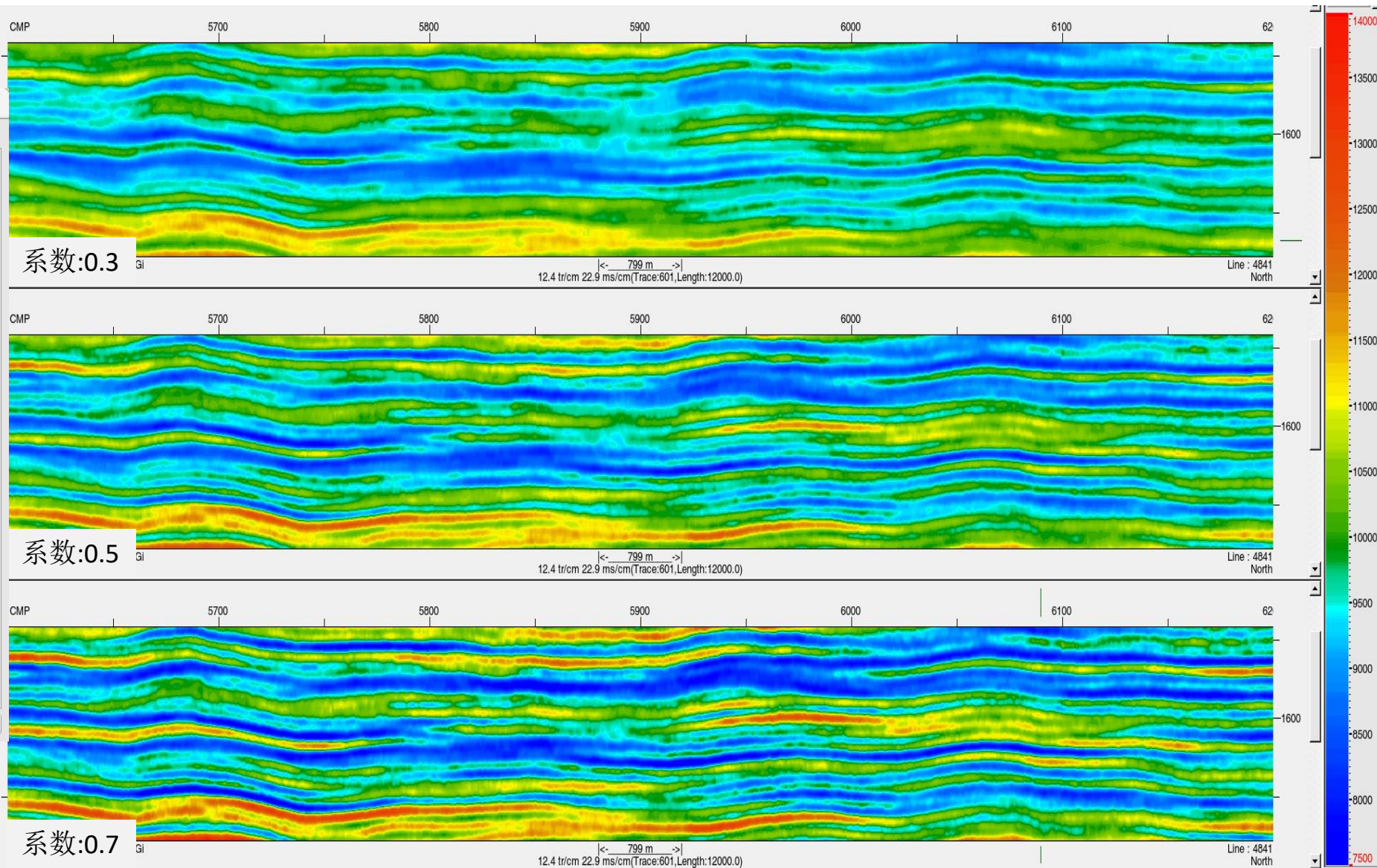
Weight 0.5 0.0 1.0

Analyze... Advanced

Sparse Spike Constraint 1.0 0.1 2.0
P-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00
S-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00
Density Model Constraint 0.10 0.01 2.00
Wavelet Factor 1.0 0.5 2.0
Merged Frequency 10.0 5.0 30.0
 Smooth Filter Strength 1

Run Date & Time 2025-06-09, 09:20:11 Thread Num (1-10) 2

Save... Load... Run... Close





2. 关键参数分析

4) 稀疏脉冲约束因子: 影响纵向分辨率, 稀疏约束因子小, 反演结果纵向分辨率高。

Prestack Modified GeoStochastical Inversion (lyshow_JB)

Input Volume Parameters Wells Output

Low Frequency
High-pass(Hz) 5 High-cut(Hz) 10

High Frequency
High-pass(Hz) 190 High-cut(Hz) 200
Weight 0.5 0.0 1.0

Analyze... Advanced

Sparse Spike Constraint 1.0 0.1 2.0

P-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00

S-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00

Density Model Constraint 0.10 0.01 2.00

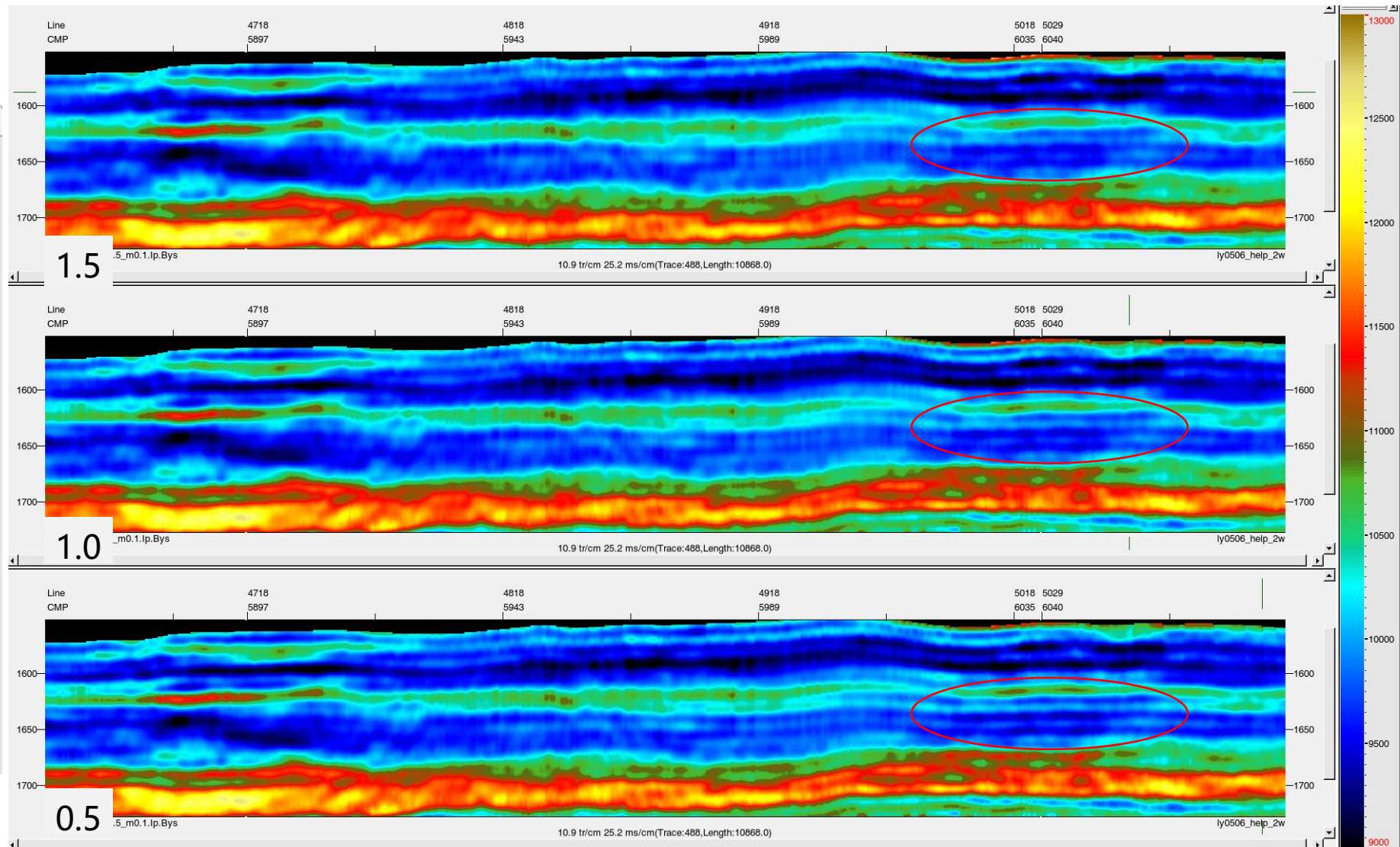
Wavelet Factor 1.0 0.5 2.0

Merged Frequency 10.0 5.0 30.0

Smooth Filter Strength 1

Run Date & Time 2025-06-09, 09:20:11 Thread Num (1-10) 2

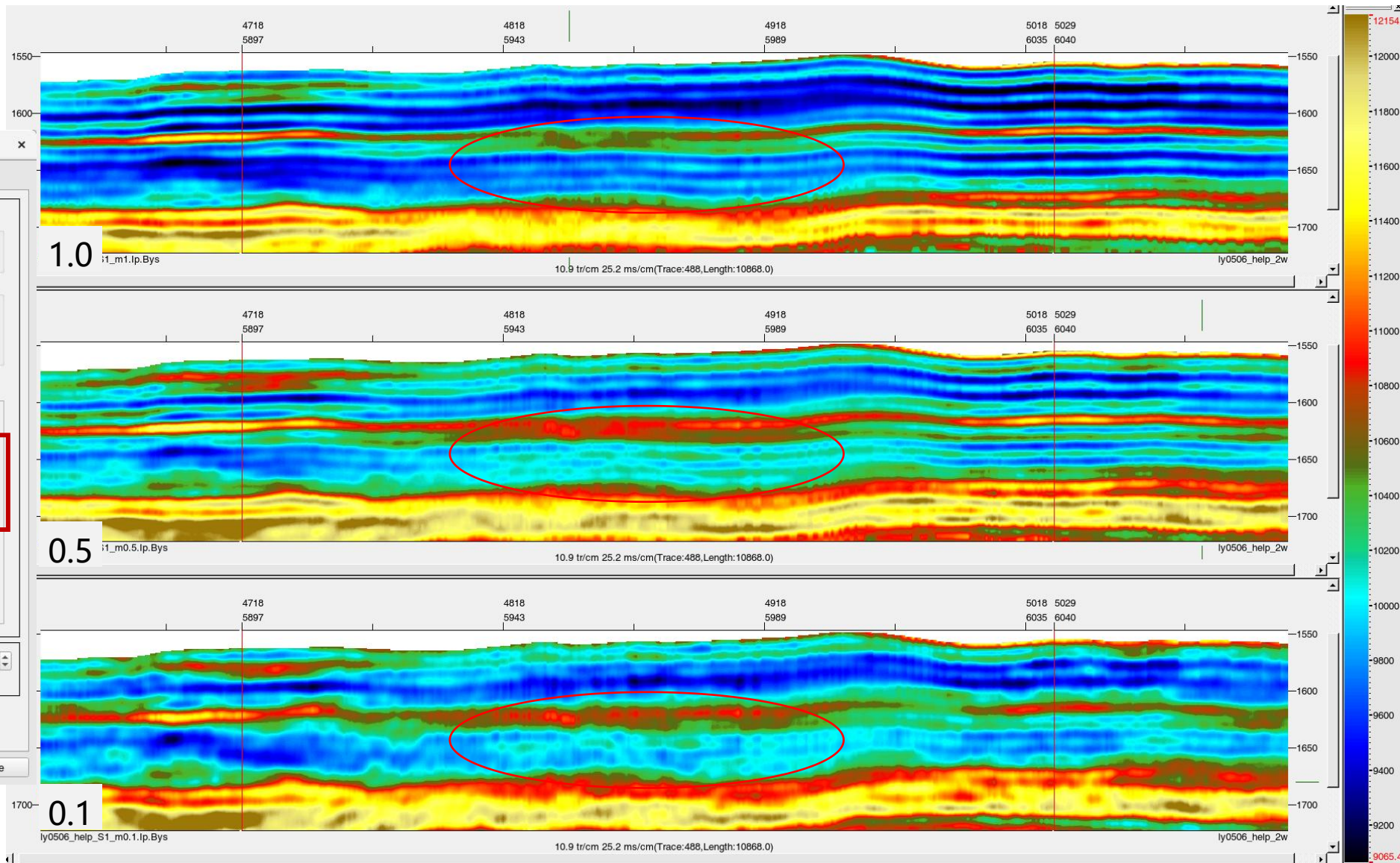
Save... Load... Run... Close





2. 关键参数分析

5) 模型约束因子：因子增大时，反演结果与模型的相似度增加。



Prestack Modified GeoStochastical Inversion (lyshow_JB)

