

# AI驱动：二维断层智能训练与预测模块

汇报人：柯超凡

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

2025年9月23日

GeoEast

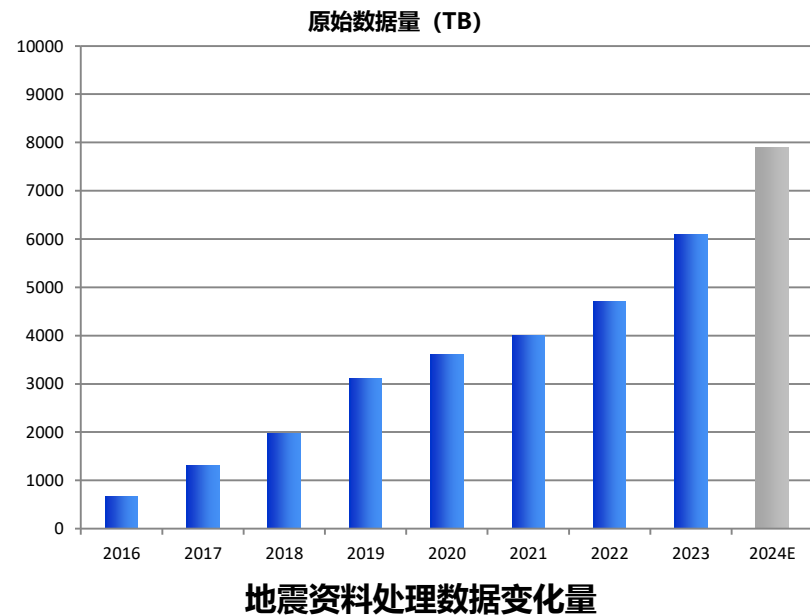
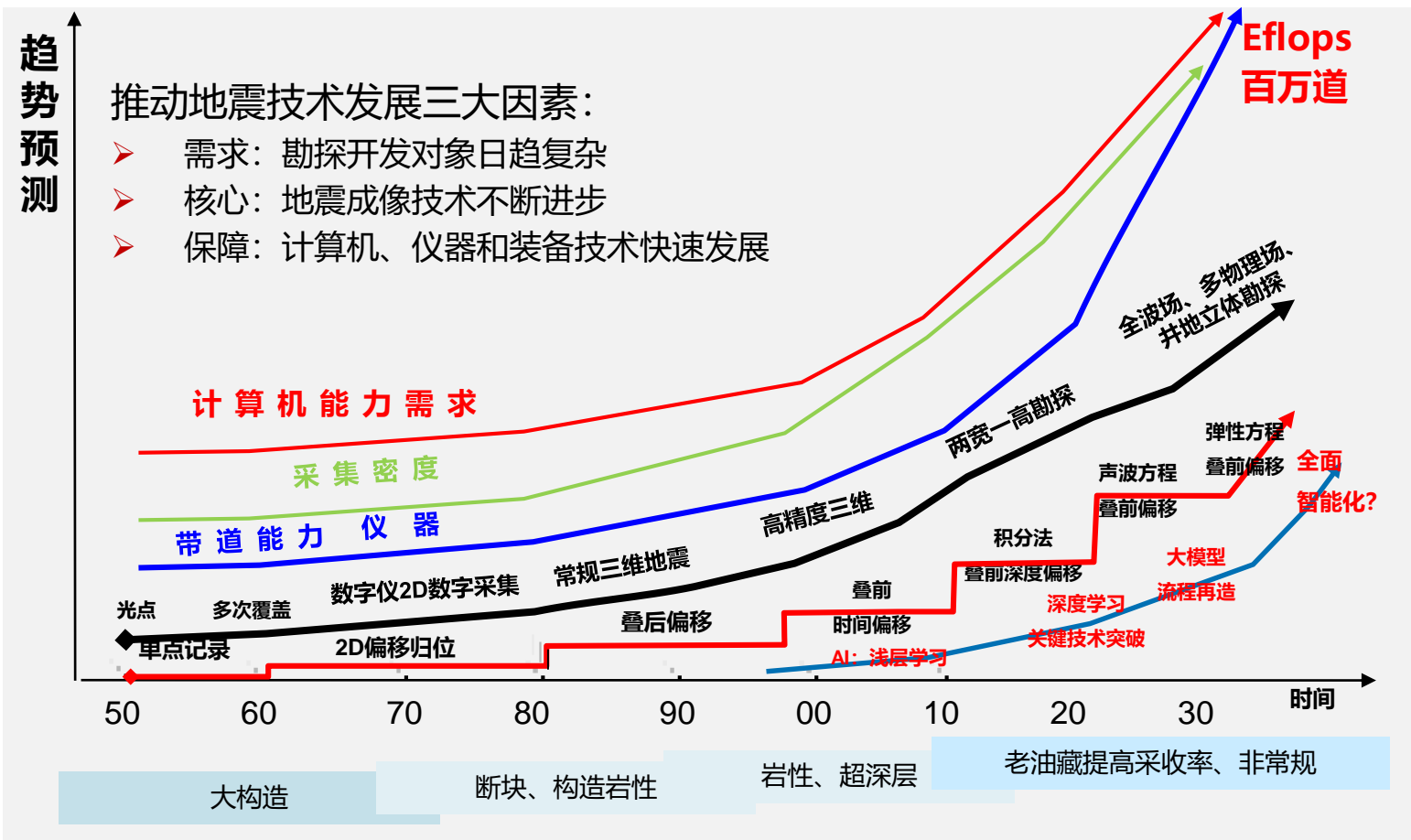








随着油气勘探开发对象日趋复杂，地震勘探数据量迅速攀升，计算量几何级增长，对地震处理解释技术效率、精度提出了巨大的挑战。



常规三维→高密度三维 (几十倍)  
剖面解释→三维体解释 (几百倍)  
地震道 → 五维道集 (上千倍)

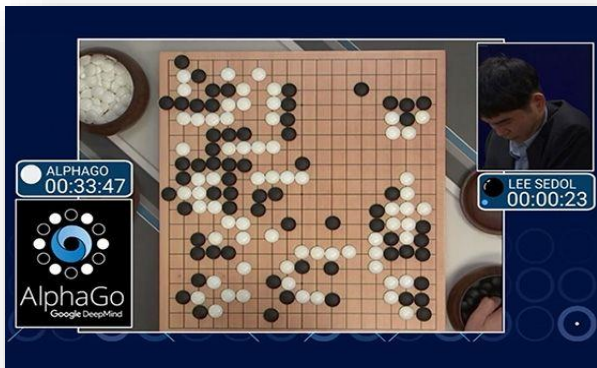




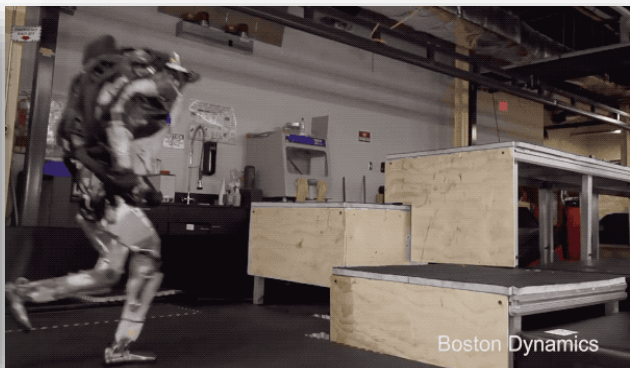
## 人工智能技术蓬勃发展

人工智能（AI）技术在多个领域取得重大突破，不断颠覆人类认知，展示了**巨大发展潜力与无限发展空间**。

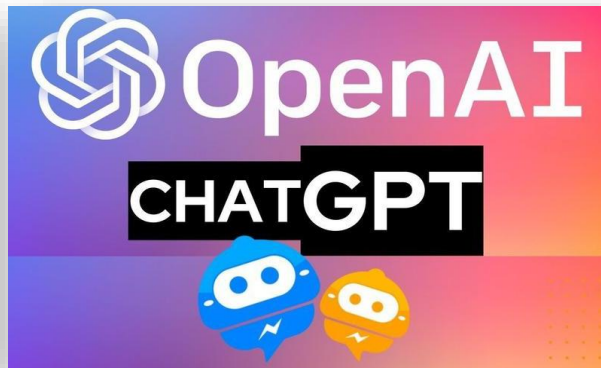
2023年，自然语言处理领域：ChatGPT的表现与真人无异，且功能更加强大。



智力博弈领域：2016年  
阿尔法狗战胜世界冠军



自主运动领域：波士顿机器人  
超过一般人类



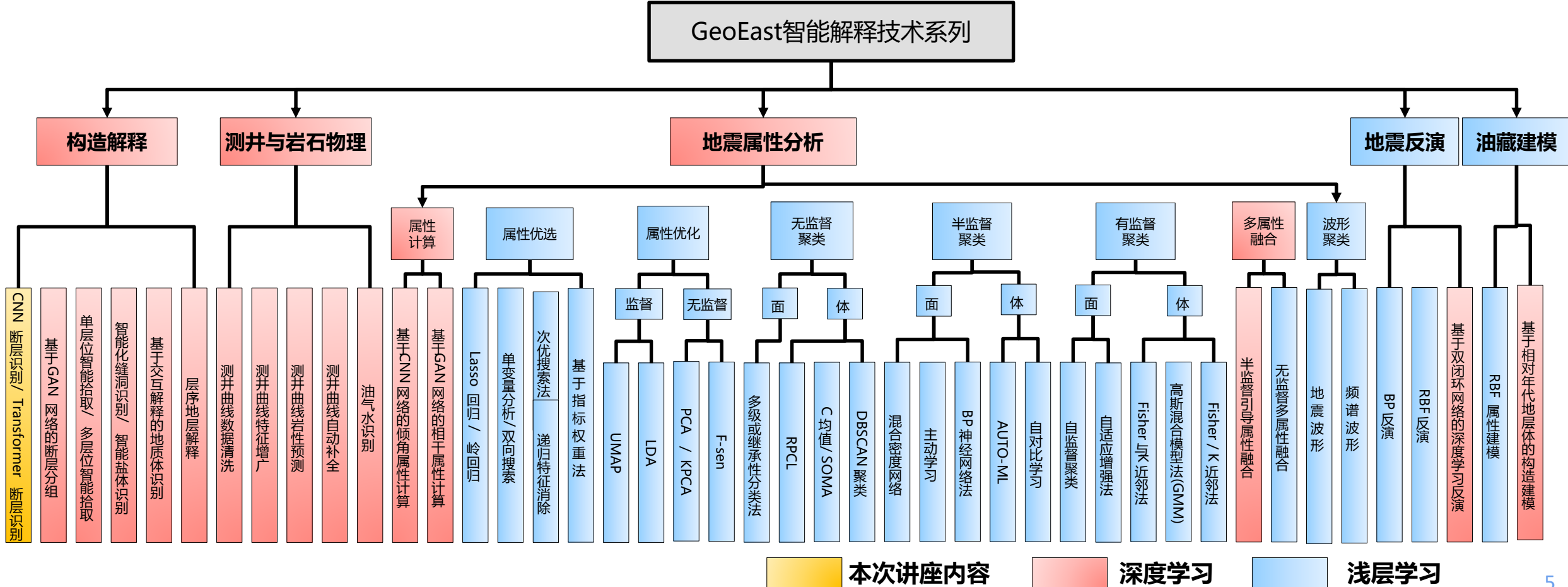
2025年1月，DeepSeek-R1  
模型开源，荣登全球榜单

**“AI+物探”是提高效率、精度以及降低成本的一个现实途径**





GeoEast解释系统的人工智能技术，实现了从浅层学习到深度学习，从单一数据驱动到数据-模型双驱动，从通用模型到专有模型的转变，形成了5大类，40多个模块的智能解释技术系列，在各盆地构造解释、储层预测等方面得到广泛应用，实现了智能技术的工业化落地。



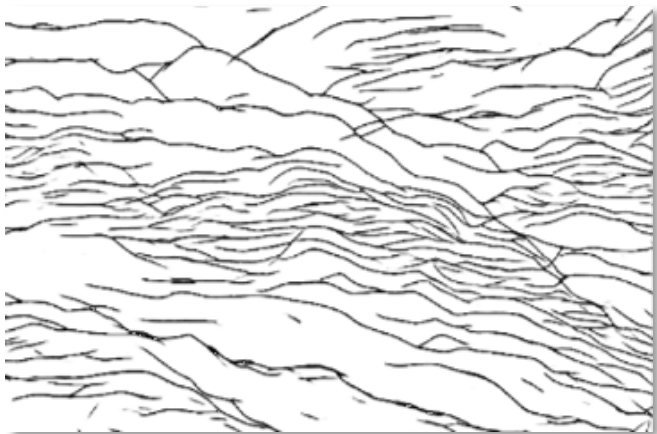




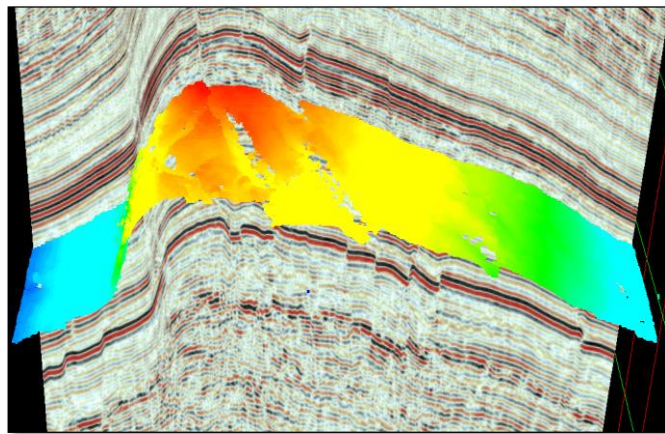
# 概述



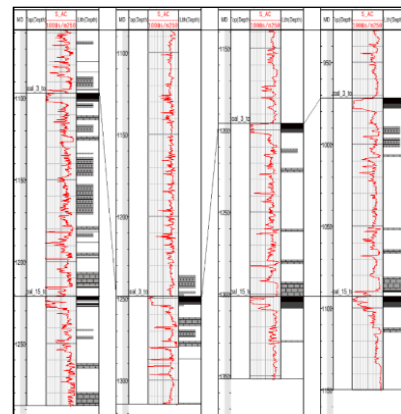
系统布局人工智能解释业务，突破智能断层预测、层位解释、曲线补偿等关键技术，研发标签库管理、前后处理等配套功能，大幅度提升了地震资料解释的效率和精度。