Input Volume Parameters Wells Output

Low Frequency
High-pass(Hz) 5 High-cut(Hz) 10

High Frequency
High-pass(Hz) 190 High-cut(Hz) 200
Weight 0.5 0.0 1.0

Analyze... Advanced

Sparse Spike Constraint 1.0 0.1 2.0

P-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00

S-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00

Density Model Constraint 0.10 0.01 2.00

Wavelet Factor 1.0 0.5 2.0

Merged Frequency 10.0 5.0 30.0

Smooth Filter Strength 1

Run Date & Time 2025-06-09, 09:20:11 Thread Num (1-10) 2

Save... Load... Run... Close



2. 关键参数分析

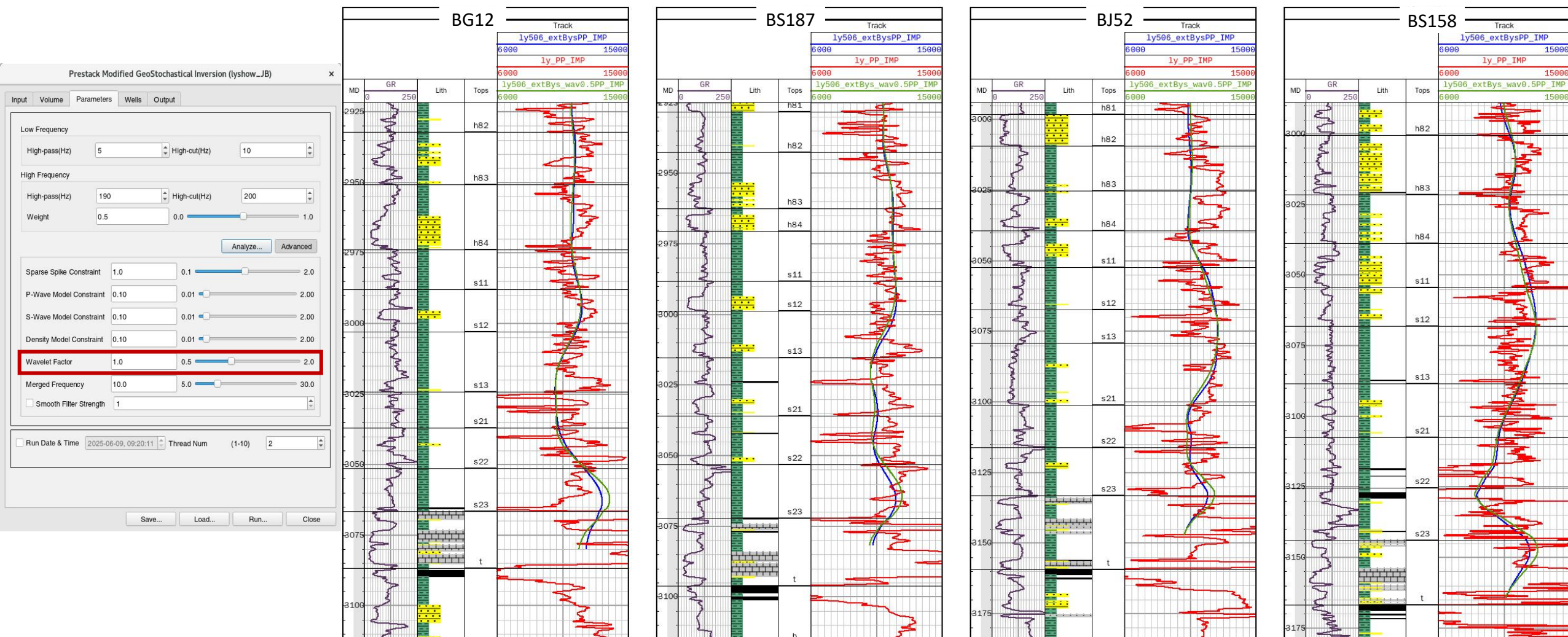
中国石油

6) 子波因子: 子波因子增加, 减小幅度比; 子波因子减小, 增大幅度比;

井波阻抗曲线

子波因子0.5

子波因子1



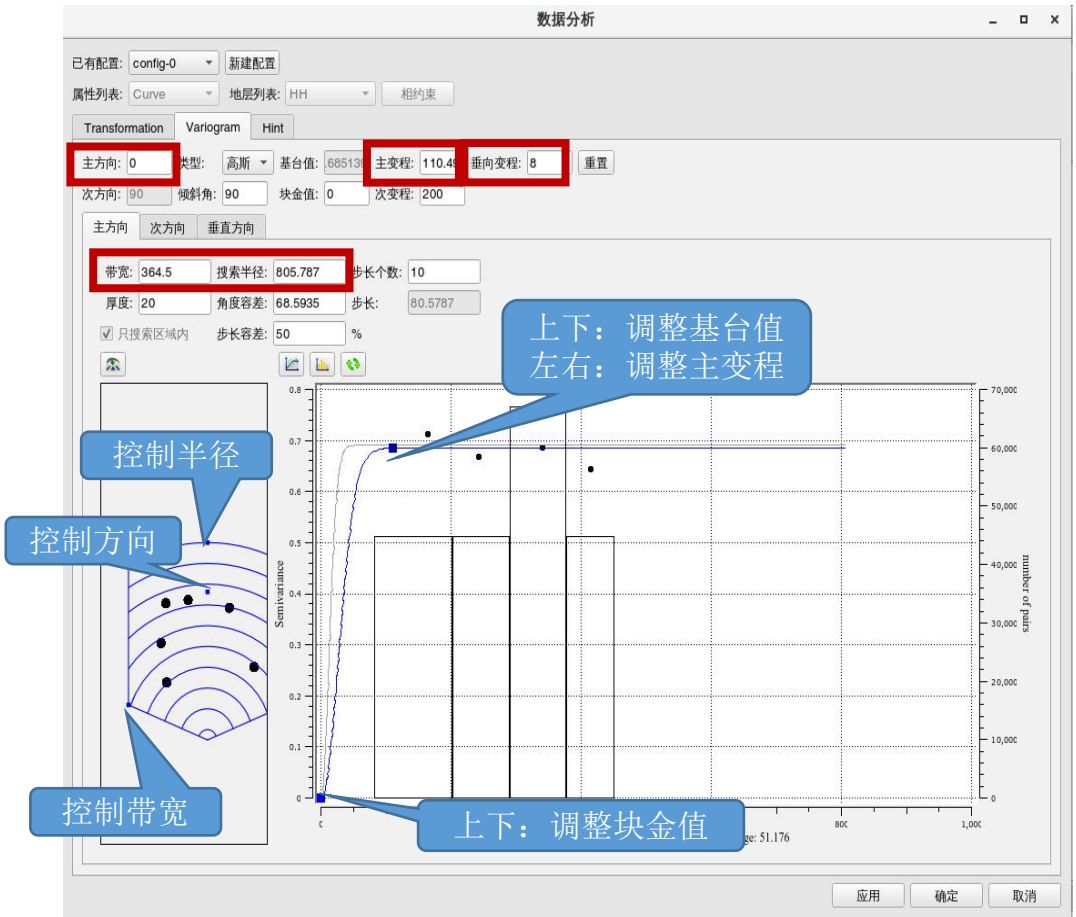
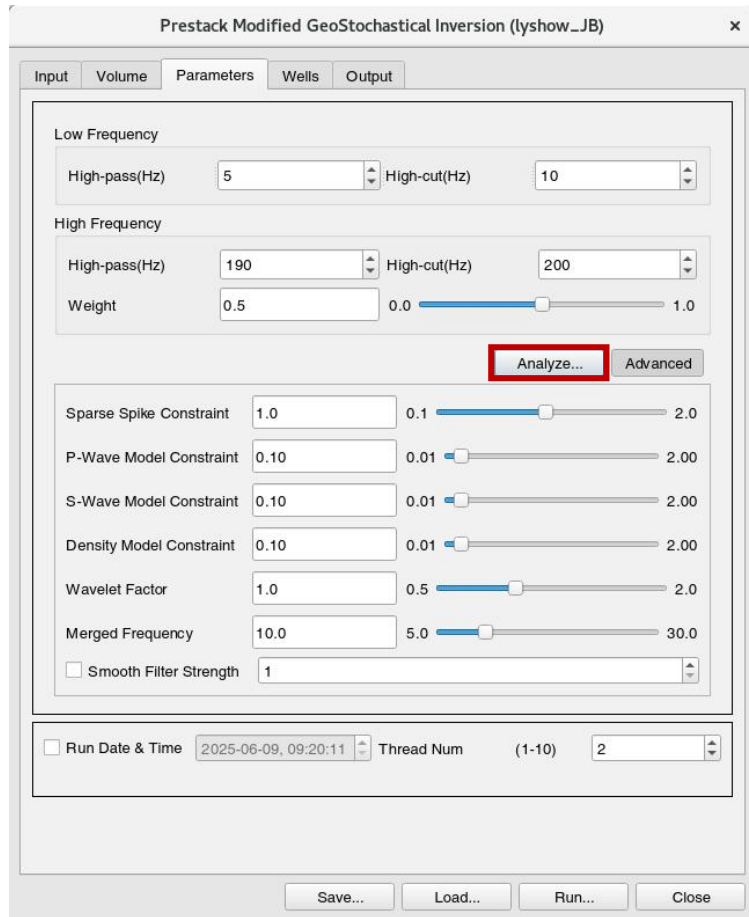


中国石油

2. 关键参数分析

7) 变差函数: 综合影响因子, 影响预测目标的横向分布、纵向分辨率。

主方向(0): 一般将主方向定义为地质体的方向 (主测线: 正北方向);