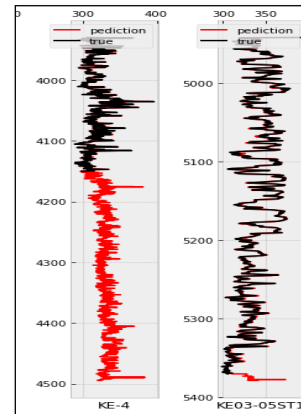
智能断层预测



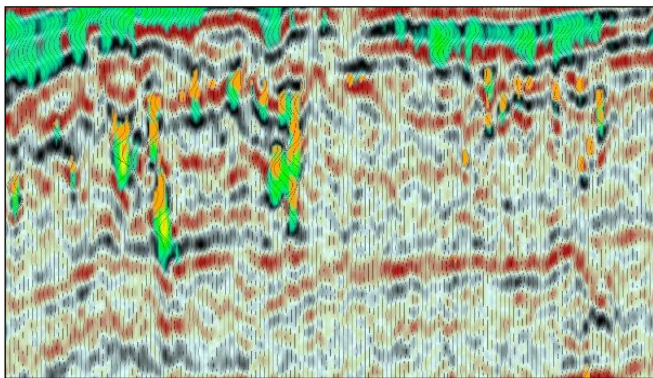
智能层位解释



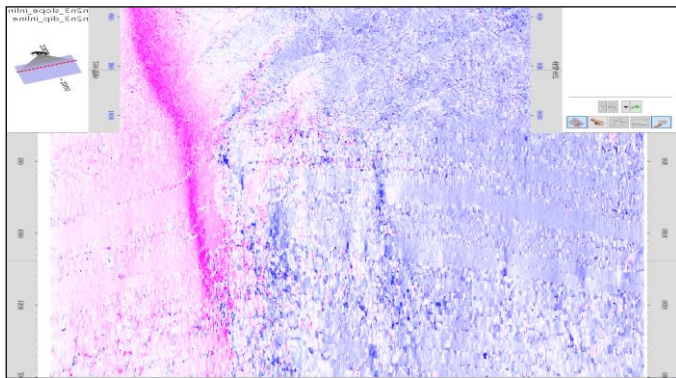
智能测井岩性解释



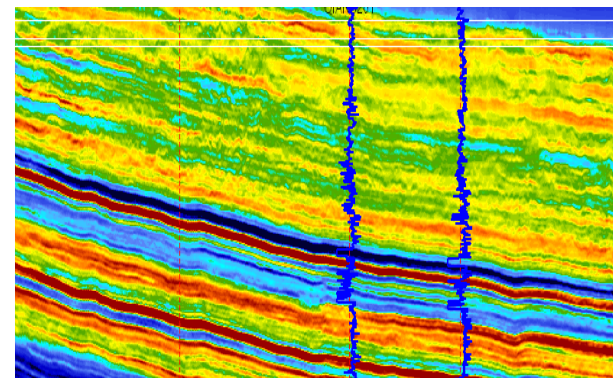
智能测井曲线预测



基于背景建模的智能异常体解释



智能属性计算



智能反演

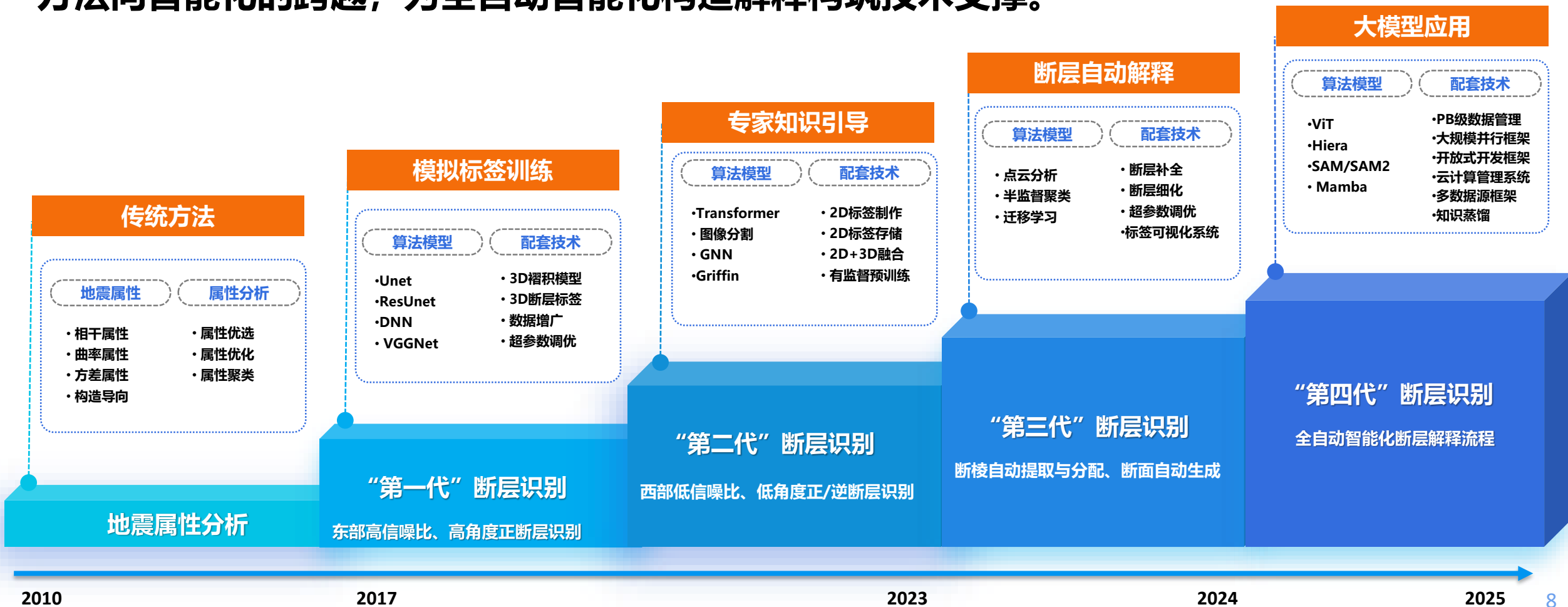








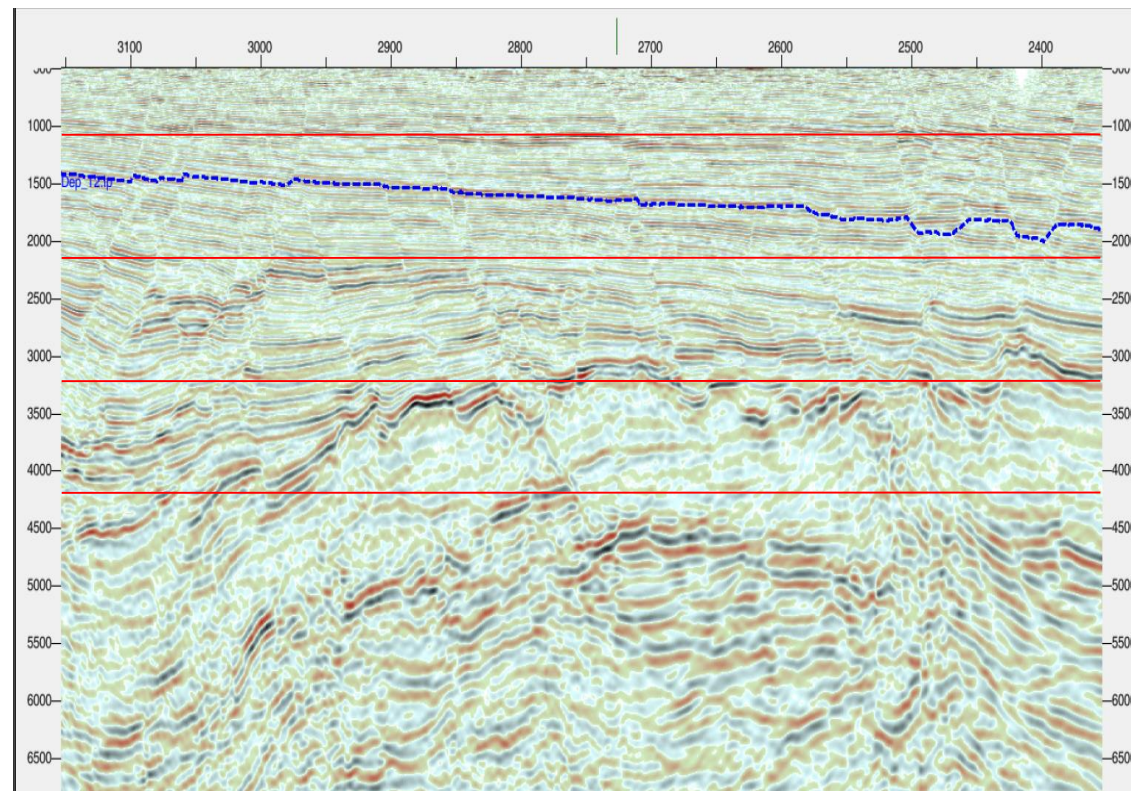
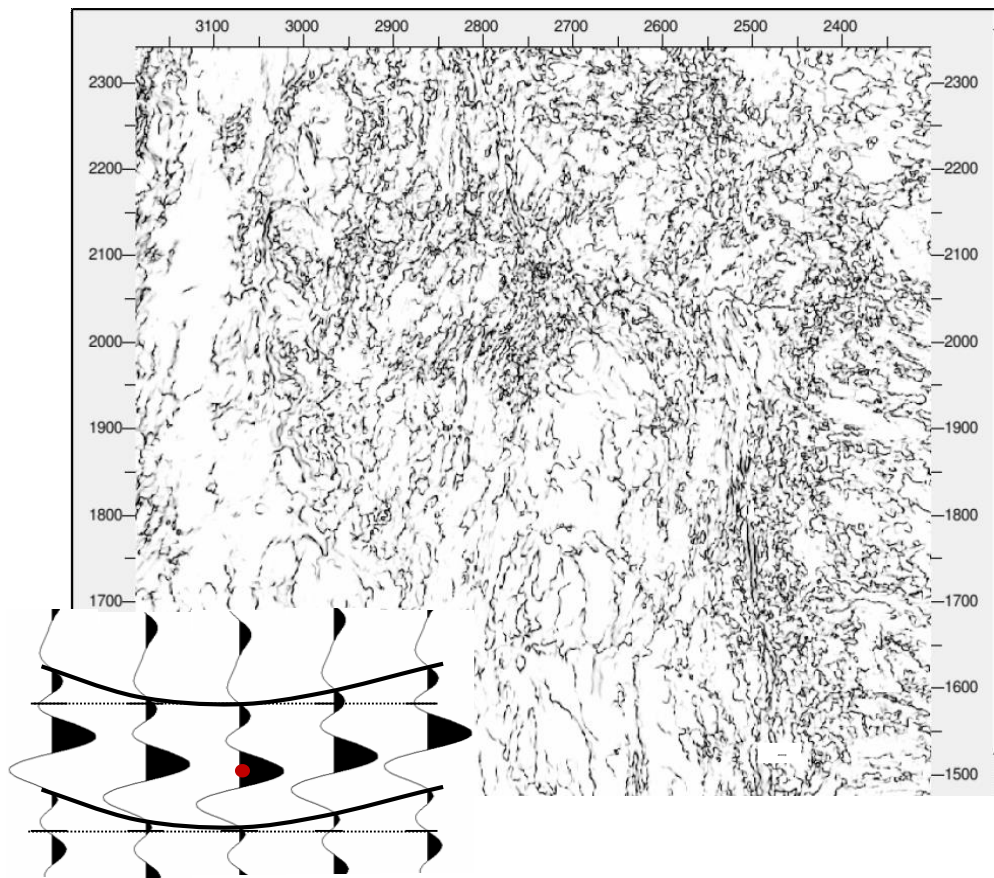
在通用人工智能技术持续演进的驱动下，断层识别技术与之协同发展，历经 Unet网络融合模拟标签、Transformer网络结合专家标签、断层自动解释等创新阶段，实现了从传统方法向智能化的跨越，为全自动智能化构造解释构筑技术支撑。







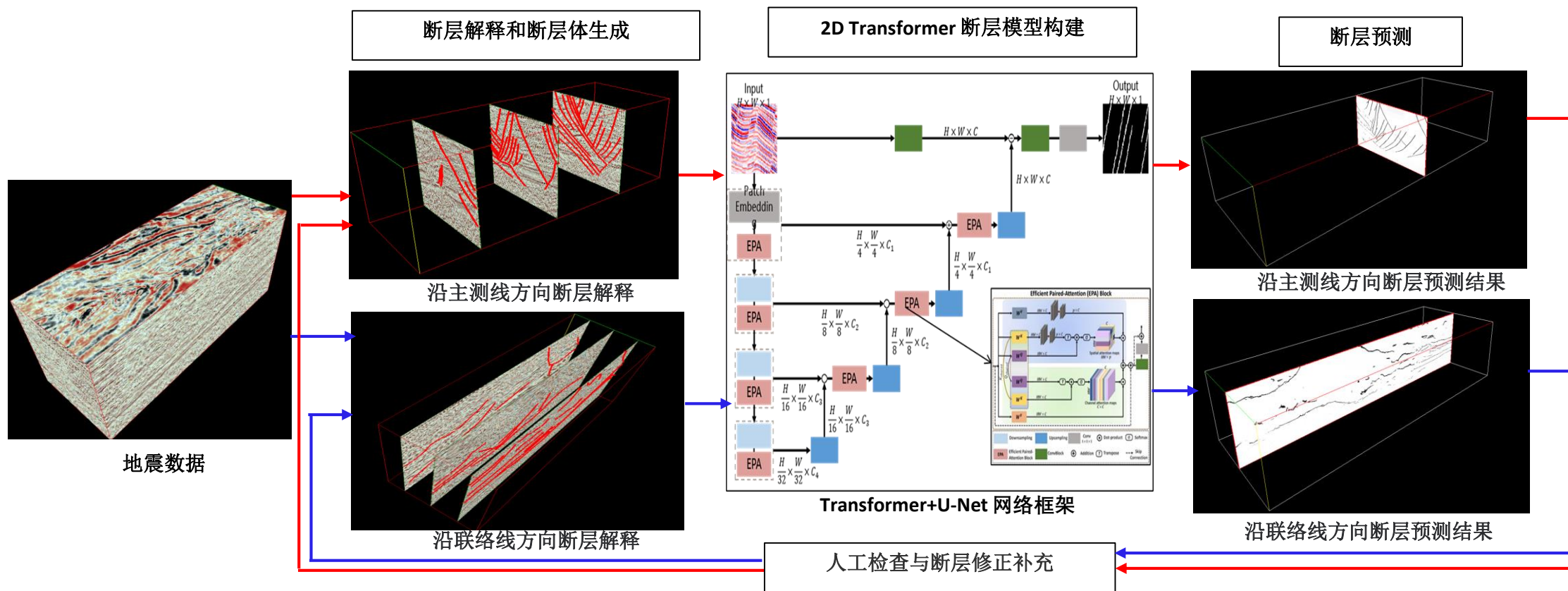
**挑战：**基于数据驱动的地震属性/智能断层预测技术，**依赖于地震数据的质量**，对于地震资料质量不高位置，如何进一步提升断裂预测的精度？