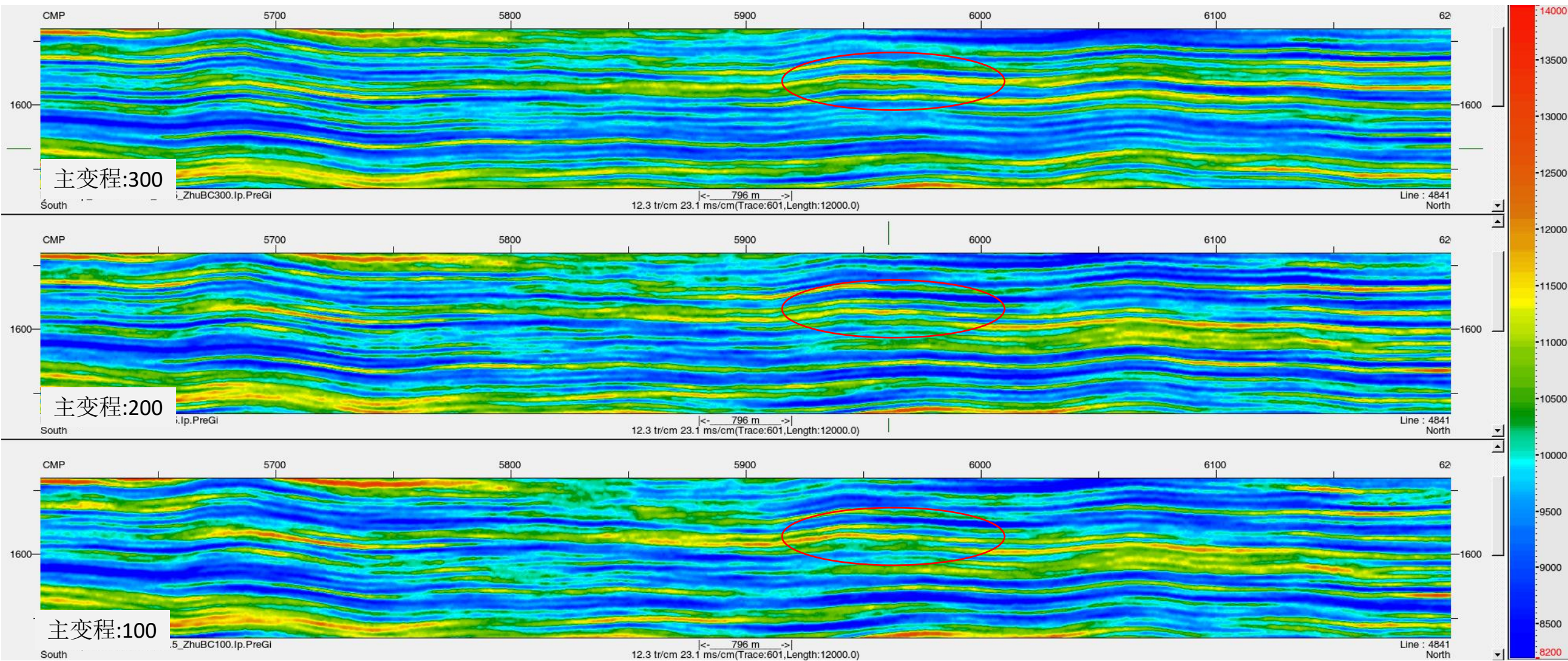




2. 关键参数分析

中国石油

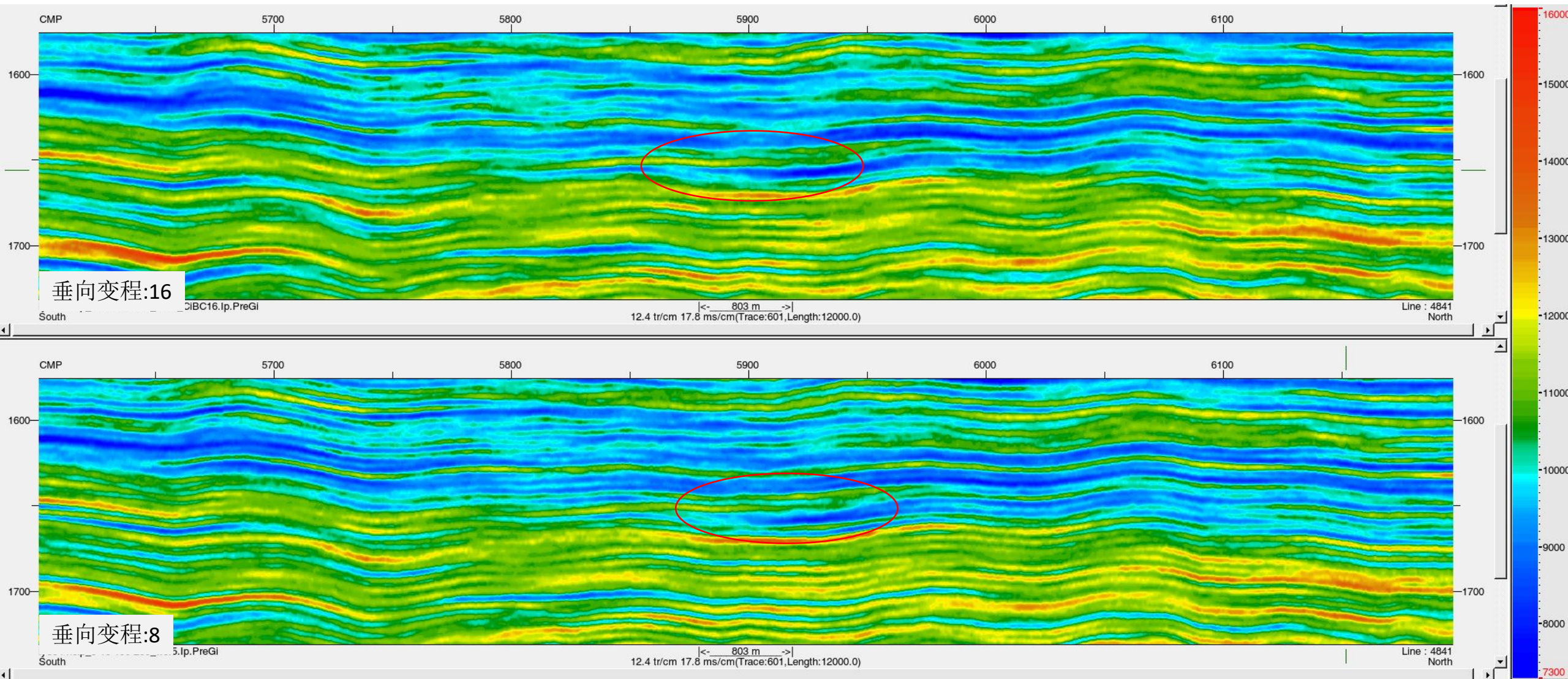
7) 变差分析-主变程: 值增加时, 变差函数主方向的地质体连续性增强。





2. 关键参数分析

7) 变差分析-垂向变程: 肉眼可视的影响较小, 此值大时, 反演结果反映厚地层信息。

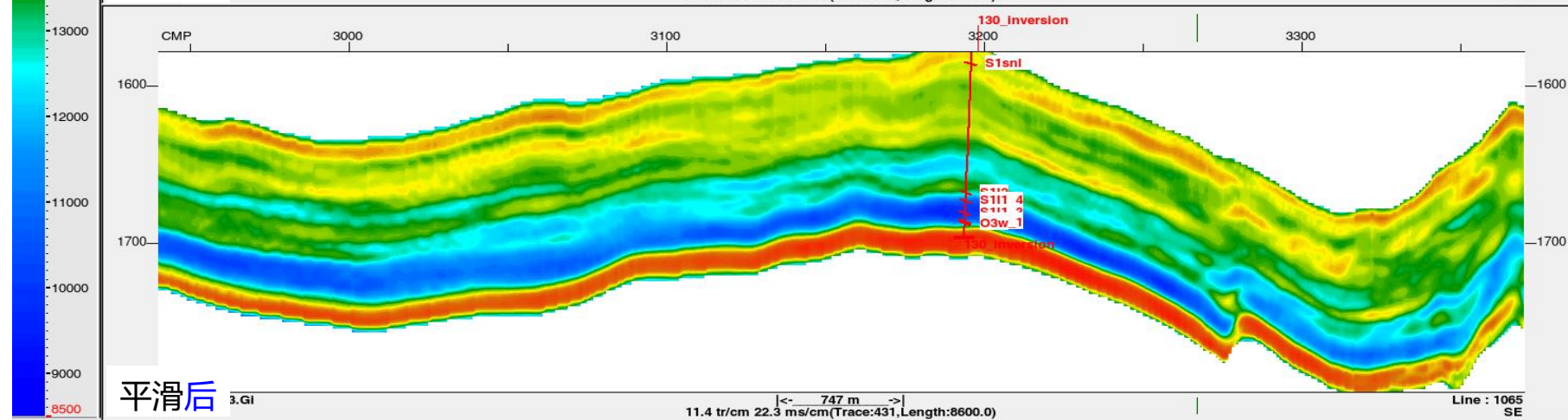
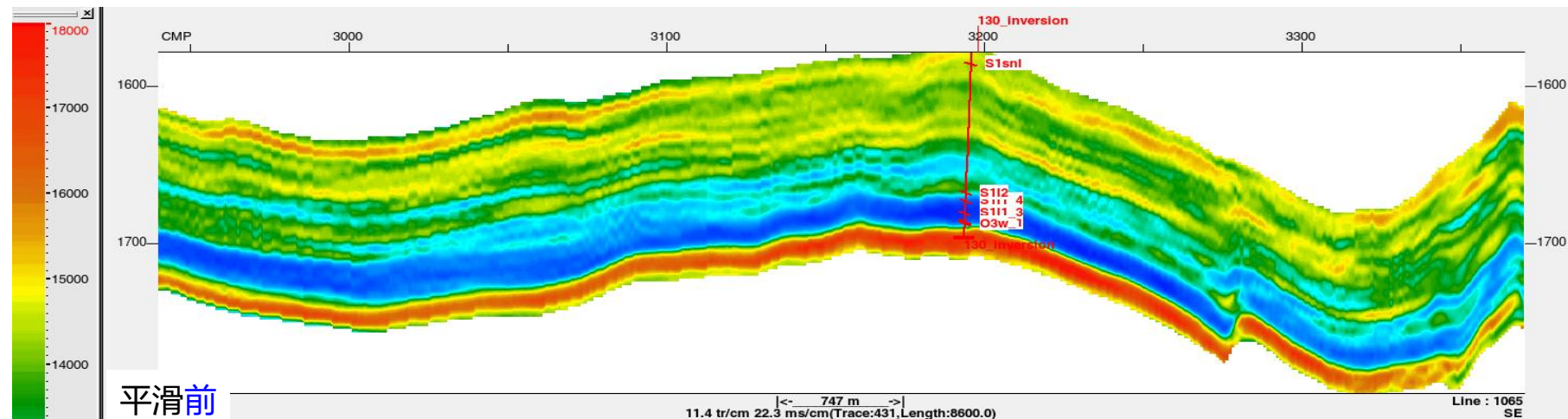
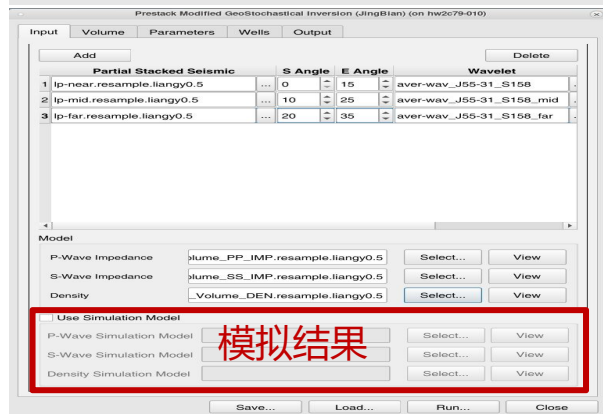




2. 关键参数分析

中国石油

6) 平滑: 平滑滤波功能改善反演剖面显示效果。





3. 注意事项

1.反演时窗：反演井有井斜时，目的层控制在反演顶、底时窗中点位置附近

CMP Line/CMP: 井轨迹与 $(TopH+BotH)/2$ 交点

Input Volume Parameters Wells Output

Range Control

Start Line 4600 4600 5200

End Line 5200 4600 5200

Start CMP 5600 5600 6200

End CMP 6200 5600 6200

Load Range...

Window

Auto Interpolation

Top Horizon 2y26_q5.ip.cal-30 Shift -5

Bottom Horizon 2y28_Tc2_ezT.ip.cal30 Shift -5

Select Horizon... Use Defined Order

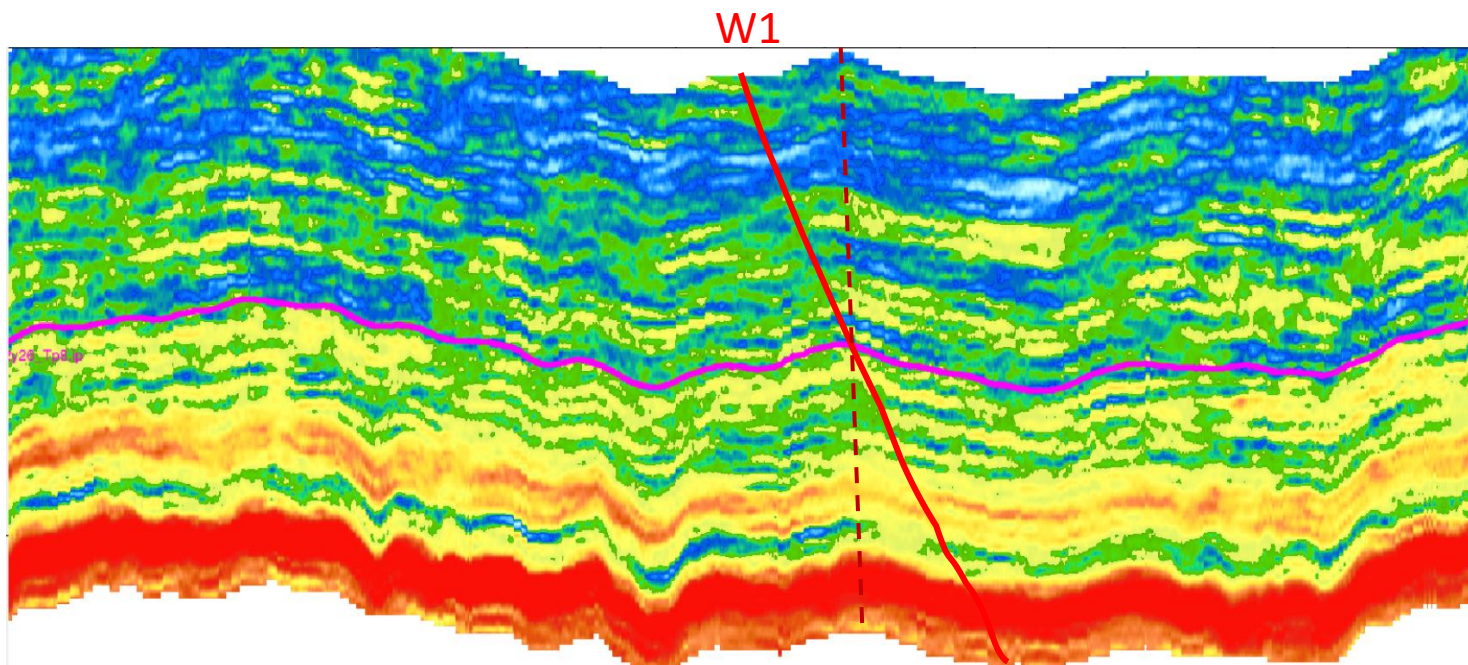
Controlled Horizons

1	2y26_q5.ip
2	2y26_Tp8.ip
3	2y28_Tc2_ezT.ip

Delete Delete All

Save... Load... Run... Close

	Well	P Impedance	S Impedance	Density	CMP Line	CMP
1	BG-10	...	ly_SS_IMP/1/92	DEN/1/4	4873	5725
2	BG-9	...	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4	4742	5734
3	BG12	...	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4	5145	5797
4	BG6	...	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4	4738	6057
5	BJ52	...	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4	4841	6070
6	BS158	...	ly_SS_IMP/1/92	Den/1/4	4716	5895
7	BS187	...	ly_SS_IMP/1/92	DEN/1/4	5031	6039





3. 注意事项

2.反演时窗：时窗小范围内收，防止时窗顶底局部异常值造成的反演结果出现条带状异常。

Input Volume Parameters Wells Output

Range Control

Start Line 4600 4600 5200

End Line 5200 4600 5200

Start CMP 5600 5600 6200

End CMP 6200 5600 6200

Load Range...

Window

Auto Interpolation

Top Horizon 2y26_q5.ip.cal-30 ... Shift -5

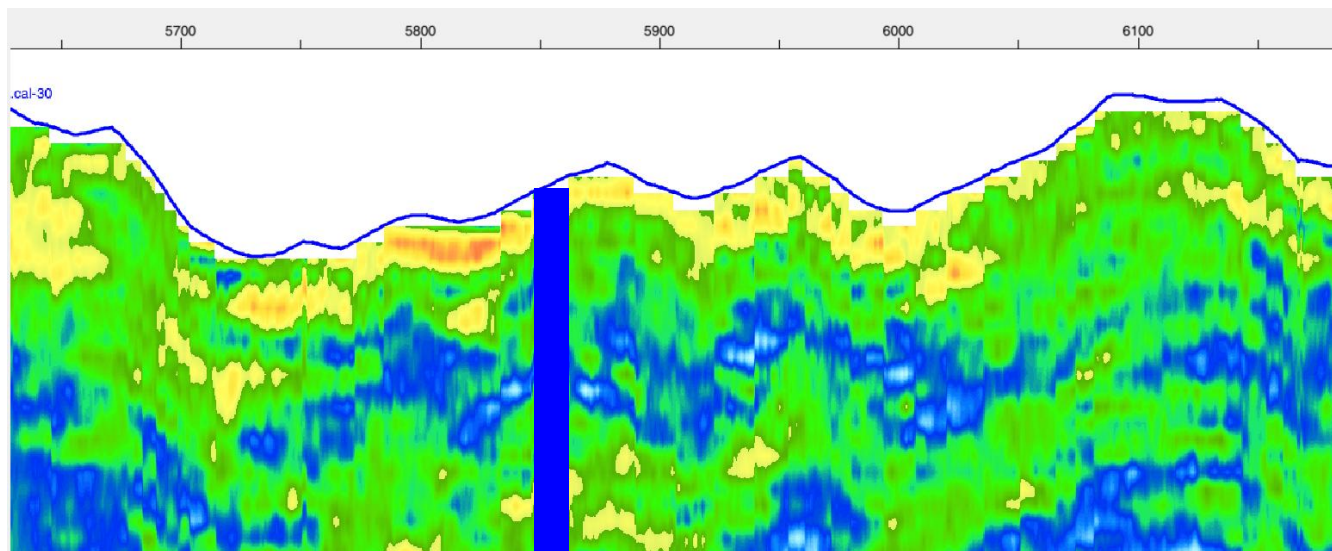
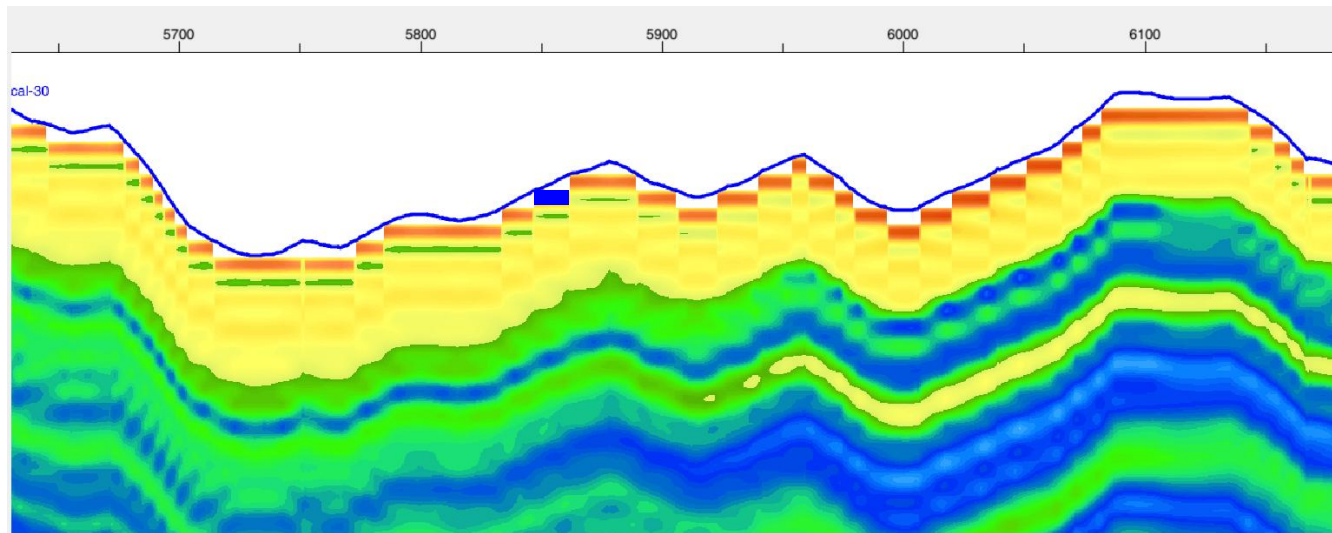
Bottom Horizon 2y28_Tc2_ezT.ip.cal30 ... Shift -5

Select Horizon... Use Defined Order

Controlled Horizons	
1	2y26_q5.ip
2	2y26_Tp8.ip
3	2y28_Tc2_ezT.ip

Delete Delete All

Save... Load... Run... Close

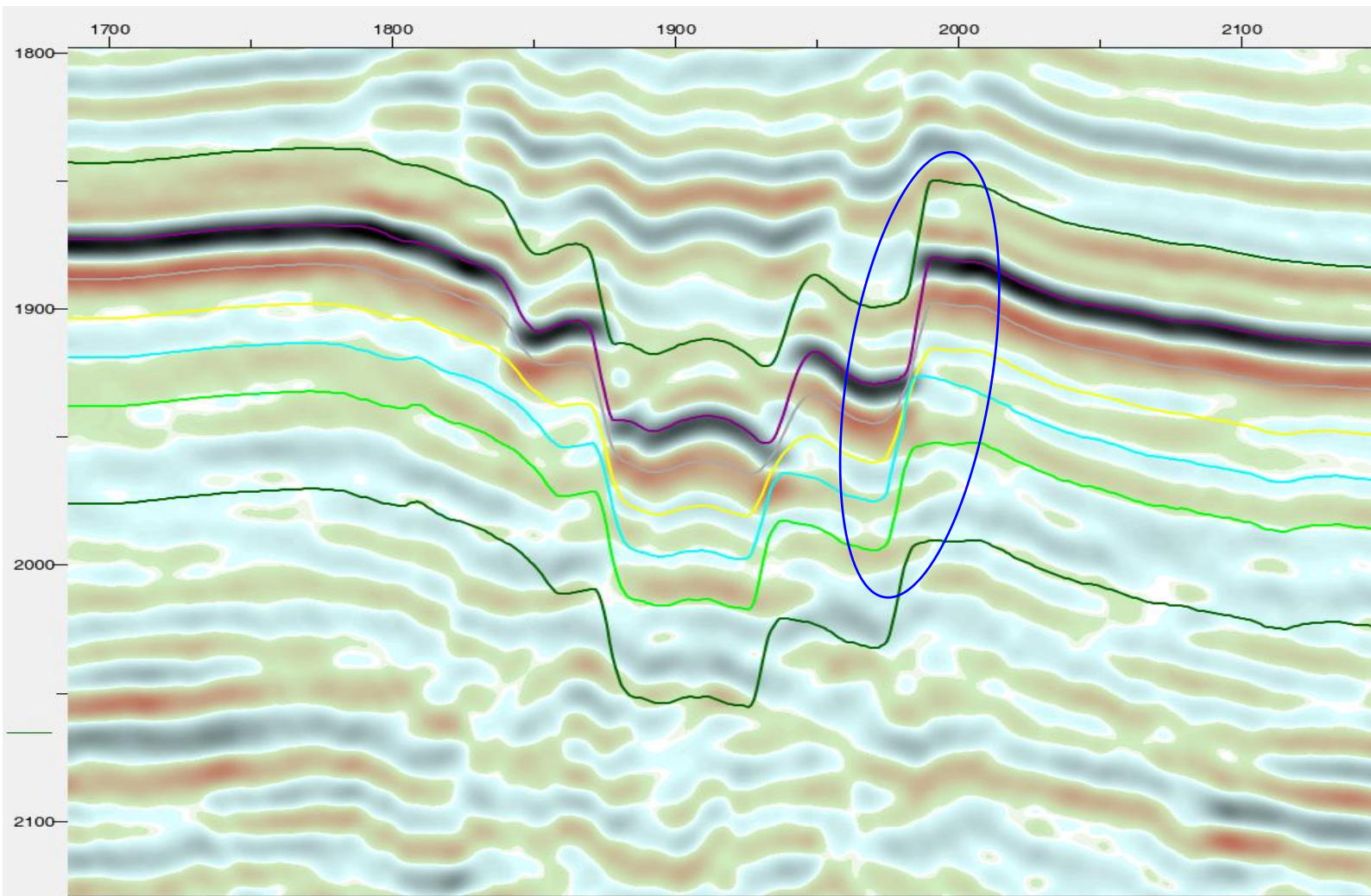




中国石油

3. 注意事项

2. 最小反演层段大于一个子波长，不够一个子波长度的建议外扩；
3. 反演顶、底层及内部控制层均不能有交叉，如有交叉时，可以用计算器进行预先处理。



Input Volume Parameters Wells Output

Range Control

Start Line 4600 4600 5200

End Line 5200 4600 5200

Start CMP 5600 5600 6200

End CMP 6200 5600 6200

Load Range...

Window

反演层段

Auto Interpolation

Top Horizon 2y26_q5.ip.cal-30 ... Shift -5

Bottom Horizon 2y28_Tc2_ezT.ip.cal30 ... Shift 5

Select Horizon...

控制层

Use Defined Order

1	2y26_q5.ip
2	2y26_Tp8.ip
3	2y28_Tc2_ezT.ip

Delete Delete All

Save... Load... Run... Close



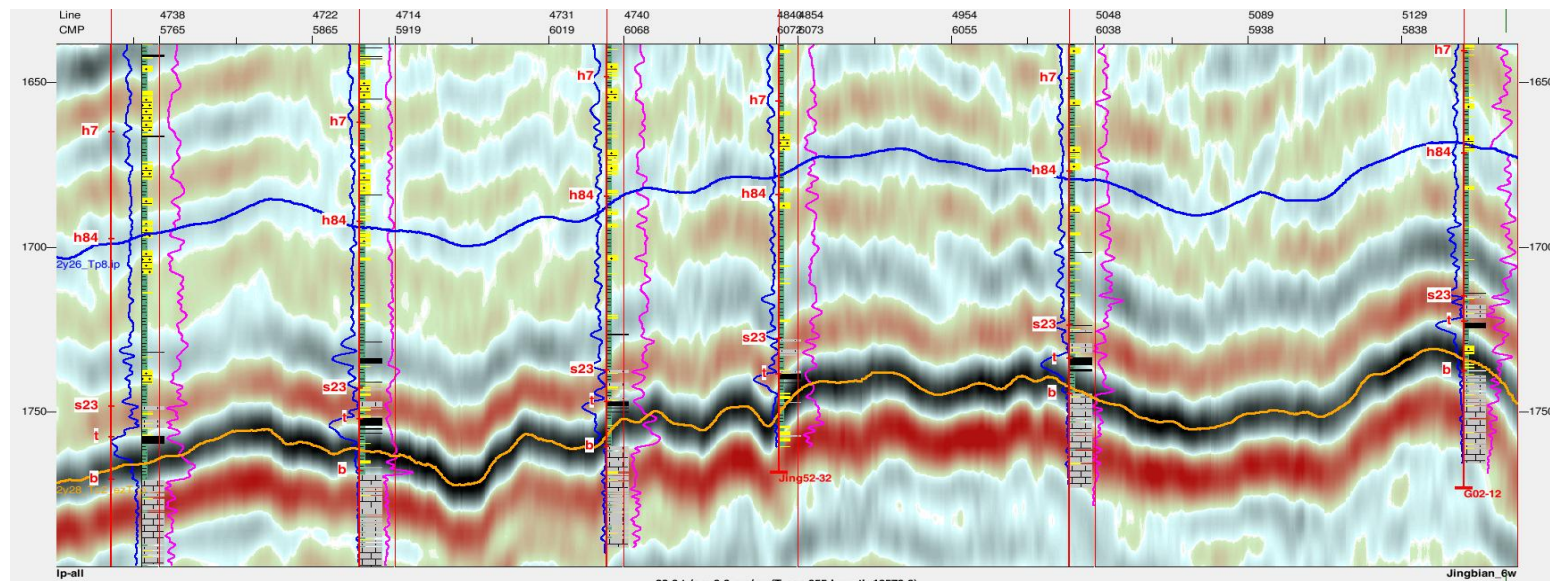
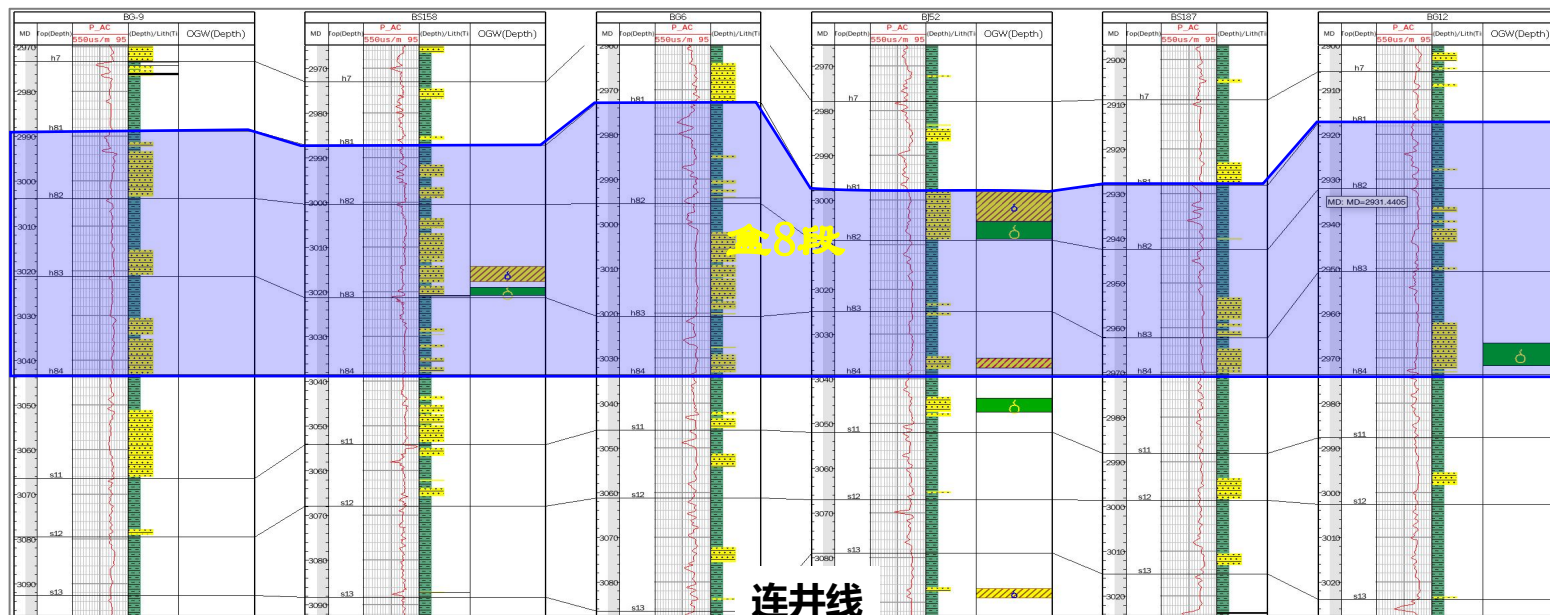
4. 地质统计学反演应用实例（叠前）