由于断层的人工标注通常仅在二维剖面上完成，**难以获取三维的实际断层标签**，且**三维断层训练算法计算量大、显存需求高、训练时间长**，因此采用了**Transformer**网络结合**专家标签**的二维智能断层训练方法。



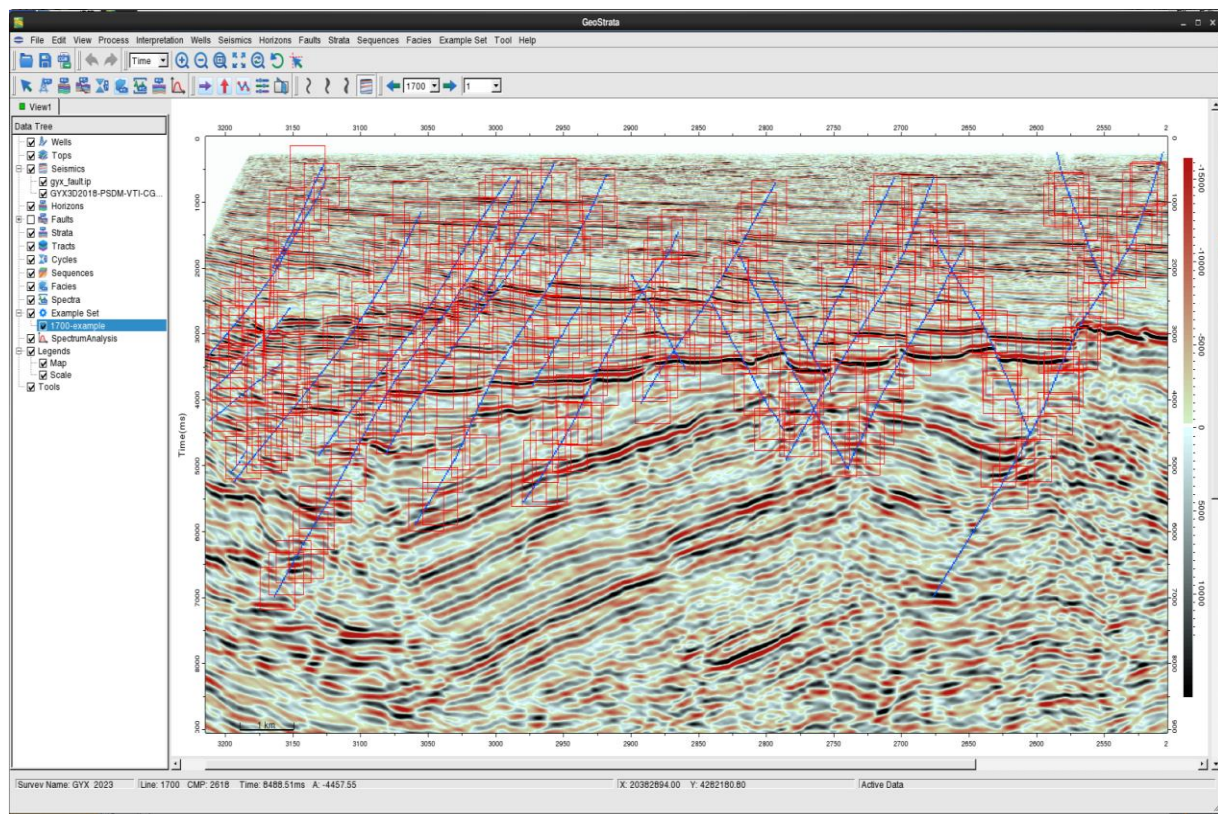




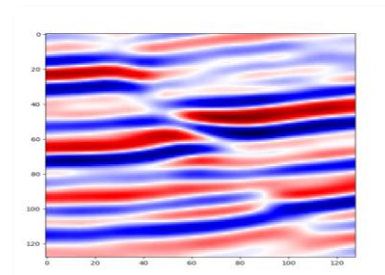
针对目前**个性化2D标签智能断层预测**只能沿Inline和Xline方向分别训练及预测，预测结果相加合并的方式效率低，预测结果不连续，**改进了断层样本生成方式及网络**，提升软件的易用性及预测结果的连续性。



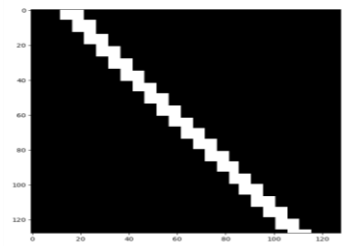
个性化2D标签智能断层预测流程



断层样本建立



地震 (256\*256)



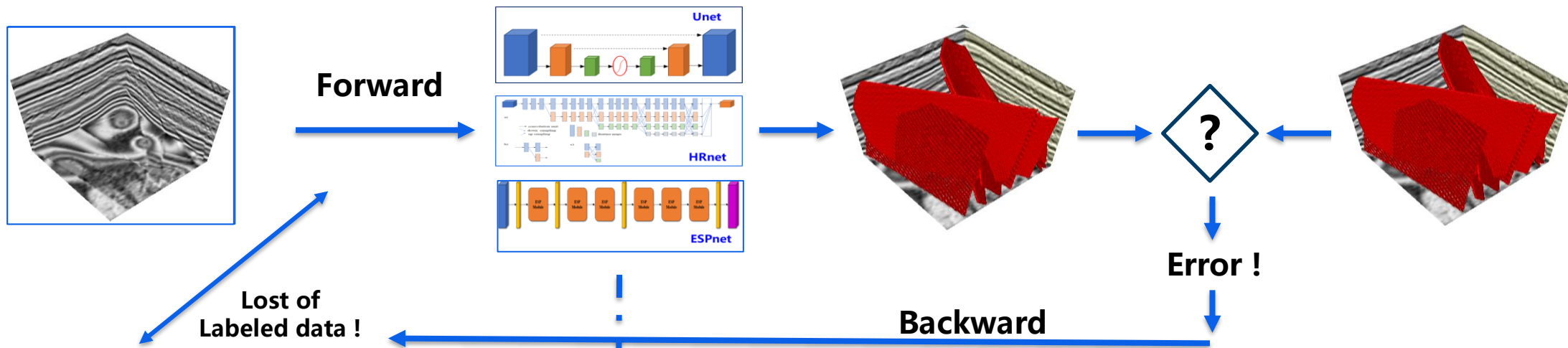
标签 (256\*256)



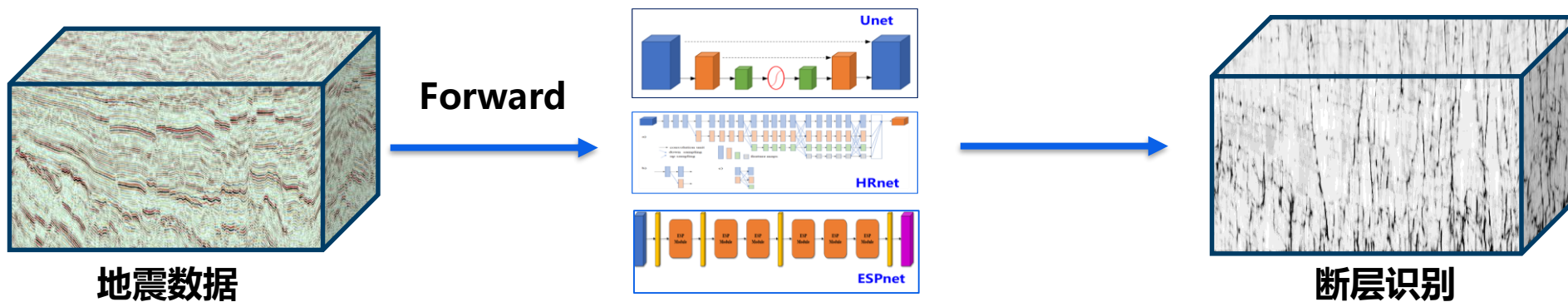


## 深度学习断层训练&预测流程

训练



预测



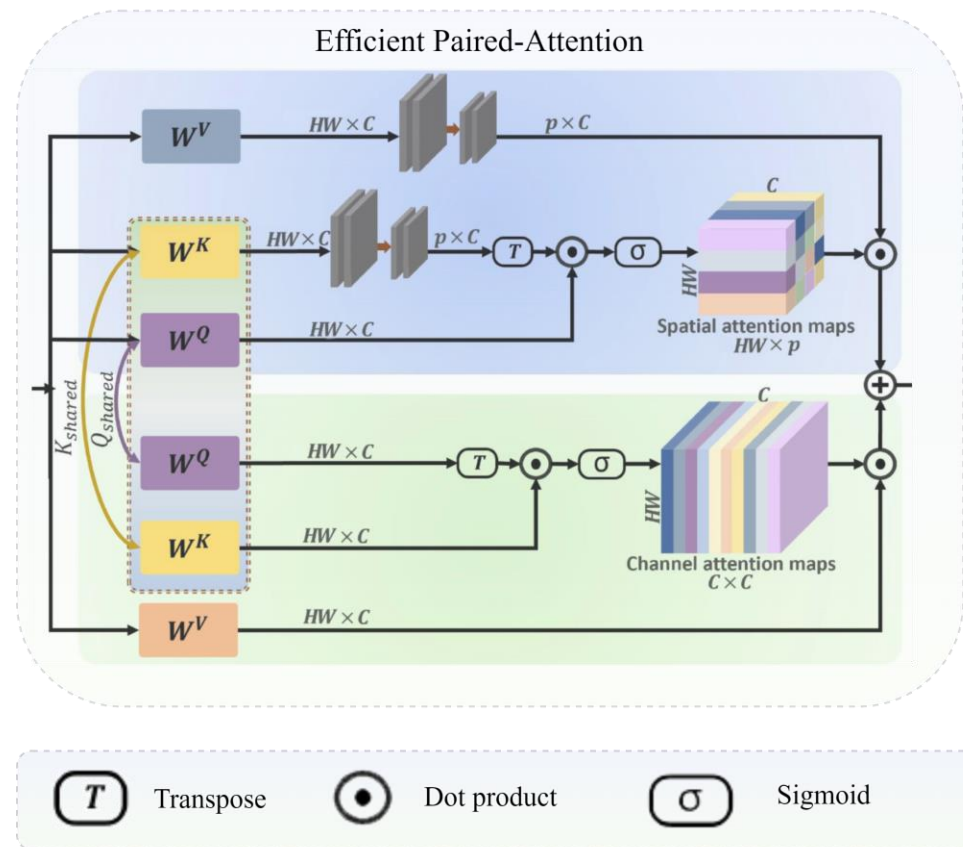




The diagram illustrates the architecture of the proposed network, which is a U-Net style architecture. The input is a noisy image. The encoder path consists of Patch Embedding, EPABlock, PatchMerging, EPABlock, PatchMerging, EPABlock, and PatchMerging. The decoder path consists of EPABlock, PatchMerging, EPABlock, PatchMerging, EPABlock, and PatchMerging. Skip connections are shown as red arrows from the encoder to the decoder. The output is a denoised image. A detailed view of the EPABlock shows it contains Layer Normalization, Efficient Paired-Attention, a Residual block, and a 1x1 Convolution.

**Legend:**

- Patch Embedding:** Convolution, kernel size 4×4, stride 4, channel C
- PatchMerging:** Convolution, kernel size 2×2, stride 2, channel C
- EPABlock:** Layer Normalization, Efficient Paired-Attention, Residual block, 1×1 Convolution



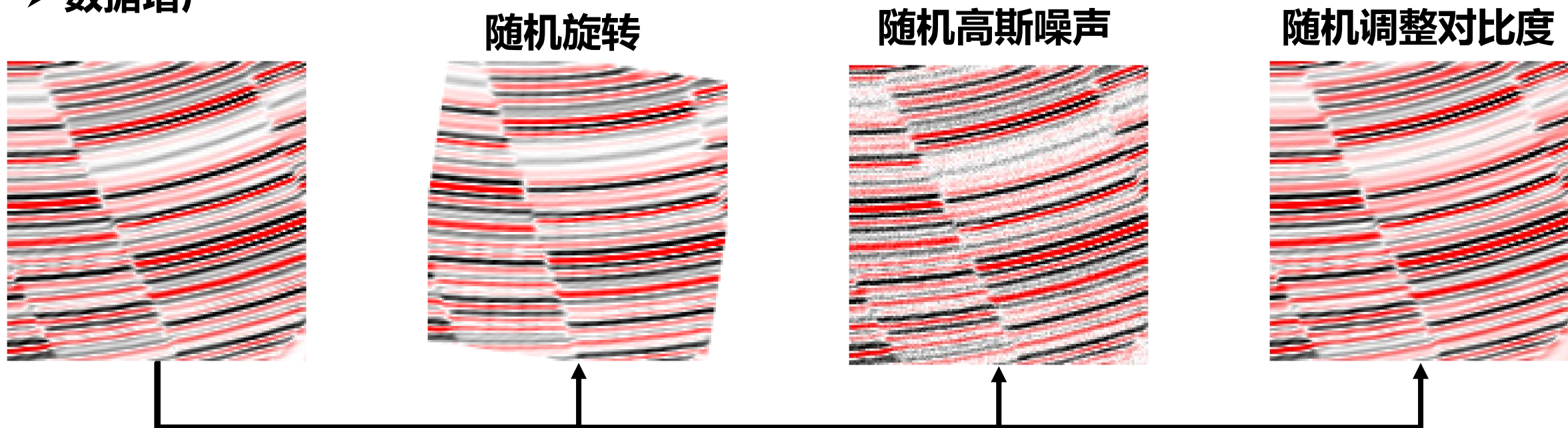




## ➤ 在预训练模型上微调

首先使用基于**合成标签训练的三维断层网络模型**对多个**实际工区**进行**预测**，并从中筛选出**优质的断层预测结果**作为样本对，用以训练二维断层网络模型，从而得到预训练模型。最后，在预训练模型的基础上，使用**目标工区**的人工标签作为训练样本，对神经网络进行了**微调**。