中国石油

目标：H8段薄层、致密砂岩气

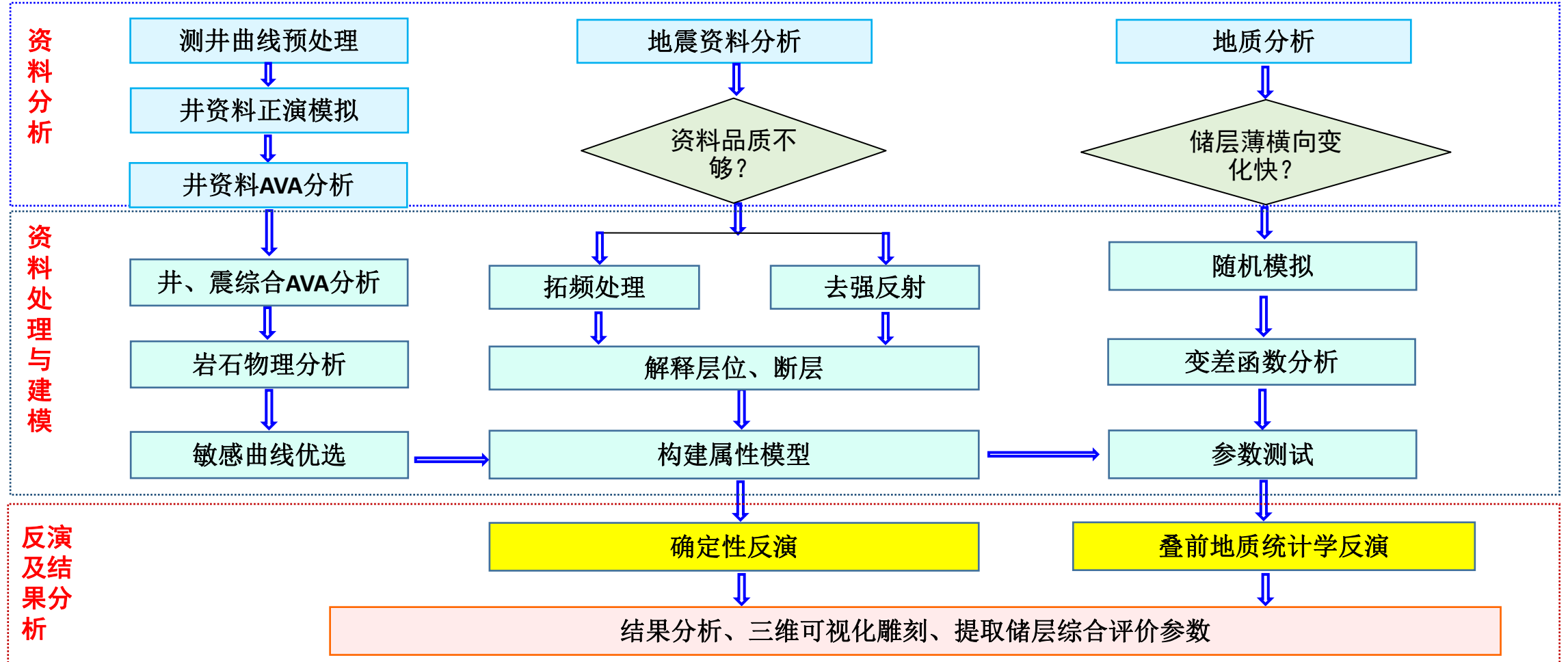
难点1：致密薄砂岩气层，储层薄、
横向变化快，储层刻画难度大。

对策：1) 叠前地质统计学反演
2) 三维可视化雕刻



技术流程

结合岩石物理分析，在地震资料优化处理基础上，开展高分辨率地质统计学反演和储层参数预测，对有利储层进行综合评价。



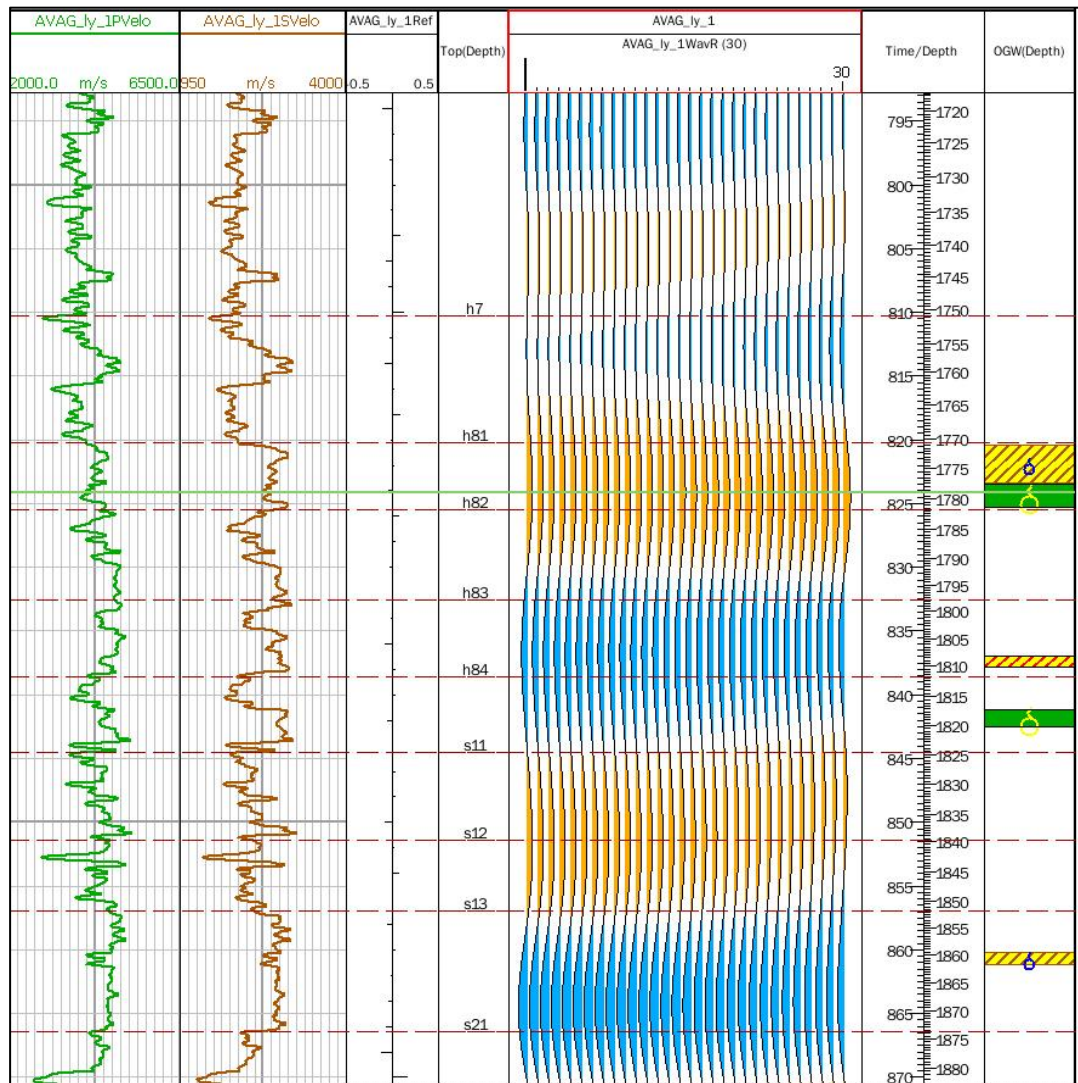
中国石油



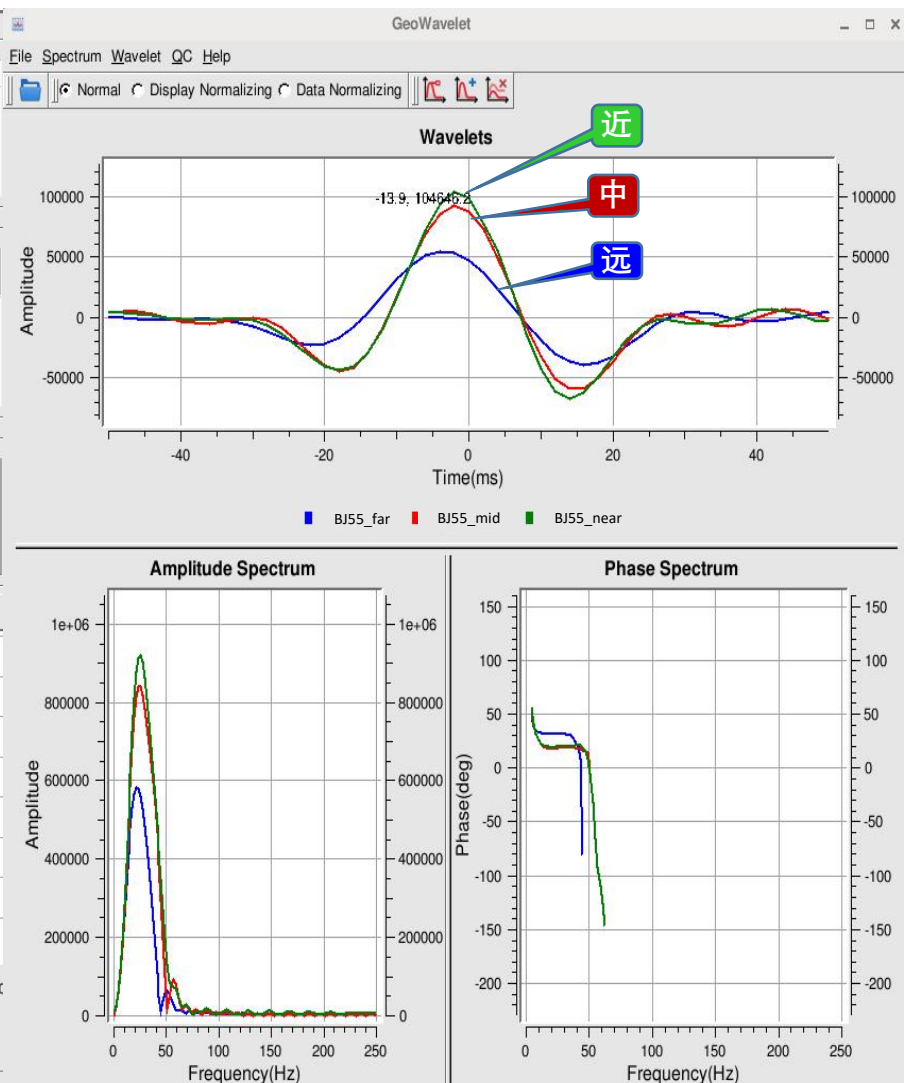
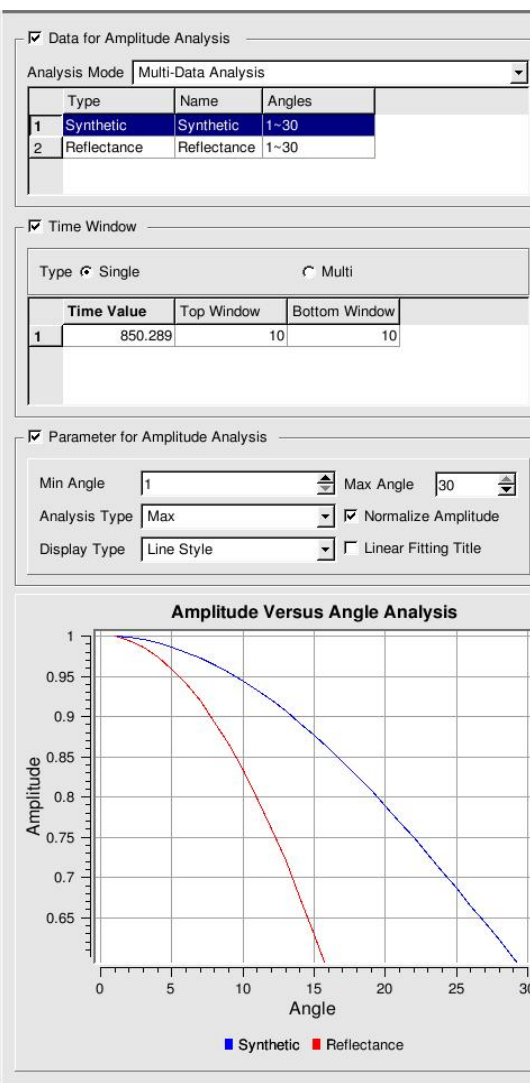
可行性分析

中国石油

正演模拟：振幅随角度增加而减小，与井旁地震道提取子波振幅变化一致，满足叠前反演的需求



典型井正演分析



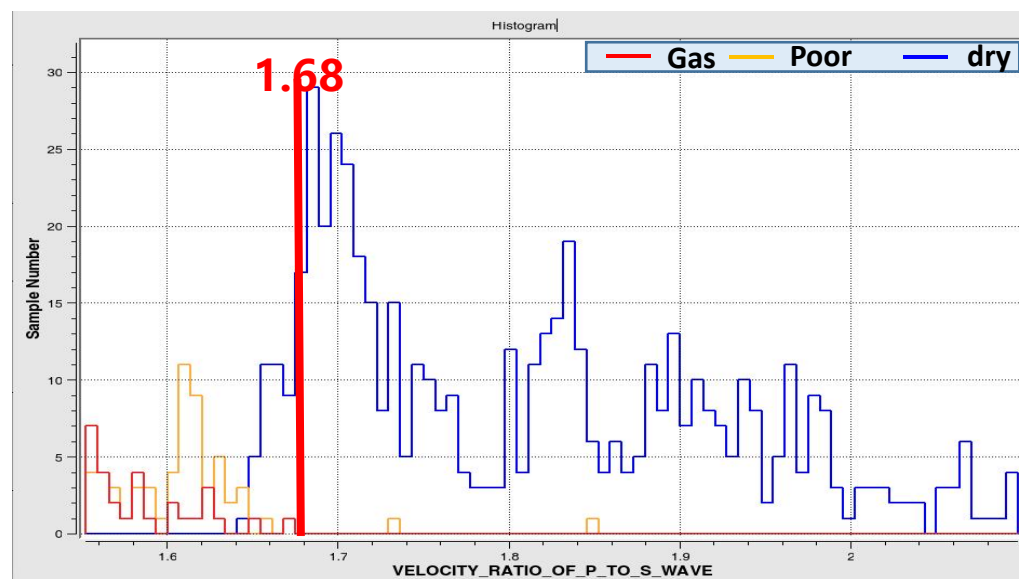
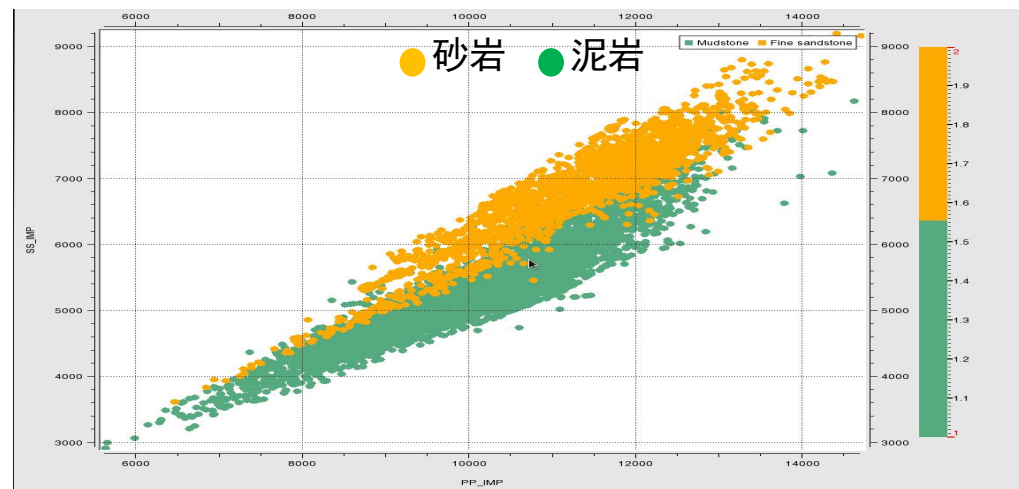
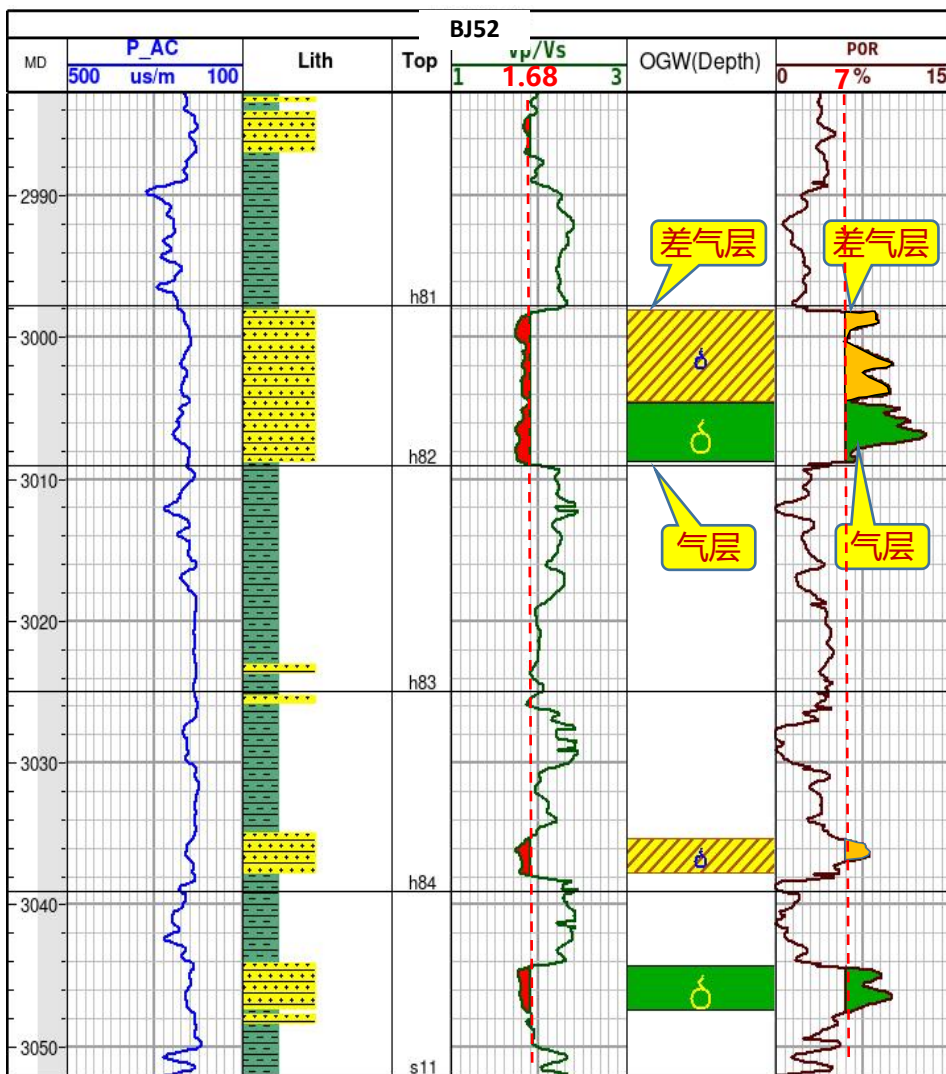
分角度叠加资料提取子波