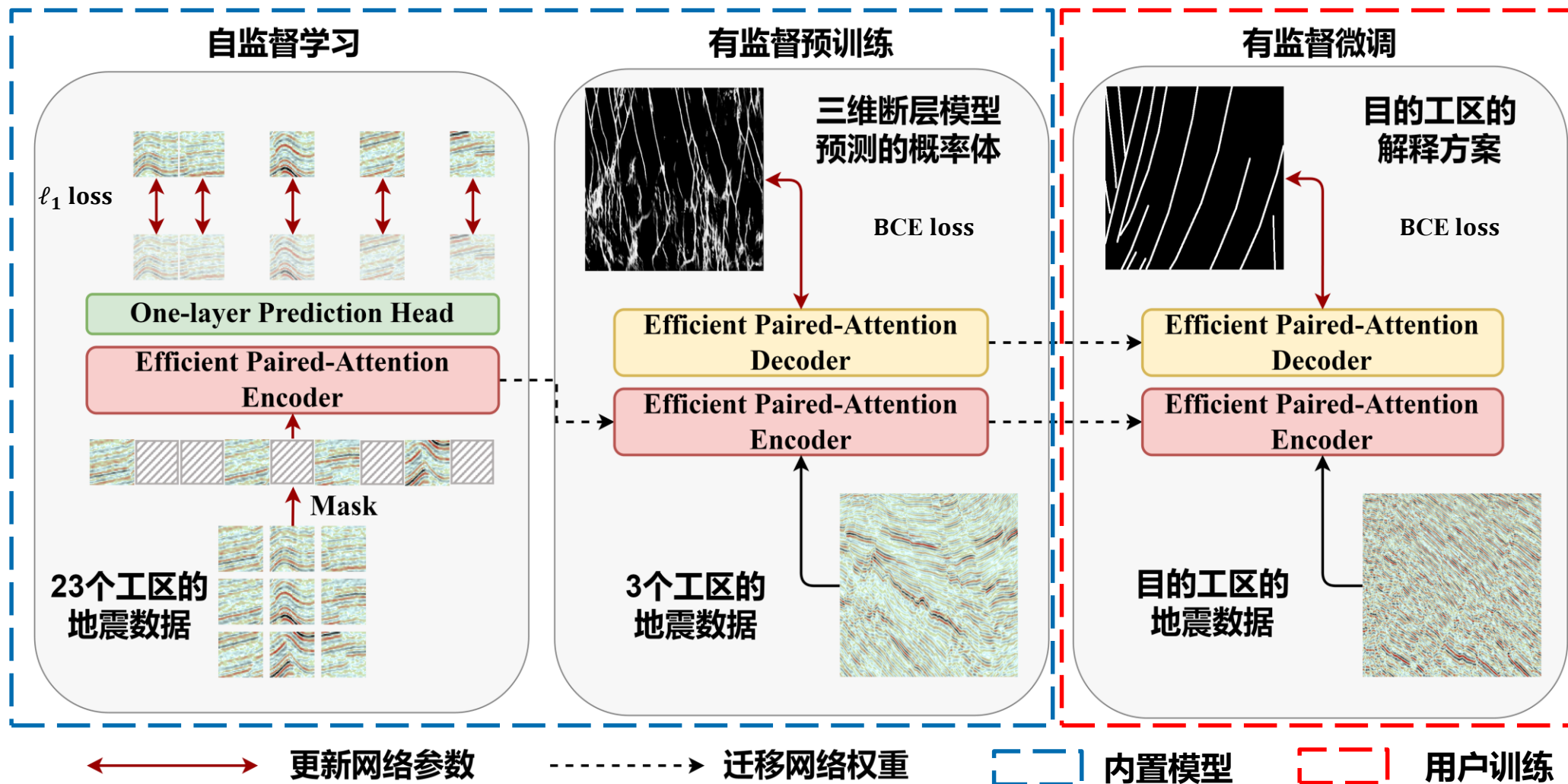
## ➤ 数据增广







## 自监督学习二维智能断层预测算法流程



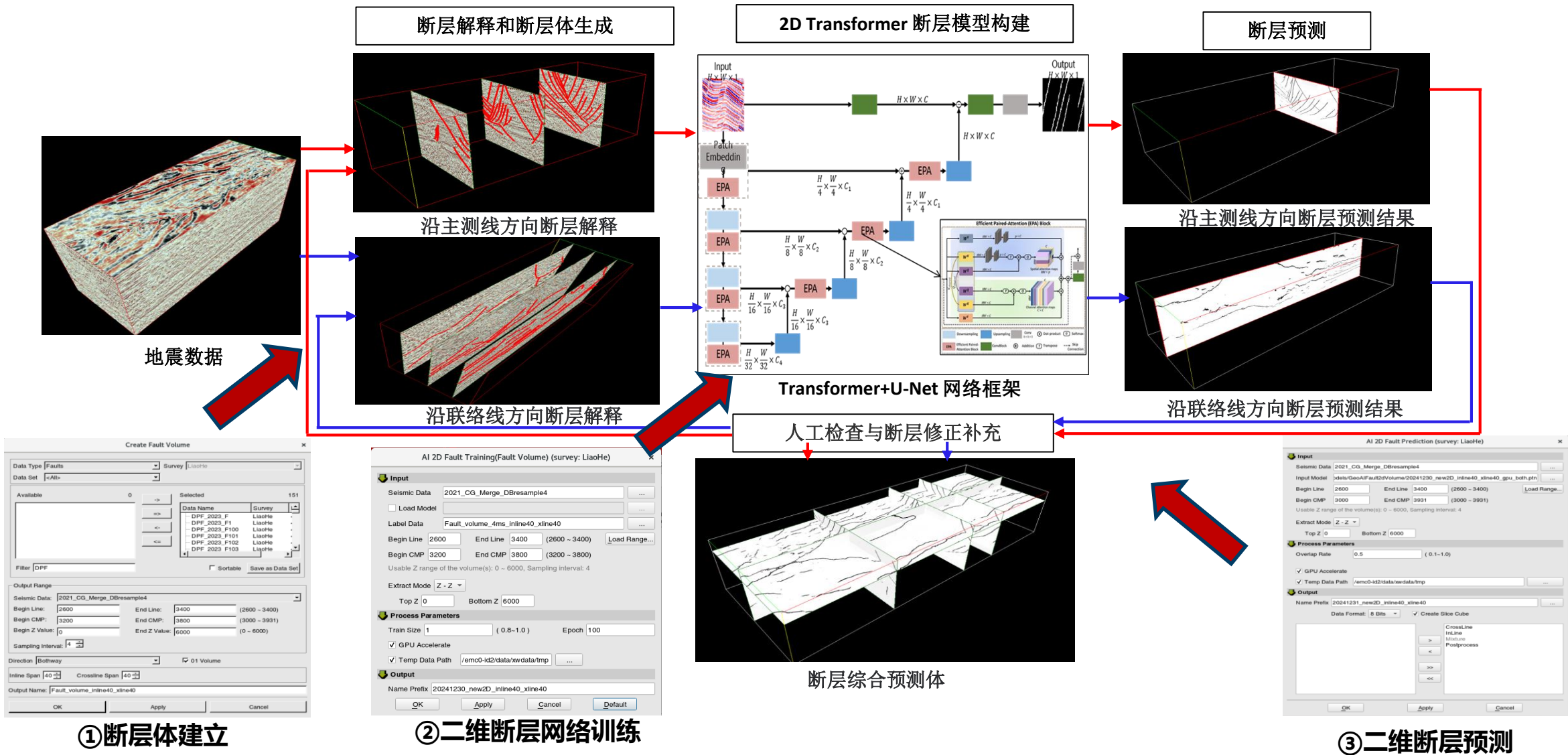








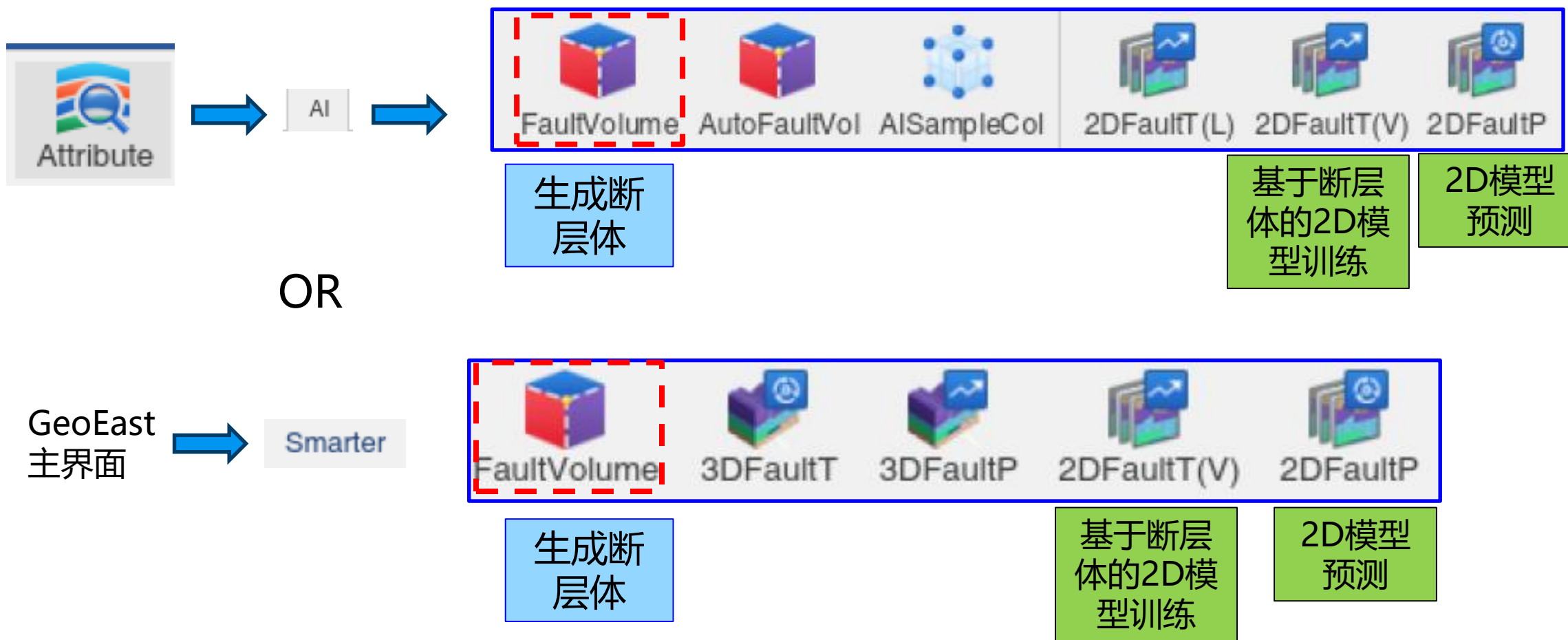
# 模块界面及参数 - 应用流程







# 模块界面及参数 – 断层体生成 – 启动位置





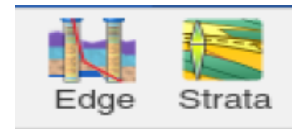


# 模块界面及参数 – 断层体生成 – 界面参数



将断层解释方案生成断层体，用于后续的样本建立。

也可以从这里提取



Example Set



Create Fault Volume...

Example Pick base on Volume...

Auto Example Pick base on Volume...

Auto Example Pick base on Fault...

Auto 3D Example Pick...

Select Example Set...

Select Geologicbody Label...

**Selected:**

选择用于生成断层体的断层。

**OutPut Range:**

利用已知数据体控制生成的断层体的范围。

**Direction:**

按照断层解释方案方向选取创建断层属性体的方向。

**Inline Span:** 生成断层体的Inline间隔

**Crossline Span:** 生成断层体的Crossline间隔

**01体:**

必须勾选01体，生成的断层属性体所有断层赋值为1背景为0。

Create Fault Volume (survey: ZG3D\_big) (on hw2c79-011)

**Input**

Data Type: Faults Survey: ZG3D\_big

Data Set: <All>

Available: 0 Selected: 163

Data Name	Survey	Data
ZG3D_F57-1	ZG3D_big	<All>
ZG3D_F6-1	ZG3D_big	<All>
ZG3D_F84	ZG3D_big	<All>
ZG3D_F84-1	ZG3D_big	<All>
ZG3d_F	ZG3D_big	<All>
ZG3d_F1	ZG3D_big	<All>
ZG3d_F100	ZG3D_big	<All>
ZG3d_F100_1	ZG3D_big	<All>
ZG3d_F101	ZG3D_big	<All>

Filter: ZG Sortable Save as Data Set

Volume: ZG3d\_PSTM\_CG\_0715

Begin Line: 2357 End Line: 4123 (2357 ~ 4123)

Begin CMP: 339 End CMP: 2120 (339 ~ 2120)

Usable Z range of the volume(s): 0 ~ 8000, Sampling interval: 4

Extract Mode: Z - Z

Top Z: 0 Bottom Z: 8000

**Process Parameters**

Sampling Interval: 4

Direction: Both ☒ 01 Volume

Inline Span: 1 Crossline Span: 1

**Output**

Name Prefix: Faultboth

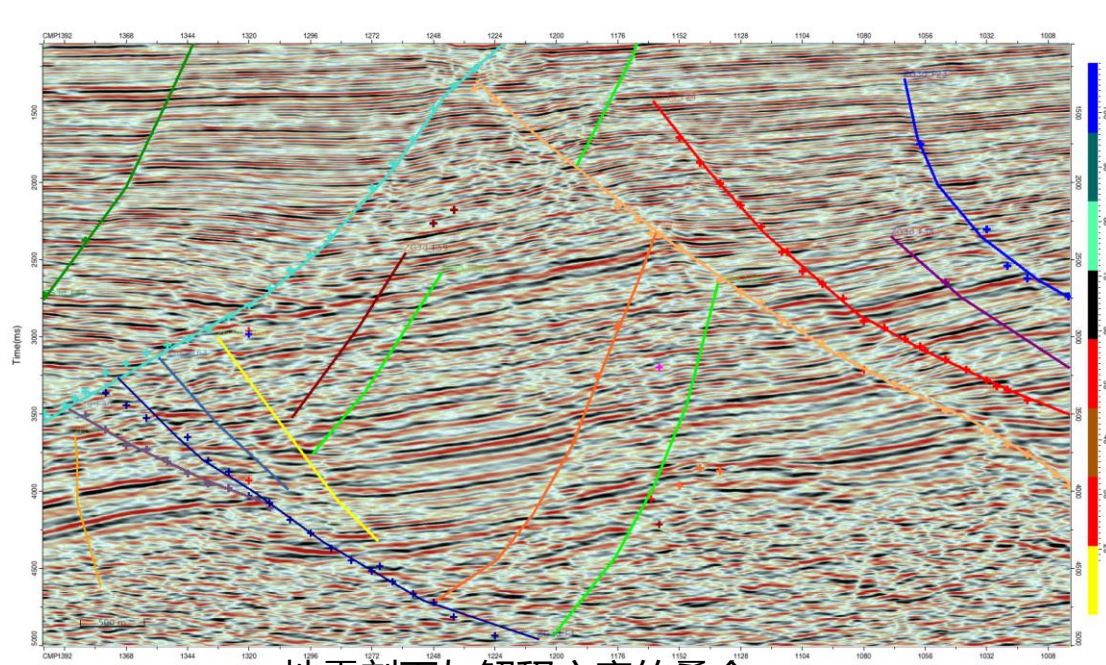
Data Format: 32 Bits ☒ Create Slice Cube

OK Apply Cancel

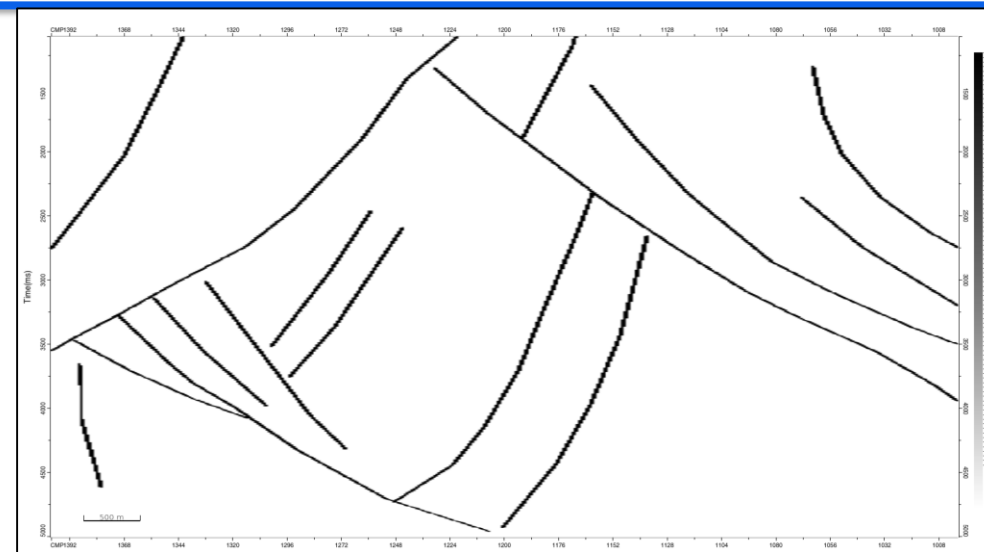




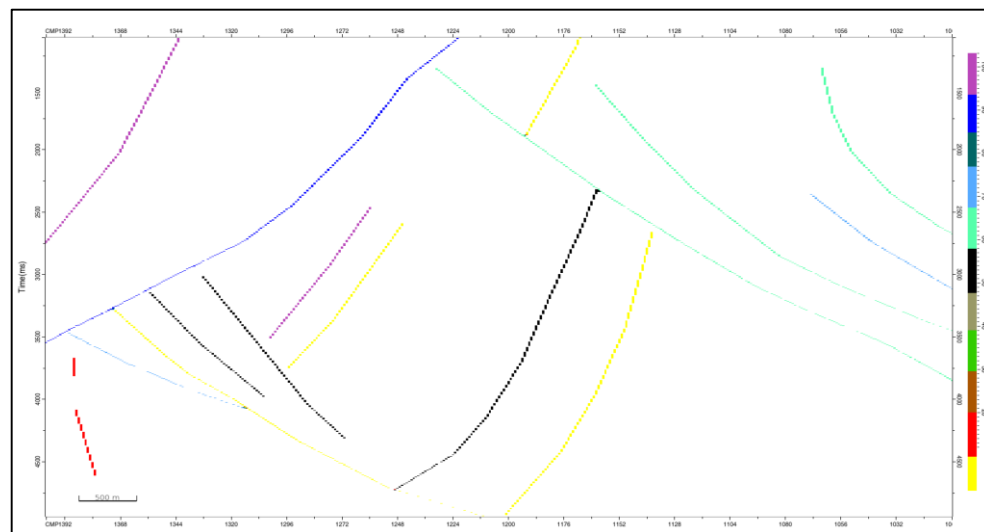
# 模块界面及参数 – 断层体生成 – 参数效果



地震剖面与解释方案的叠合



生成的断层体剖面 (选择01体)

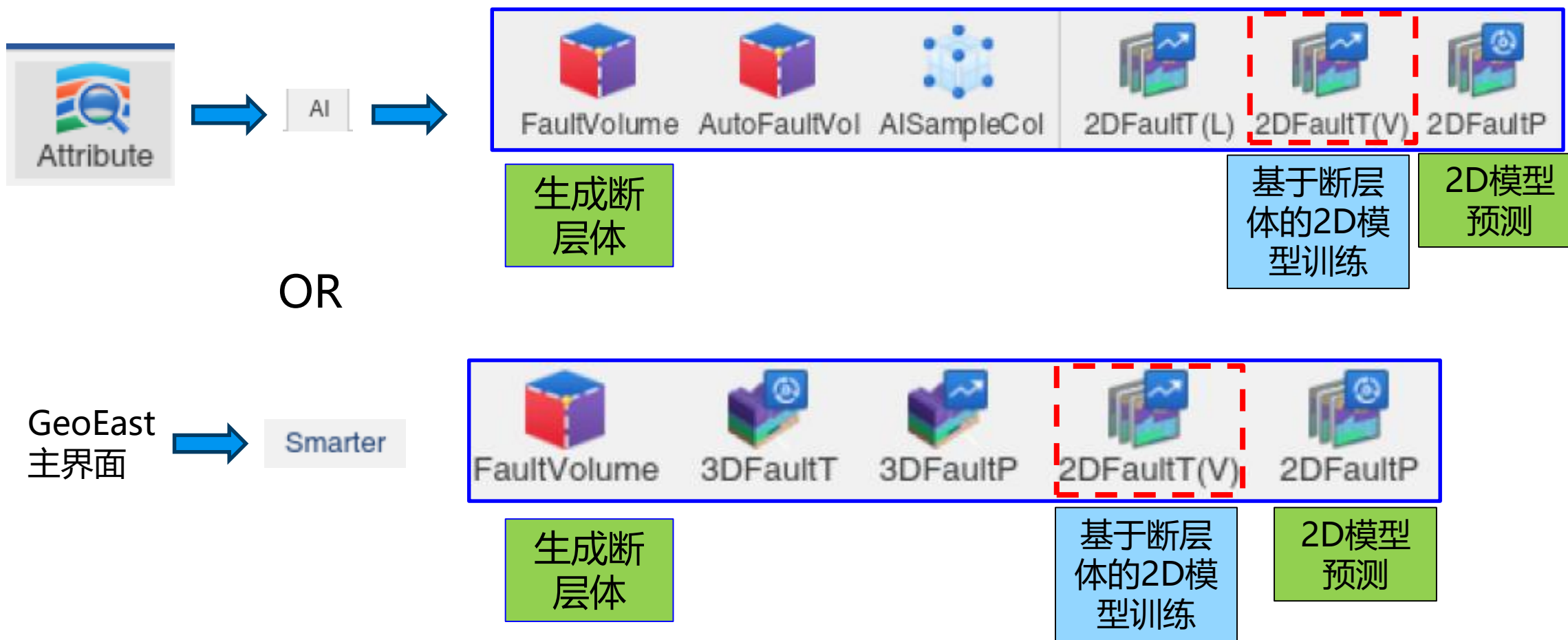


生成的断层体剖面 (不选择01体)





# 模块界面及参数 – 训练模块 – 启动位置







AI 2D Fault Training(Fault Volume) (survey: LiaoHe)

**Input**

Seismic Data: 2021\_CG\_Merge\_DBresample4

☐ Load Model

Label Data: Fault\_volume\_4ms\_inline40\_xline40

Begin Line: 2600 End Line: 3400 (2600 ~ 3400) Load Range...

Begin CMP: 3200 End CMP: 3800 (3200 ~ 3800)

Usable Z range of the volume(s): 0 ~ 6000, Sampling interval: 4

Extract Mode: Z - Z

Top Z: 0 Bottom Z: 6000

**Process Parameters**

Train Size: 1 (0.8~1.0) Epoch: 100

☒ GPU Accelerate

☒ Temp Data Path: /emc0-id2/data/xwdata/tmp

**Output**

Name Prefix: 20241230\_new2D\_inline40\_xline40

OK Apply Cancel Default

## 输入:

**Seismic Data :** 输入地震数据

**Load Model :** 加载网络模型 (可选) , 不勾选则采用内置的默认预训练权重

**Label Data :** 解释断层生成的断层体

根据生成的断层体, 程序内部自动决定是沿着inline、xline方向或者两个方向都进行训练, 内部自动切割地震与断层标签组成样本, 输入大小512\*512。

## 处理参数:

**Train Size:** 训练样本占训练数据集的比例, 建议为1

**Epoch:** 迭代次数 (内部会自动计算一个合适的值, 外部和内部将会取最大值)

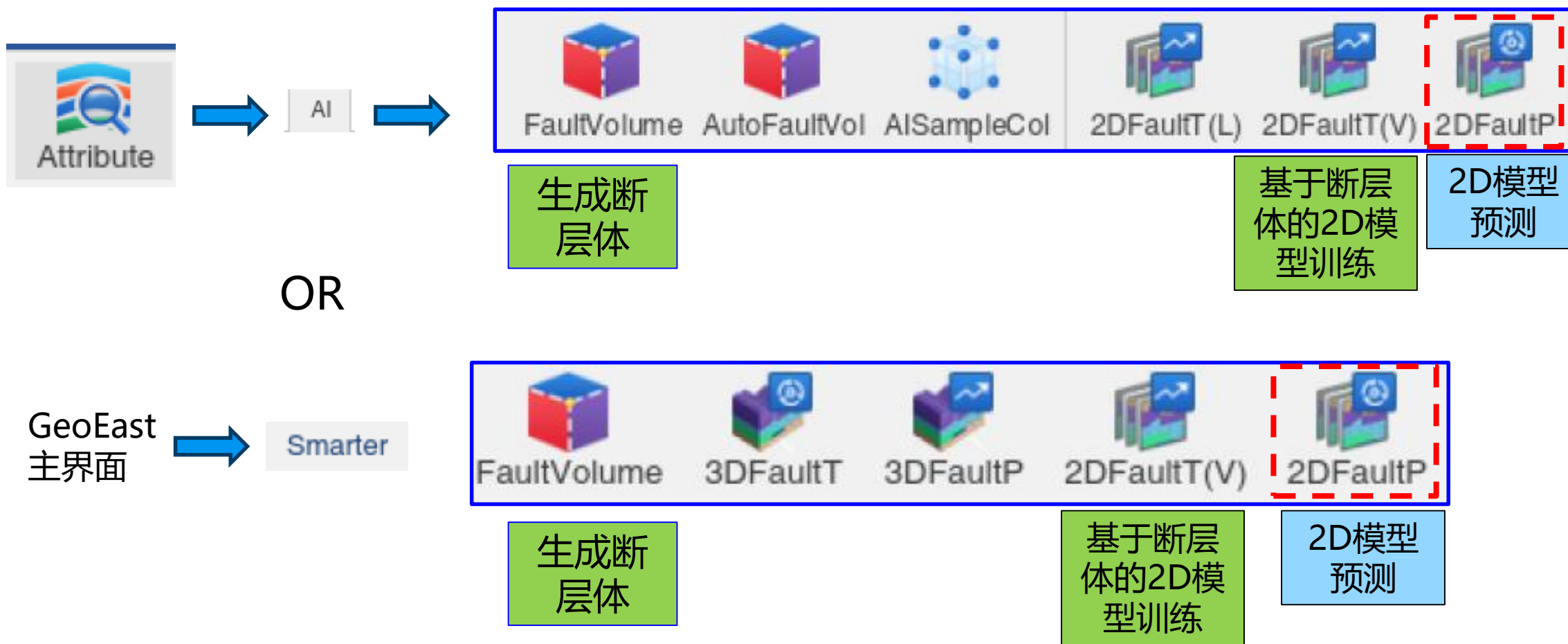
## 输出:

**Name Prefix:** 模型名字的前缀 (输出后的文件名是前缀+\_gpu.ptn)





# 模块界面及参数 – 预测模块 – 启动位置







# 模块界面及参数 – 预测模块 – 界面参数



AI 2D Fault Prediction (survey: ZG3D\_big) (on inspur3-20)

**Input**

Seismic Data: ZG3d\_PSTM\_CG\_0715

Input Model: It\_Prediction/ZG3D\_big/ai\_models/GeoAIFault2dVolume/1225pz\_gpu\_both.ptn

Begin Line: 2357 End Line: 4123 (2357 ~ 4123) Load Range...

Begin CMP: 339 End CMP: 2120 (339 ~ 2120)

Usable Z range of the volume(s): 0 ~ 8000, Sampling interval: 4

Extract Mode: Z - Z

Top Z: 0 Bottom Z: 8000

**Process Parameters**

Overlap Rate: 0.25 (0.1~1.0)

☒ GPU Accelerate

☒ Temp Data Path: /d0/data/NGP/data/Session

**Output**

Name Prefix: 1225pz

Data Format: 32 Bits ☒ Create Slice Cube

CrossLine InLine

Mixture

> < >> <<

OK Apply Cancel

## 输入:

**Seismic Data :** 输入地震数据 (最好跟训练的数据体一致)

**Input Model :** 训练后的模型, 位于  
ai\_models/GeoAIFault2dVolume下

## 处理参数:

**Overlap:** 预测过程的预测尺寸的重叠率, 使用0.25即可

**GPU Acceleration :** 是否采用GPU加速训练

## 输出:

**Inline:** 沿着inline方向预测的结果 (可选) , 如果训练时候选择的断层体或者拾取的标签只有xline方向, 则该方向没有预测结果

**Crossline:** 沿着Crossline方向预测的结果 (可选) , 如果训练时候选择的断层体或拾取的标签只有inline方向, 则该方向没有预测结果

**Mixture:** 二者融合 (后处理) 结果, 该结果是必须输出的





# 模块界面及参数 – 预测模块 – 模型选择位置



**AI 2D Fault Prediction (survey: ZG3D\_big) (on inspur3-20)**

**Input**

Seismic Data: ZG3d\_PSTM\_CG\_0715

Input Model: t\_Prediction/ZG3D\_big/ai\_models/GeoAIFault2dVolume/1225pz\_gpu\_both.ptn ... **①**

Begin Line: 2357 End Line: 4123 (2357 ~ 4123) Load Range...