可行性分析

中国石油

井资料分析：纵横波交会可以有效的区分砂岩储层 $V_p/V_s < 1.68$ 时可以反映含气性，孔隙度 $> 7\%$ 时可以区分气层。

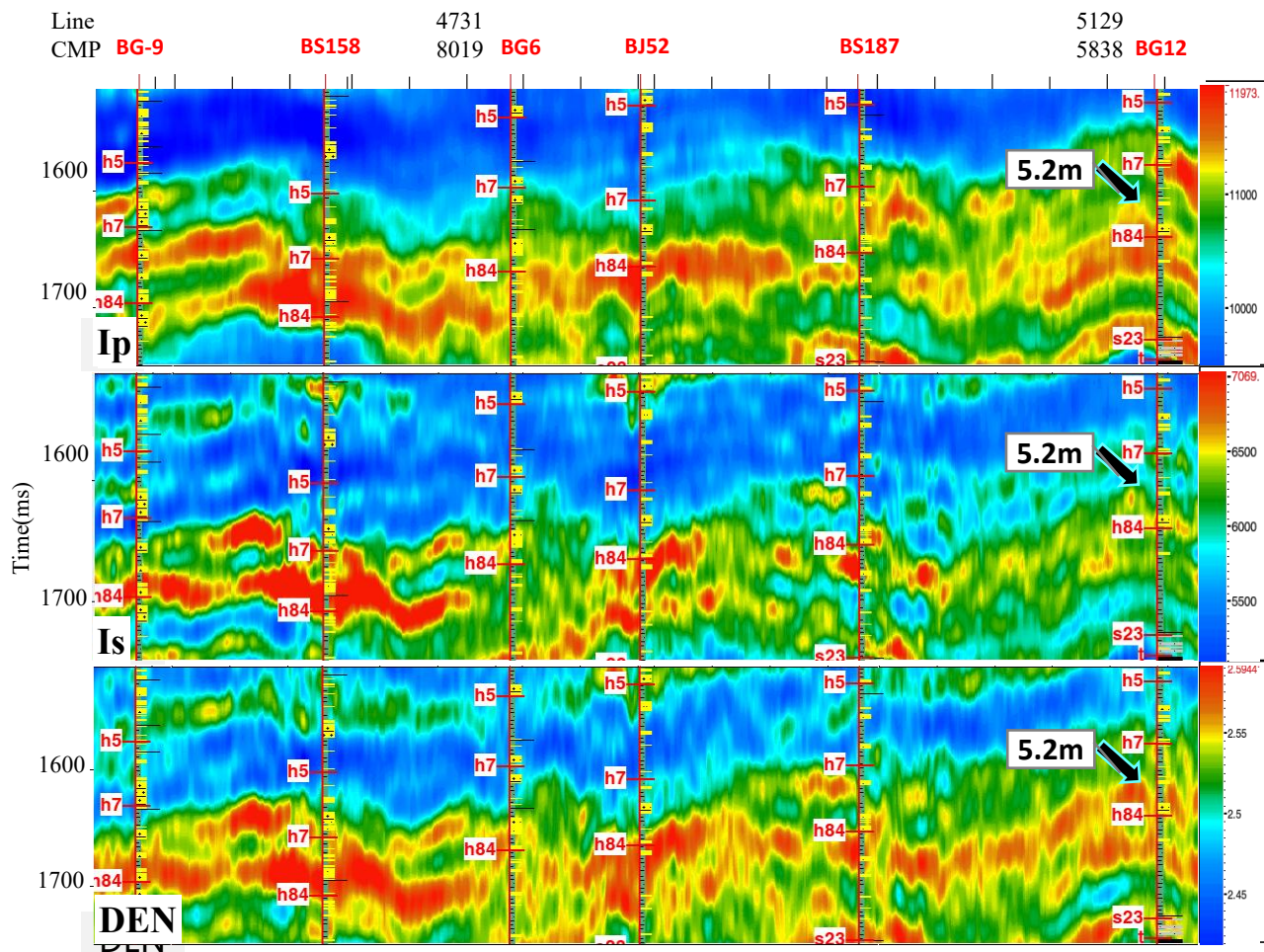




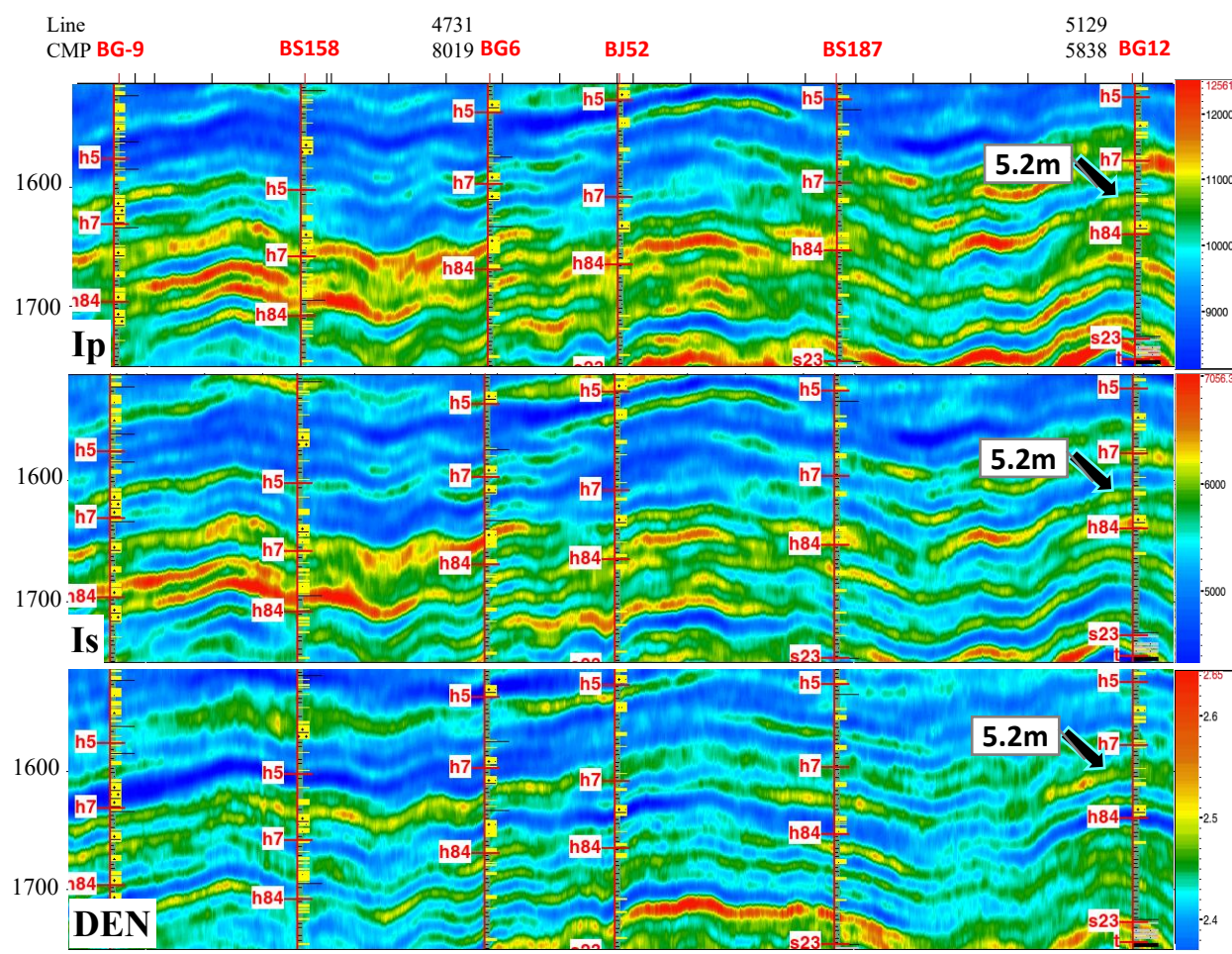
叠前MGI反演

中国石油

叠前地质统计学反演大幅提高了反演结果的分辨率，提高了薄砂层的分辨能力。



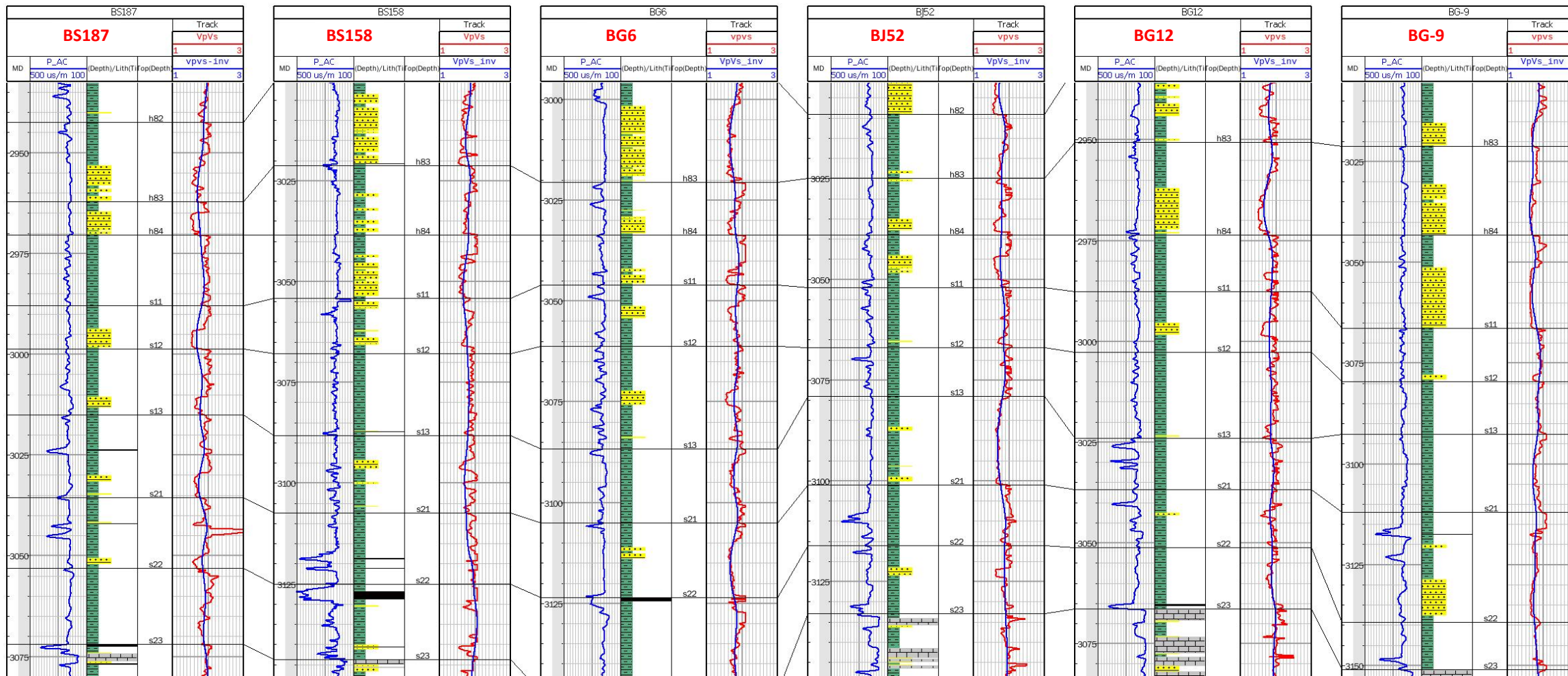
叠前Byes反演



叠前MGI反演



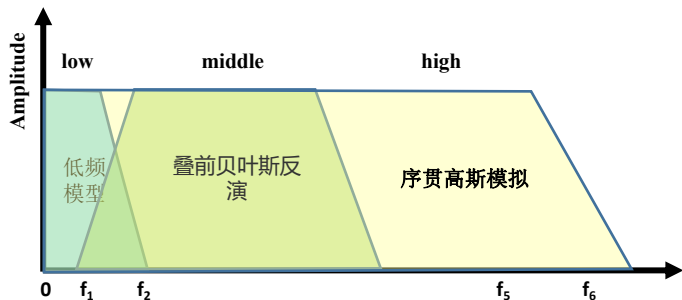
反演的VpVs与原始Vp/Vs趋势一致，值域接近



VpVs提取曲线-原始曲线对比图 (红色: 原始曲线 蓝色: 反演曲线)



Vp/Vs剖面上可以明显指示气层



Prestack Modified GeoStochastic Inversion (lyshow_JB)

Input Volume Parameters Wells Output

Low Frequency
High-pass(Hz) 5 High-cut(Hz) 10

High Frequency
High-pass(Hz) 190 High-cut(Hz) 200
Weight 0.5 0.0 1.0

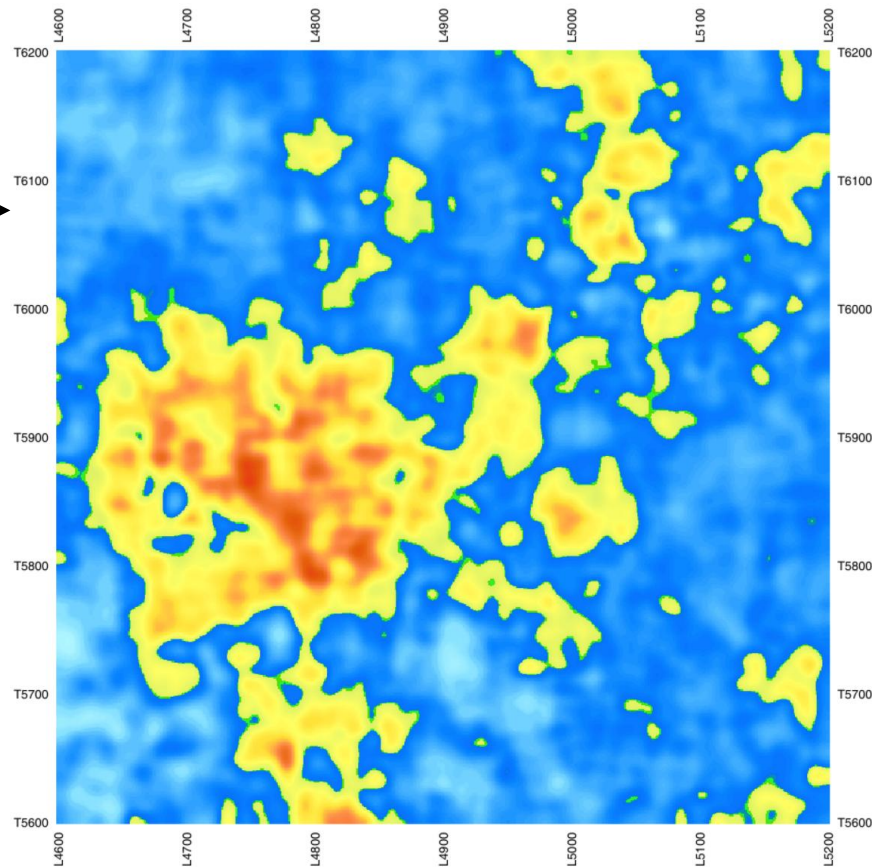
贝叶斯反演参数

Sparse Spike Constraint 1.0 0.1 2.0
P-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00
S-Wave Model Constraint 0.10 0.01 2.00
Density Model Constraint 0.10 0.01 2.00
Wavelet Factor 1.0 0.5 2.0
Merged Frequency 10.0 5.0 30.0

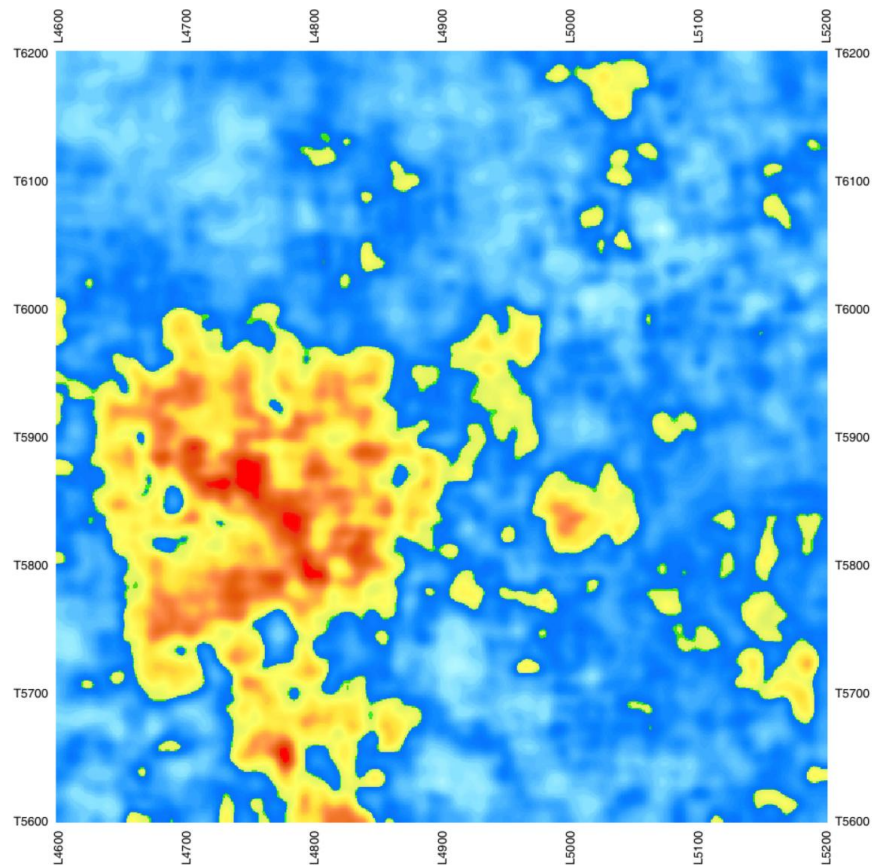
Smooth Filter Strength 1

Run Date & Time 2025-06-09, 09:20:11 Thread Num (1-10) 2

Save... Load... Run... Close



Byes反演结果平面图



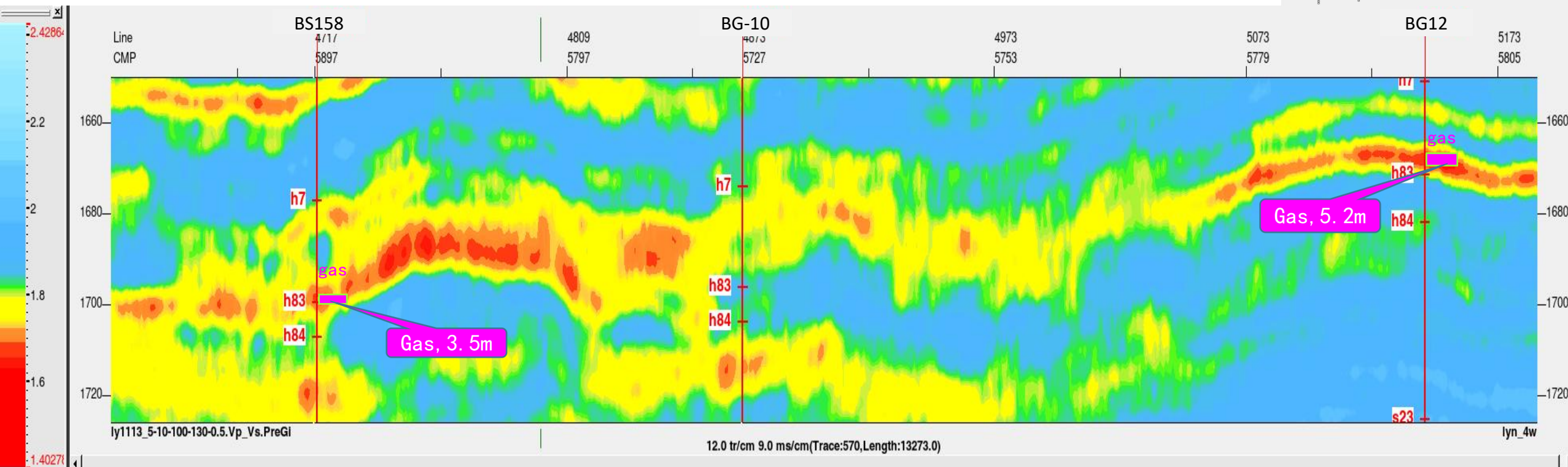
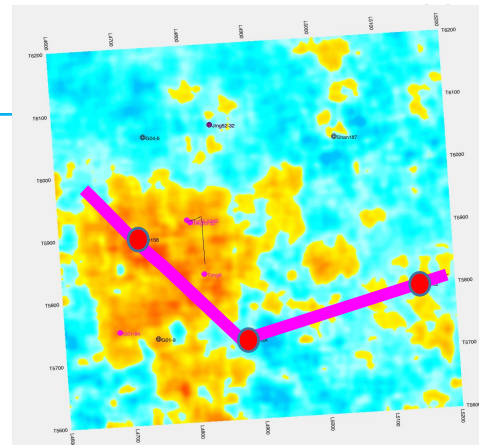
PreMGI反演结果平面图