Begin CMP: 339 End CMP: 2120 (339 ~ 2120)

Usable Z range of the volume(s): 0 ~ 8000, Sampling interval: 4

Extract Mode: Z - Z

Top Z: 0 Bottom Z: 8000

**Process Parameters**

Overlap Rate: 0.25 (0.1~1.0)

☒ GPU Accelerate

☒ Temp Data Path: /d0/data/NGP/data/Session

**Output**

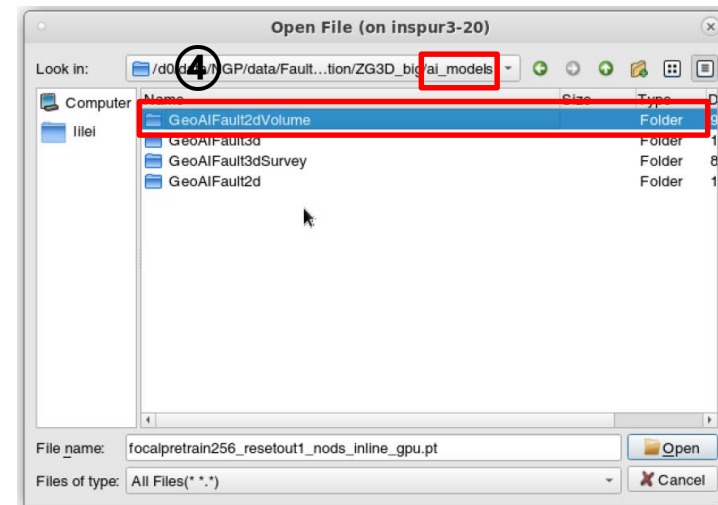
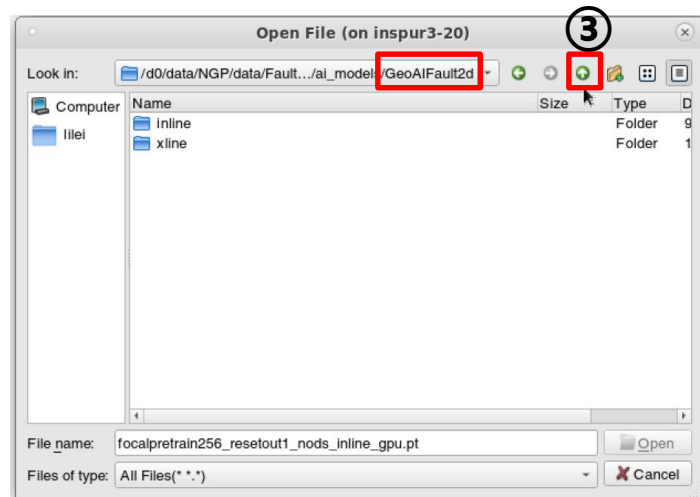
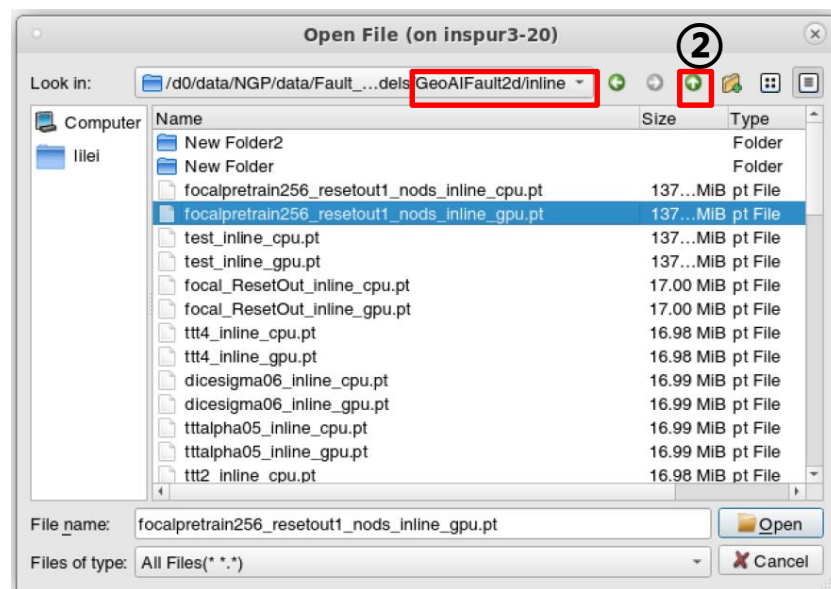
Name Prefix: 1225pz

Data Format: 32 Bits ☒ Create Slice Cube

CrossLine InLine Mixture

> < >> <<

OK Apply Cancel



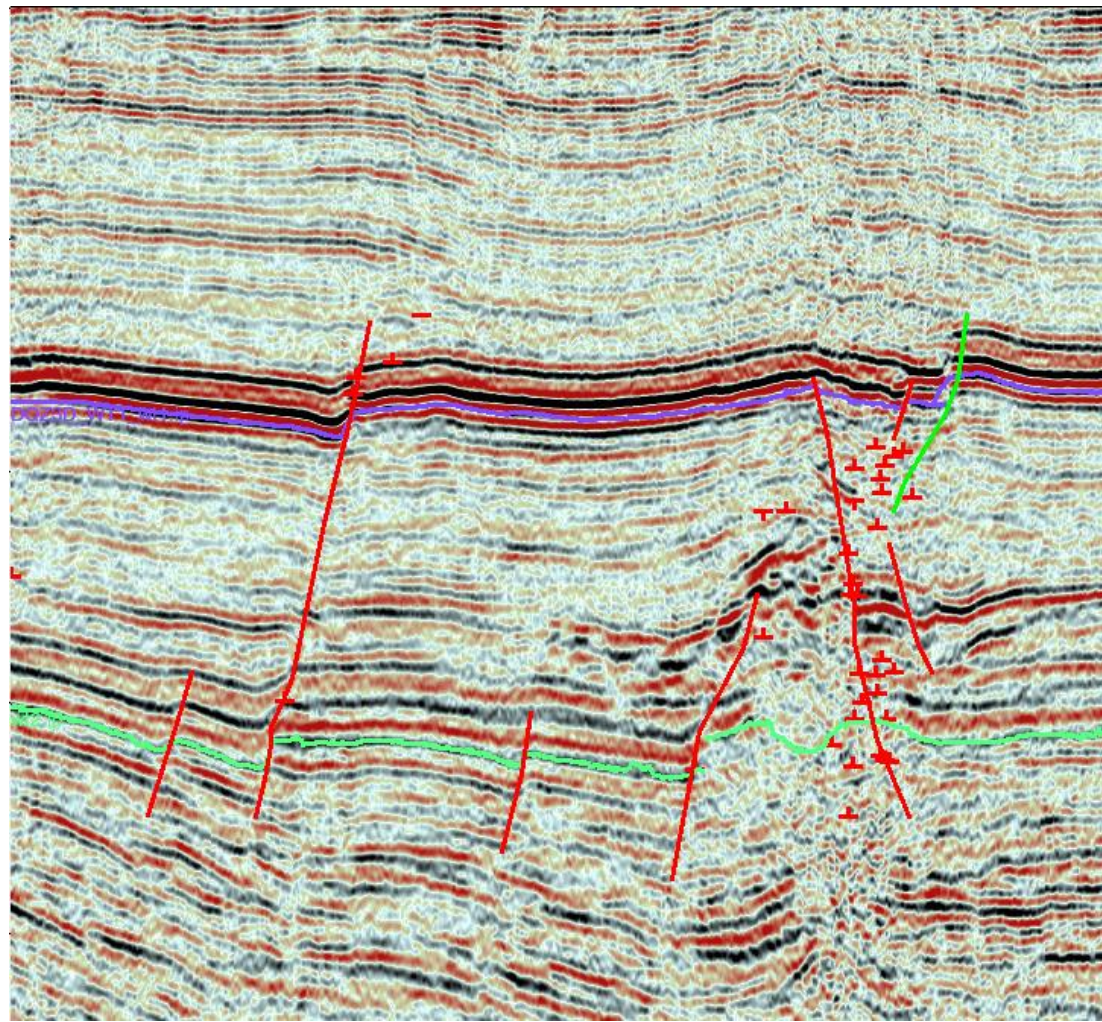
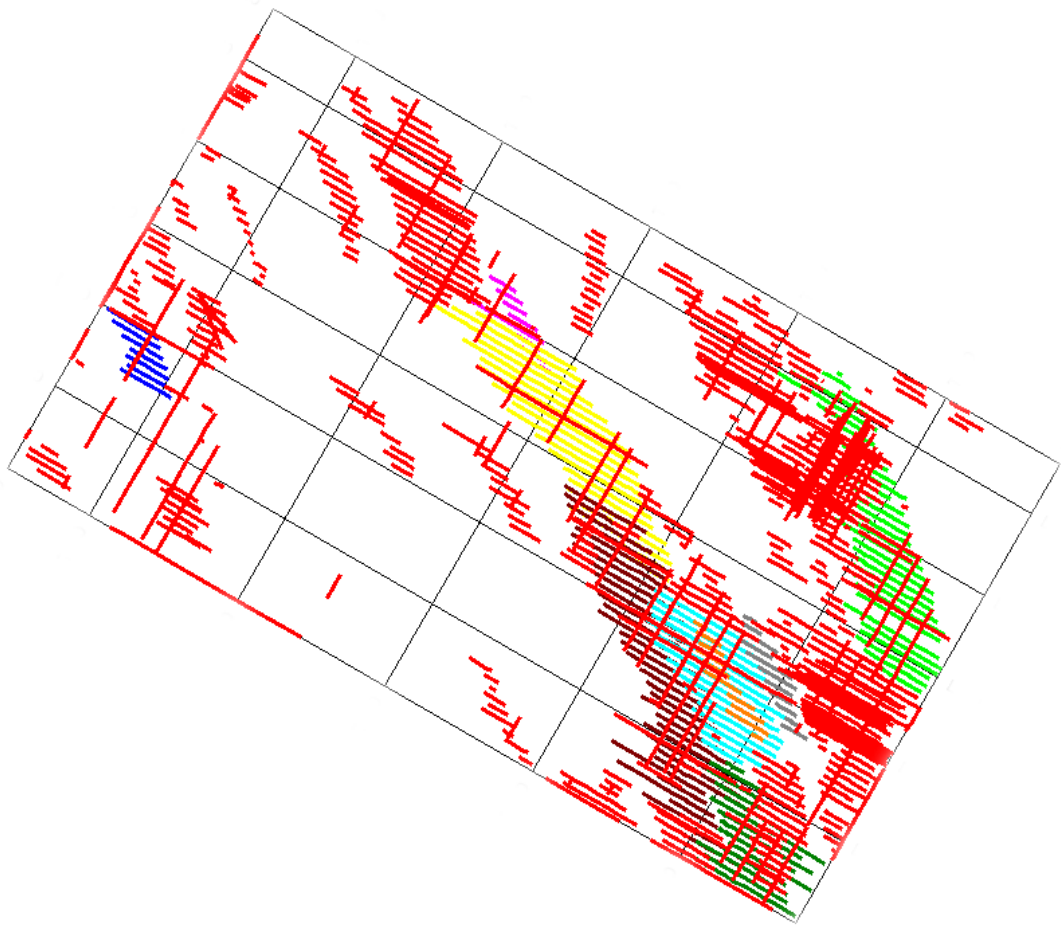




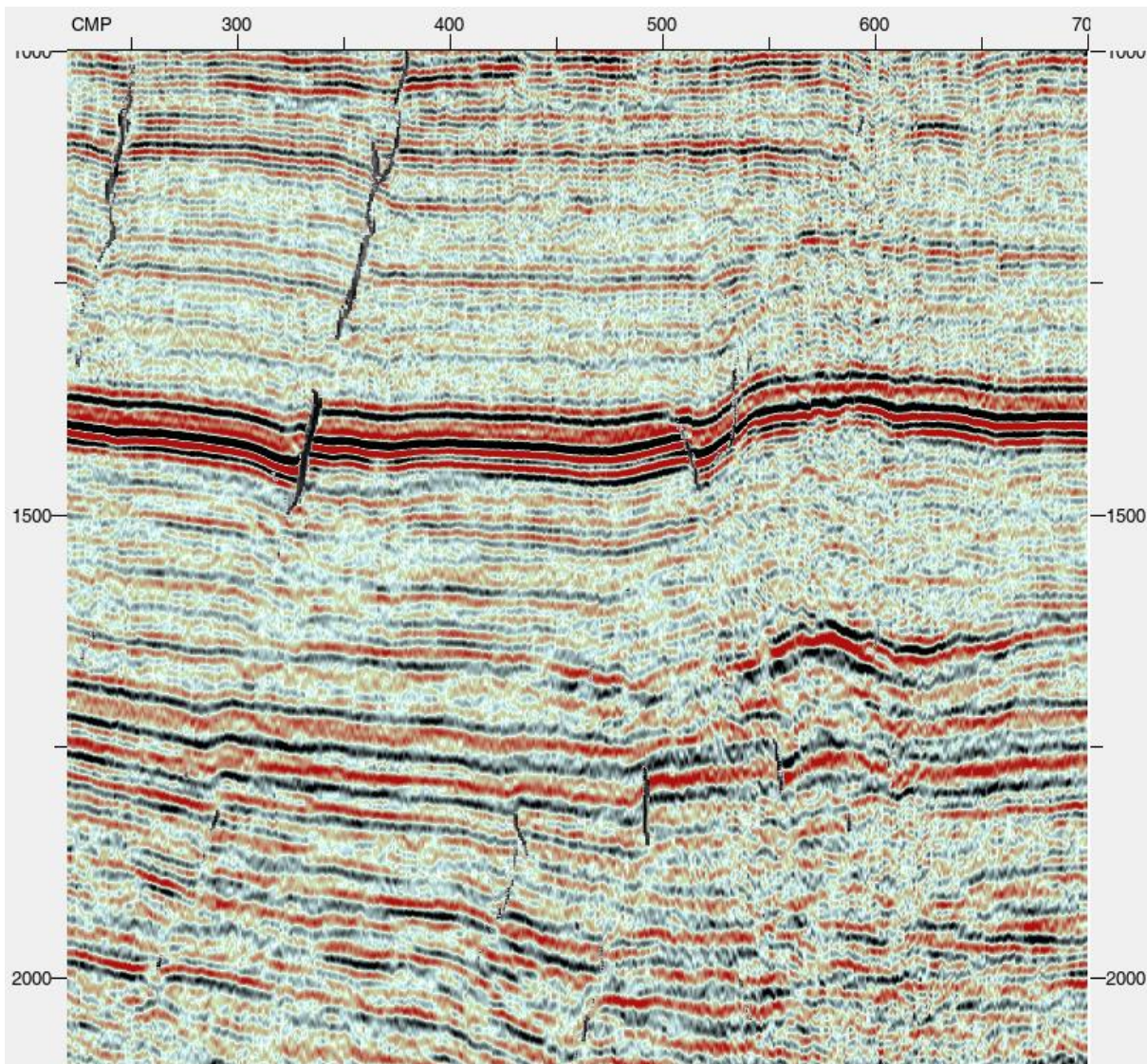




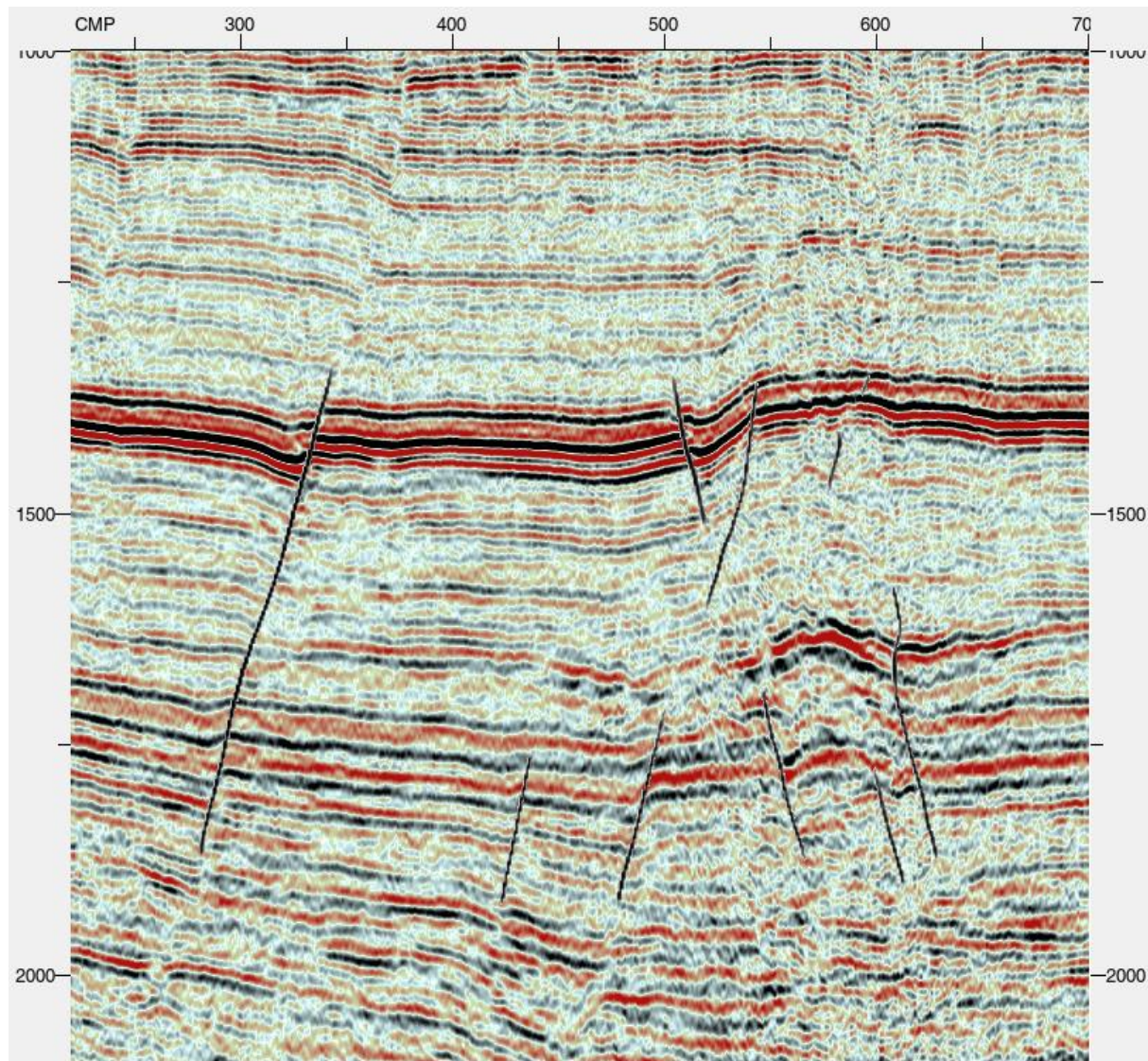
- 在该工区的应用中，使用了所有断层解释方案来训练二维断层模型，并对整个工区进行预测。





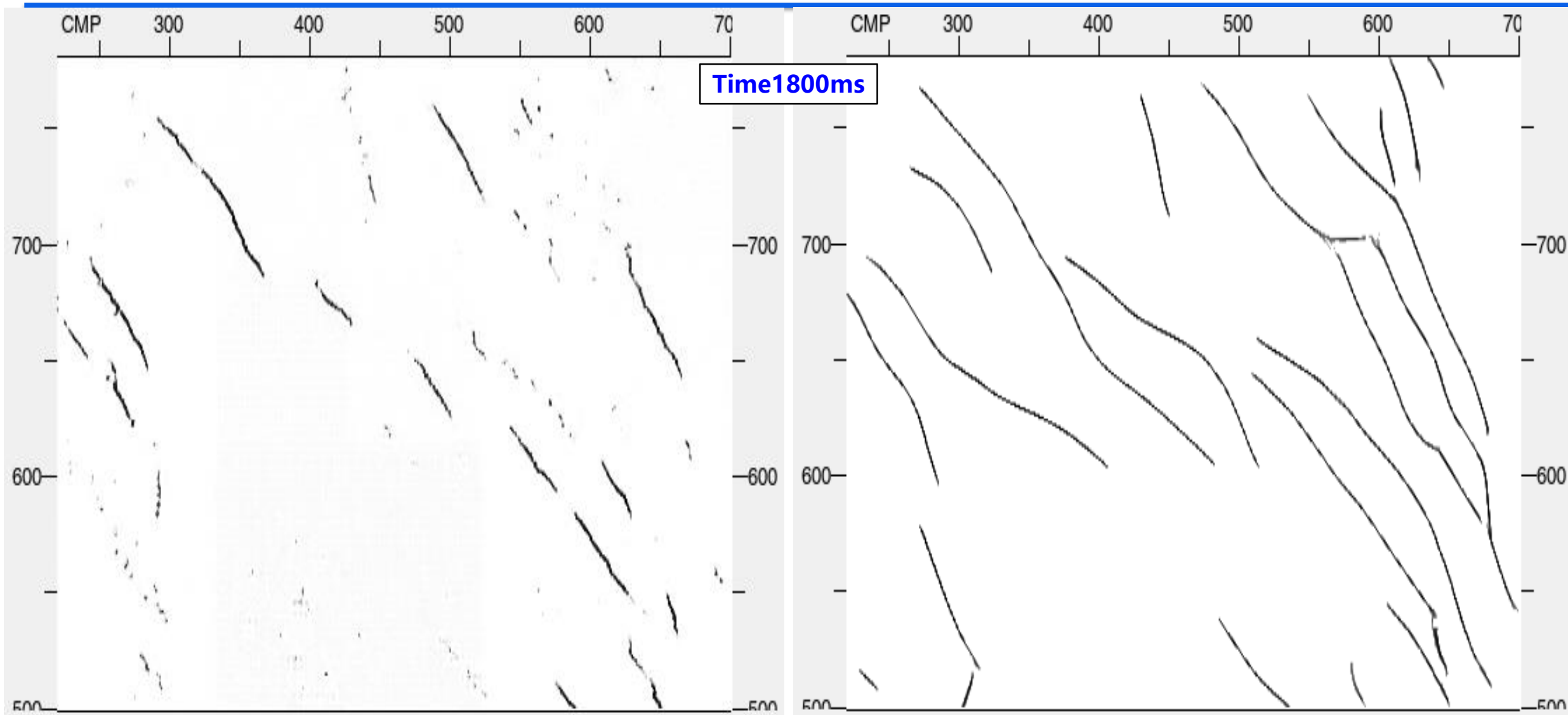


4.3版本二维算法预测结果



4.4版本二维算法预测结果





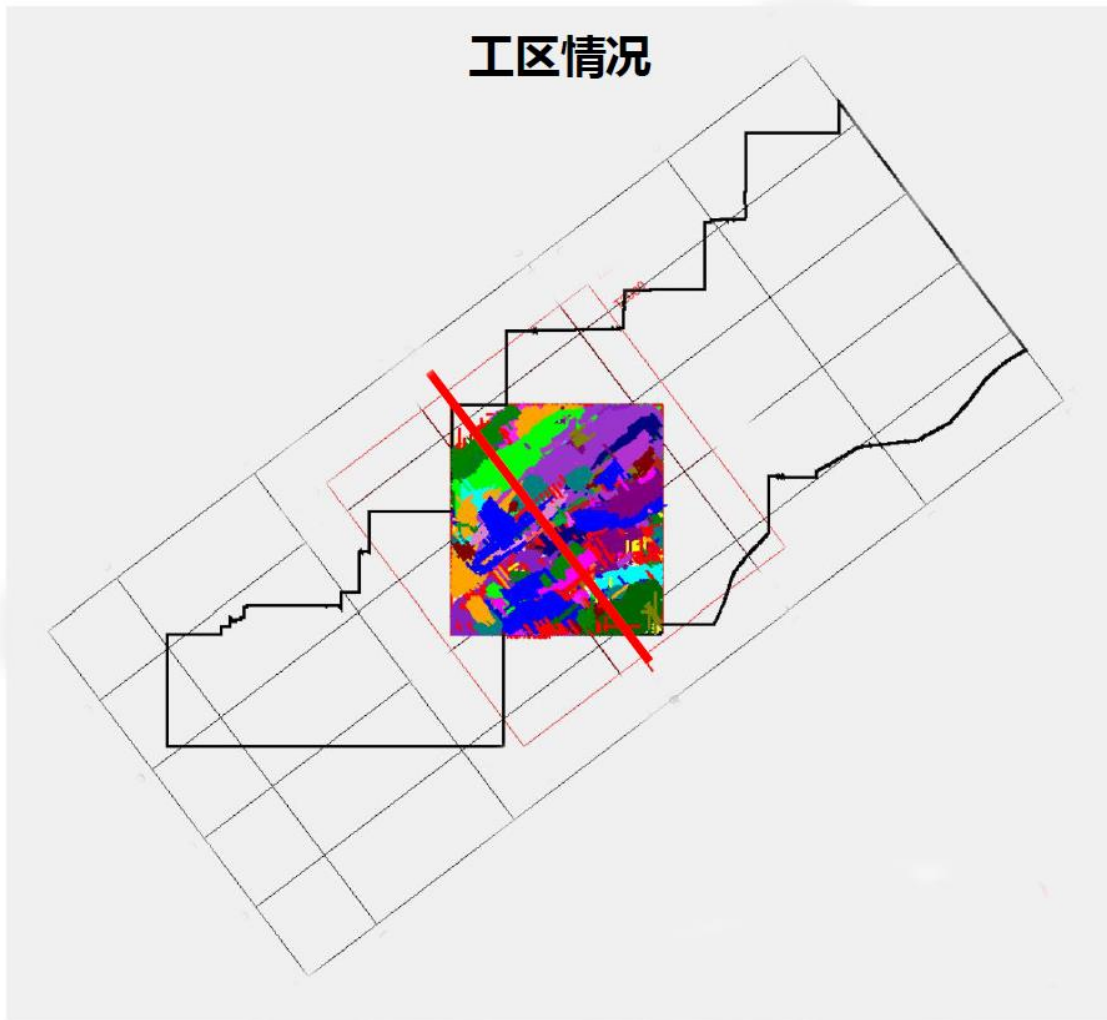
4.3版本二维算法预测结果

4.4版本二维算法预测结果

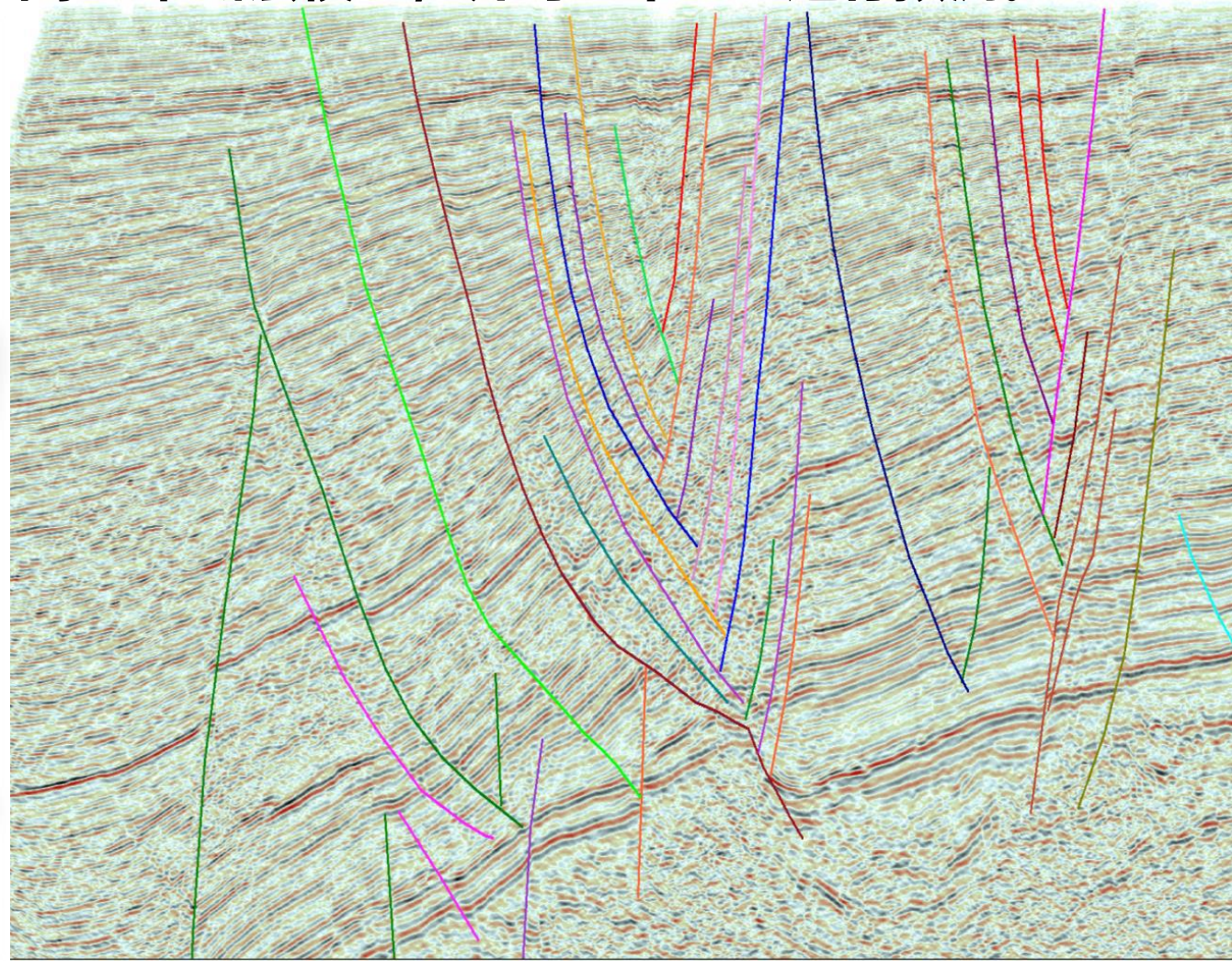




- 采用密度为**40X40**的断层解释方案训练二维断层模型，并对整个工区进行预测。



工区情况 (解释方案8\*8)