中国石化

结果分析

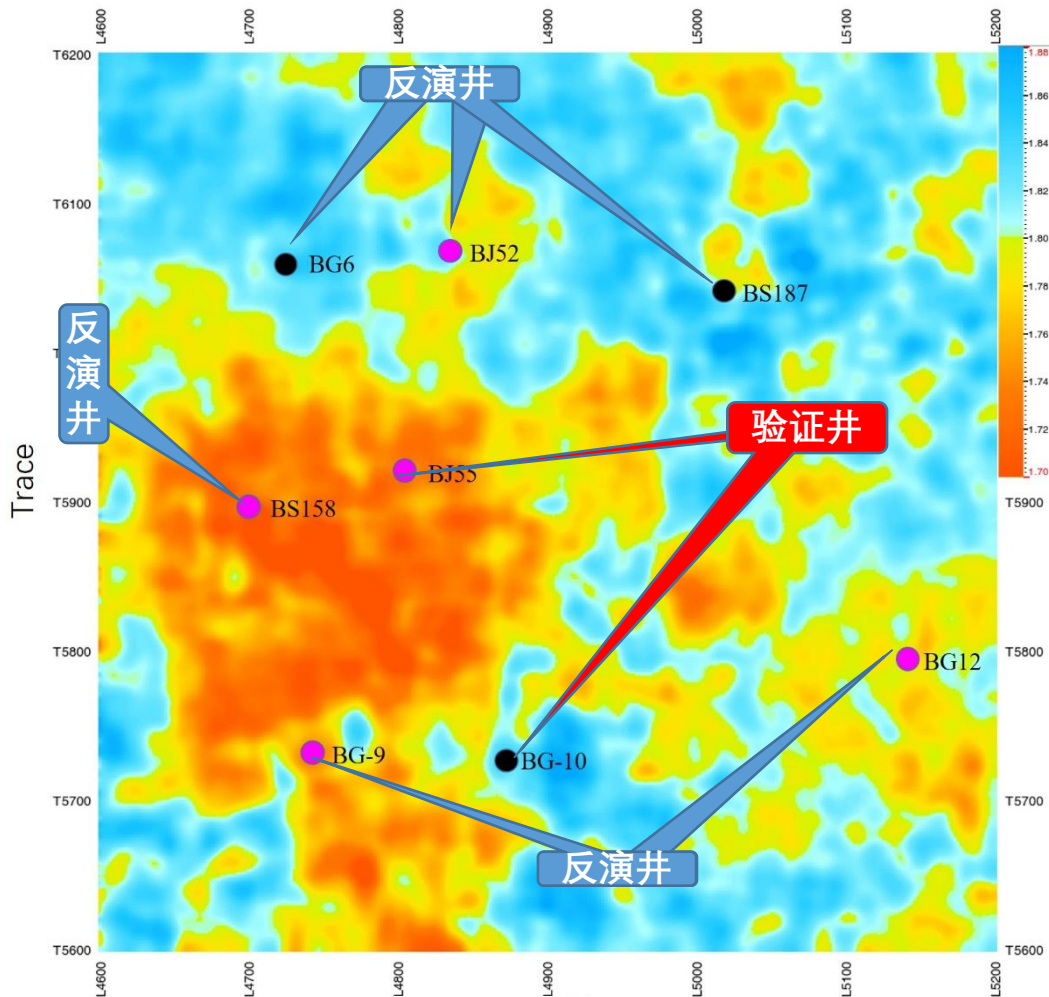
Vp/Vs剖面上可以明显指示气层



Vp/Vs连井剖面



反演井: 6口 , 验证井: 2口, 符合率: 87.5%



Vp/Vs平面图

反演结果统计表

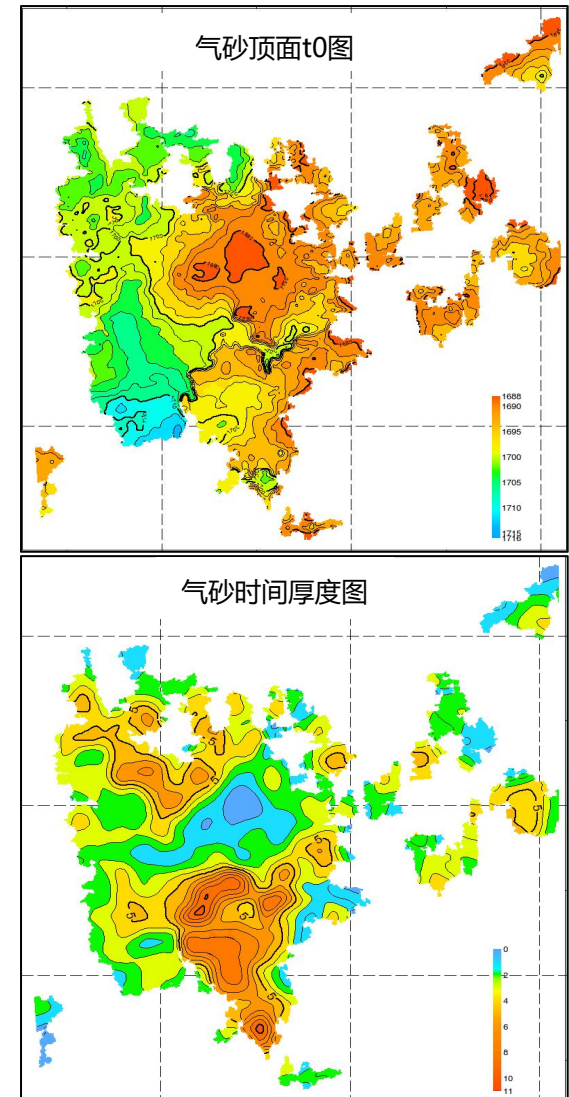
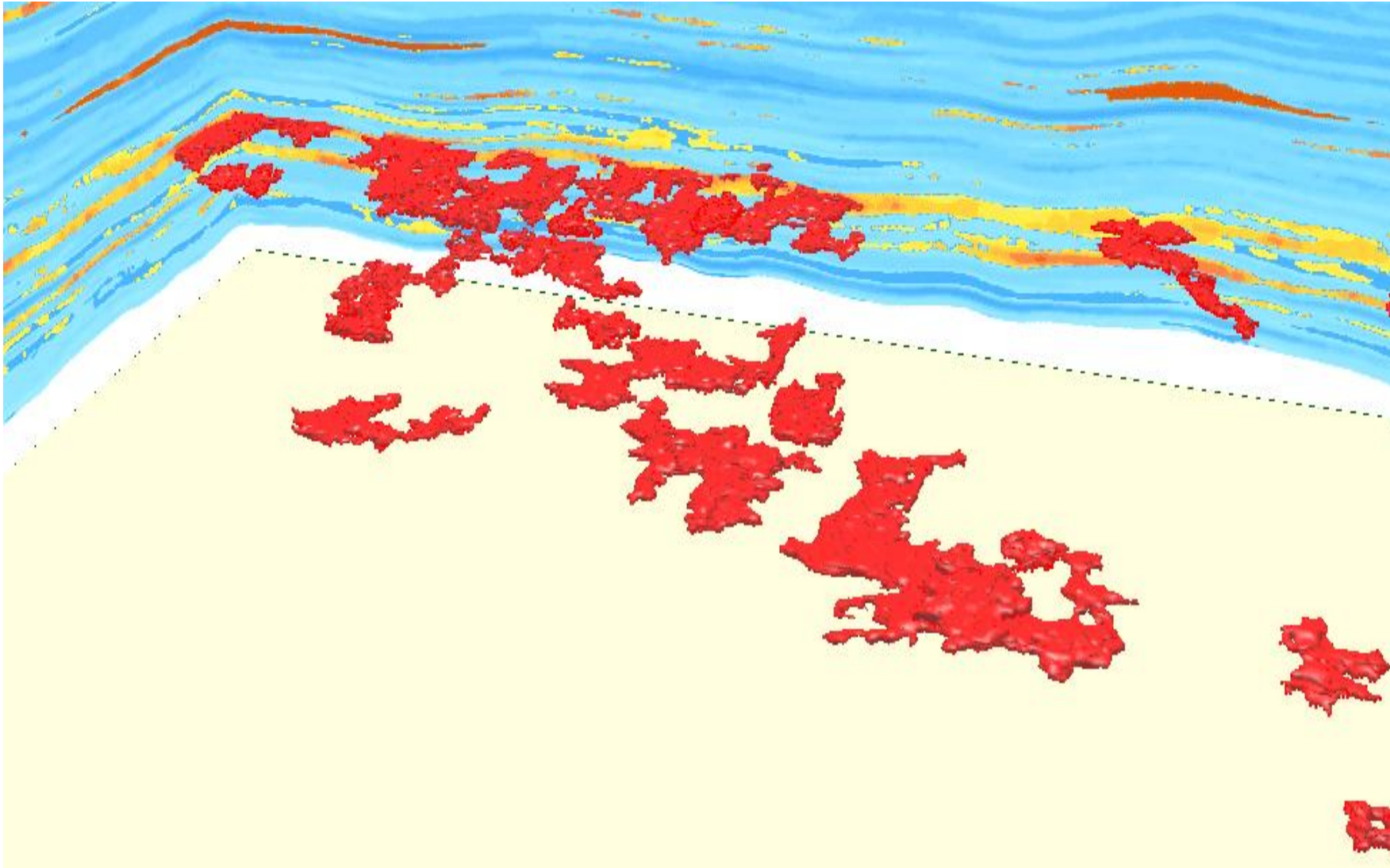
序号	井名	含气性	反演符合情况
1	BG6	干层	符合
2	BJ52	气层	不符合
3	BS187	干层	符合
4	BS158	气层	符合
5	BG-9	气层	符合
6	BG12	气层	符合
7	BJ55	气层	符合
8	BG-10	干层	符合
符合率		87.5%	



中国石油

气砂雕刻

利用Vp/Vs和孔隙度体数据，通过三维可视化雕刻技术获得H8段气砂空间展布。





CONTENES
目录

01

一、研究背景

02

二、反演应用实例

- 1.反演原理简介
- 2.影响参数分析
- 3.注意事项
- 4.应用效果 (叠前)

03

三、注意事项及推荐流程

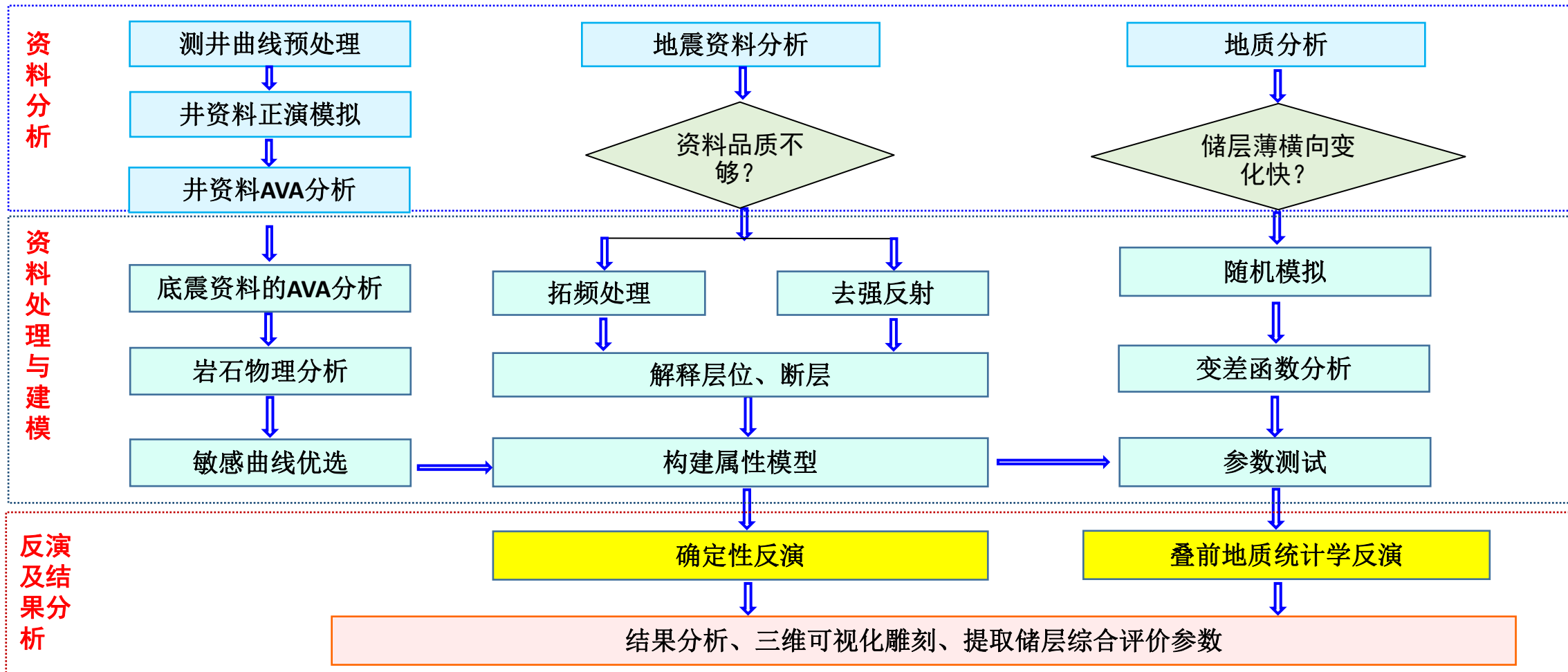


三、注意事项

1. 叠前反演前准备工作：曲线处理、标定分析、井-地震AVA综合的反演可行性分析等工作；
2. 地质统计学反演中各类参数中影响较大的参数：序贯高斯模拟的高频段频率、序贯高斯模拟的权重系数、主变程等；
3. 斜井参与反演时，尽量将目标层段控制在反演层段的中间部位；
4. 叠前地质统计学反演目标层段的平面结果与叠前贝叶斯的平面结果进行对比分析。



结合岩石物理分析，在地震资料优化处理基础上，开展高分辨率地质统计学反演和储层参数预测，对有利储层进行综合评价。



感谢大家对GeoEast软件的 信任和支持!

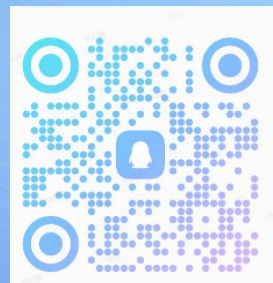
更多详情请关注



GeoEast微信公众号



解释技术支持QQ1群



解释技术支持QQ2群



Bilibili视频教程

技术支持热线电话: 18233420979

服务邮箱: geoeast@cnpc.com.cn

问题管理系统: <https://wt.gs.com.cn>

QQ交流群: 196011710、340847471

官网网址: <http://www.gs.com.cn>

销售热线: 0312-3736073