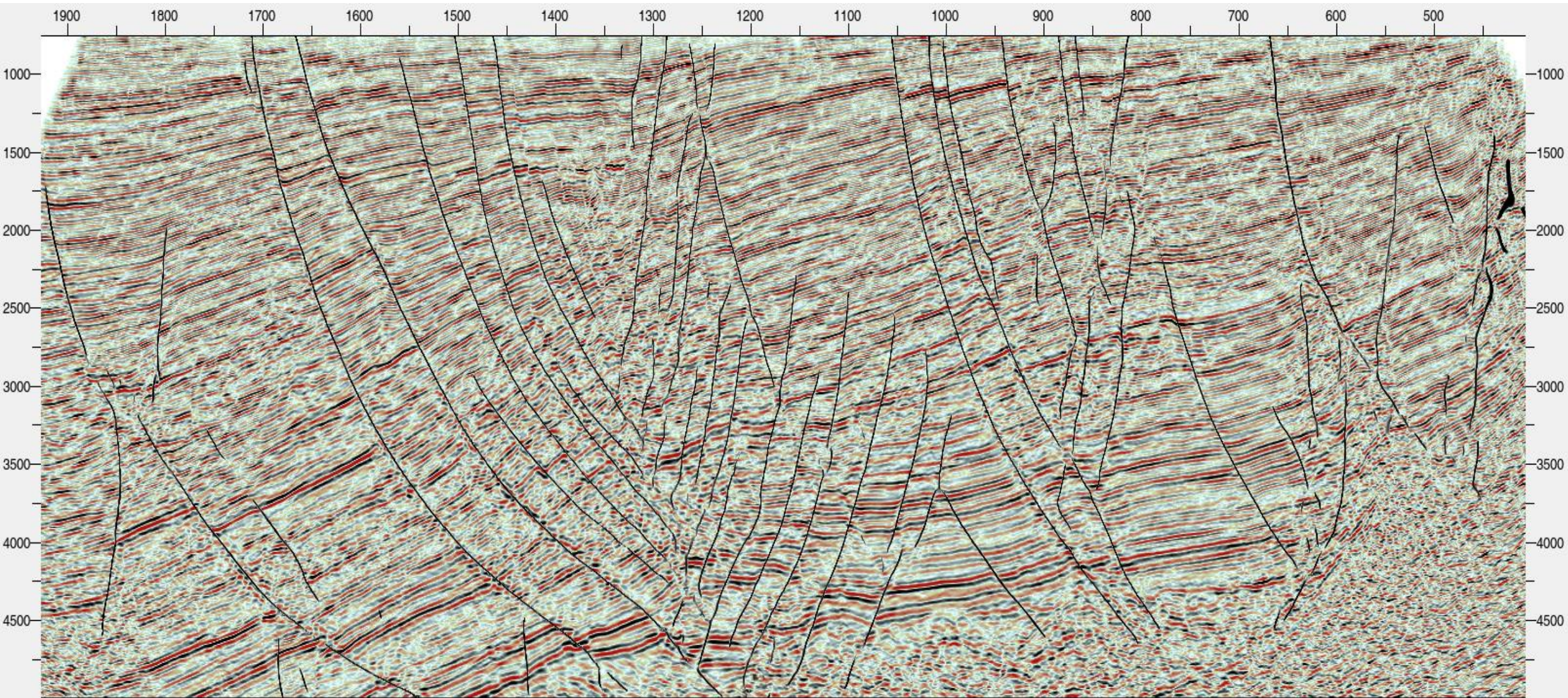


地震剖面 (花状断层)





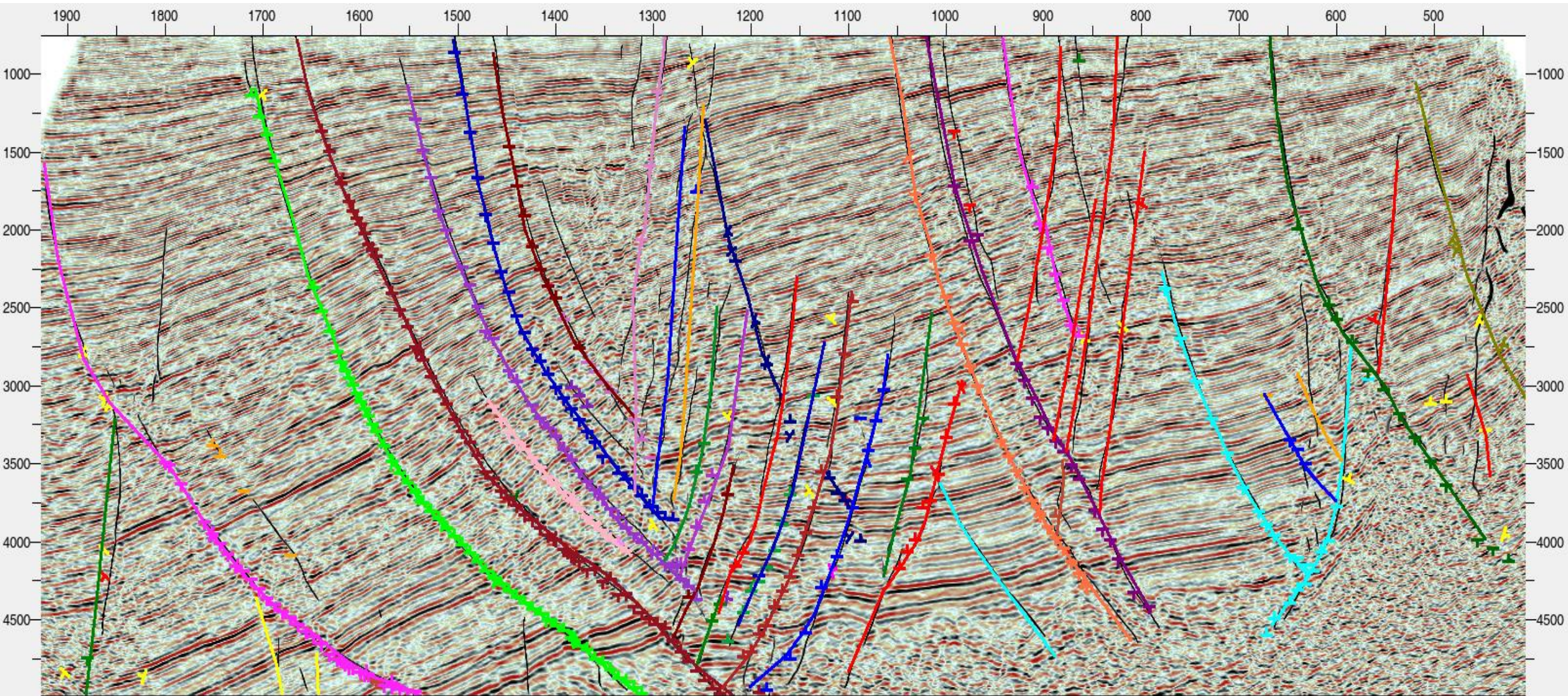
## 应用案例 – 东部某工区







# 应用案例 – 东部某工区

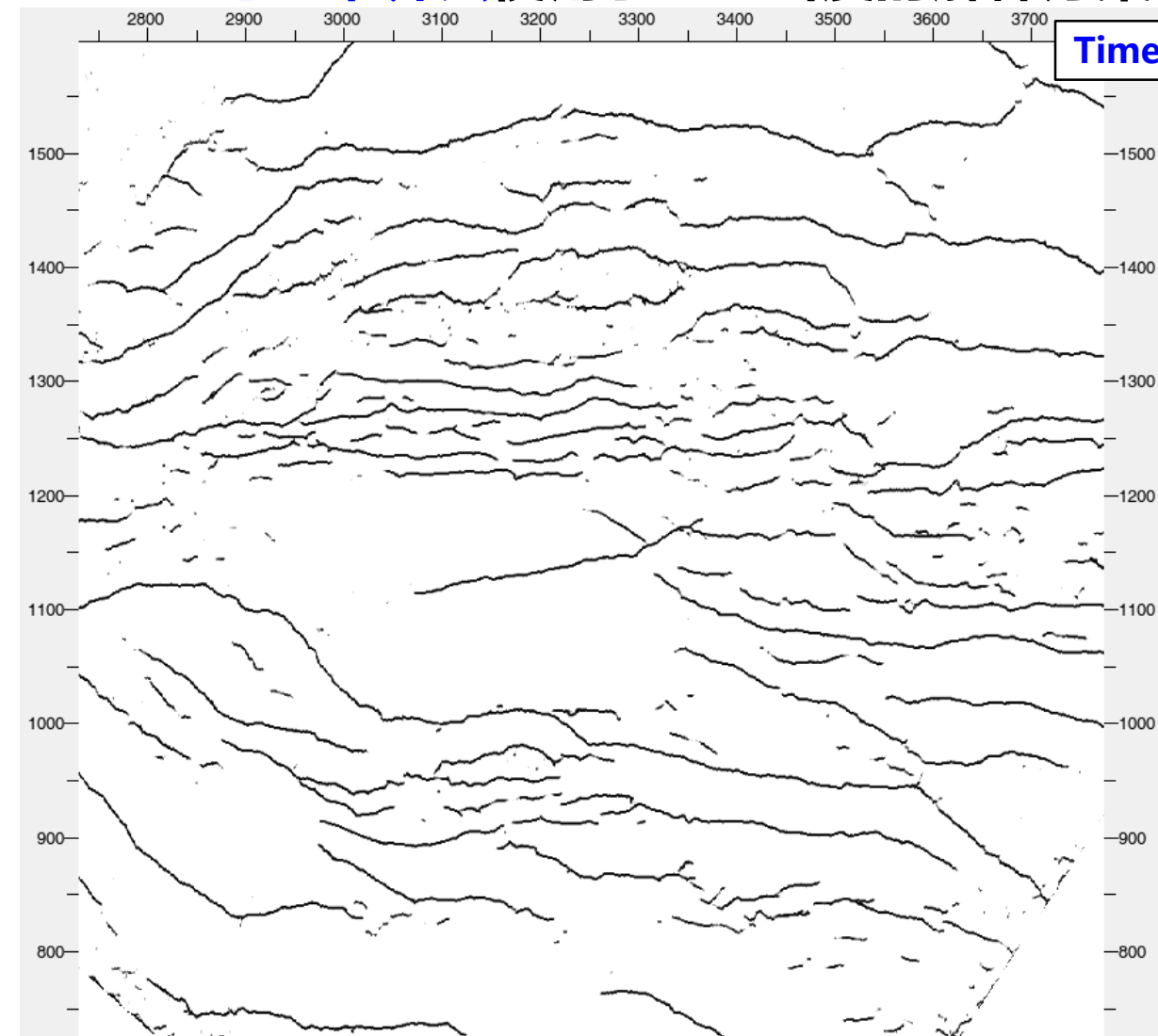




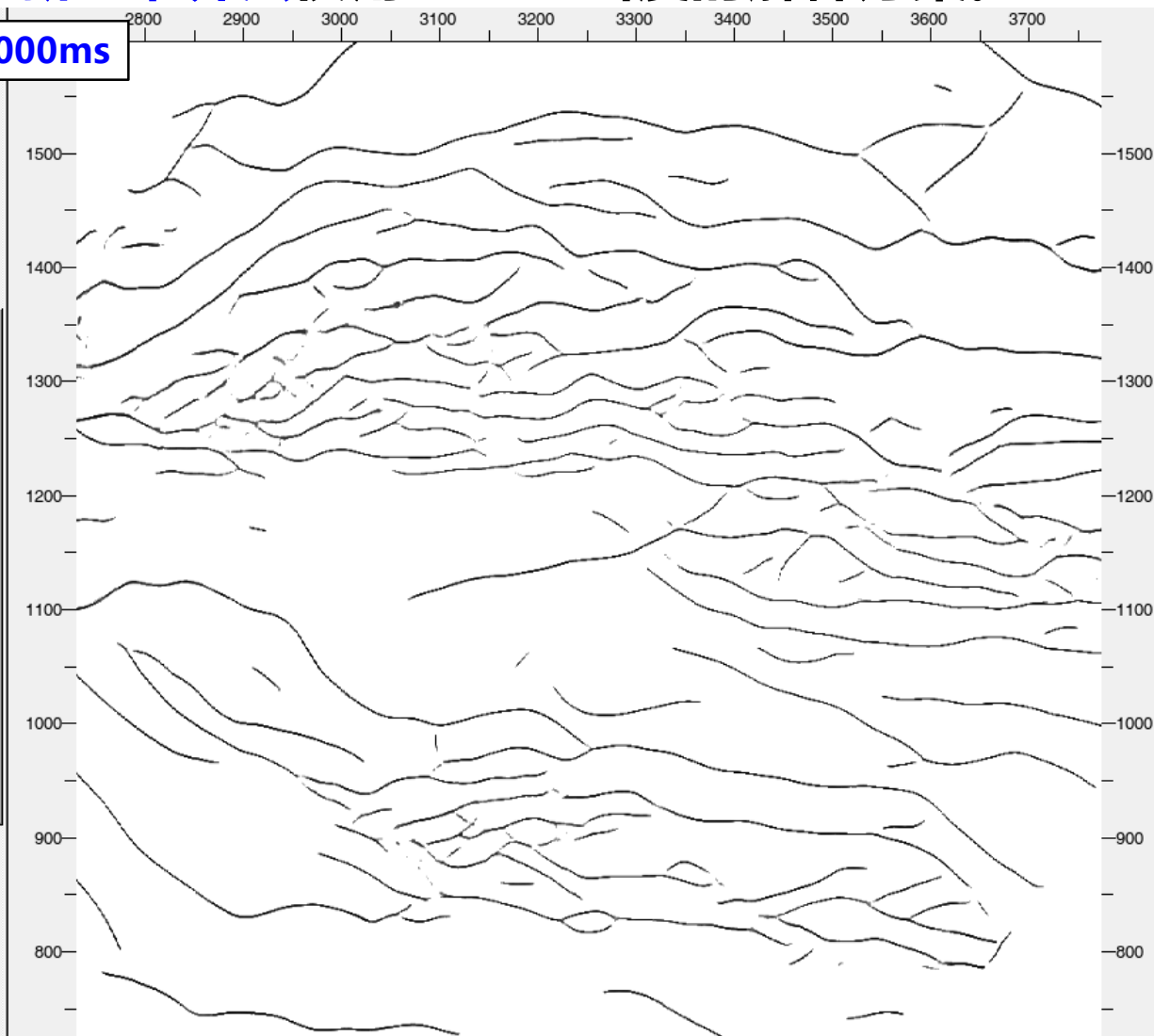


➤ **老二维算法使用了 $8\times 8$ 密度的解释方案，新二维算法仅用 $40\times 40$ 密度的解释方案。**

Time3000ms



4.3版本二维算法预测结果

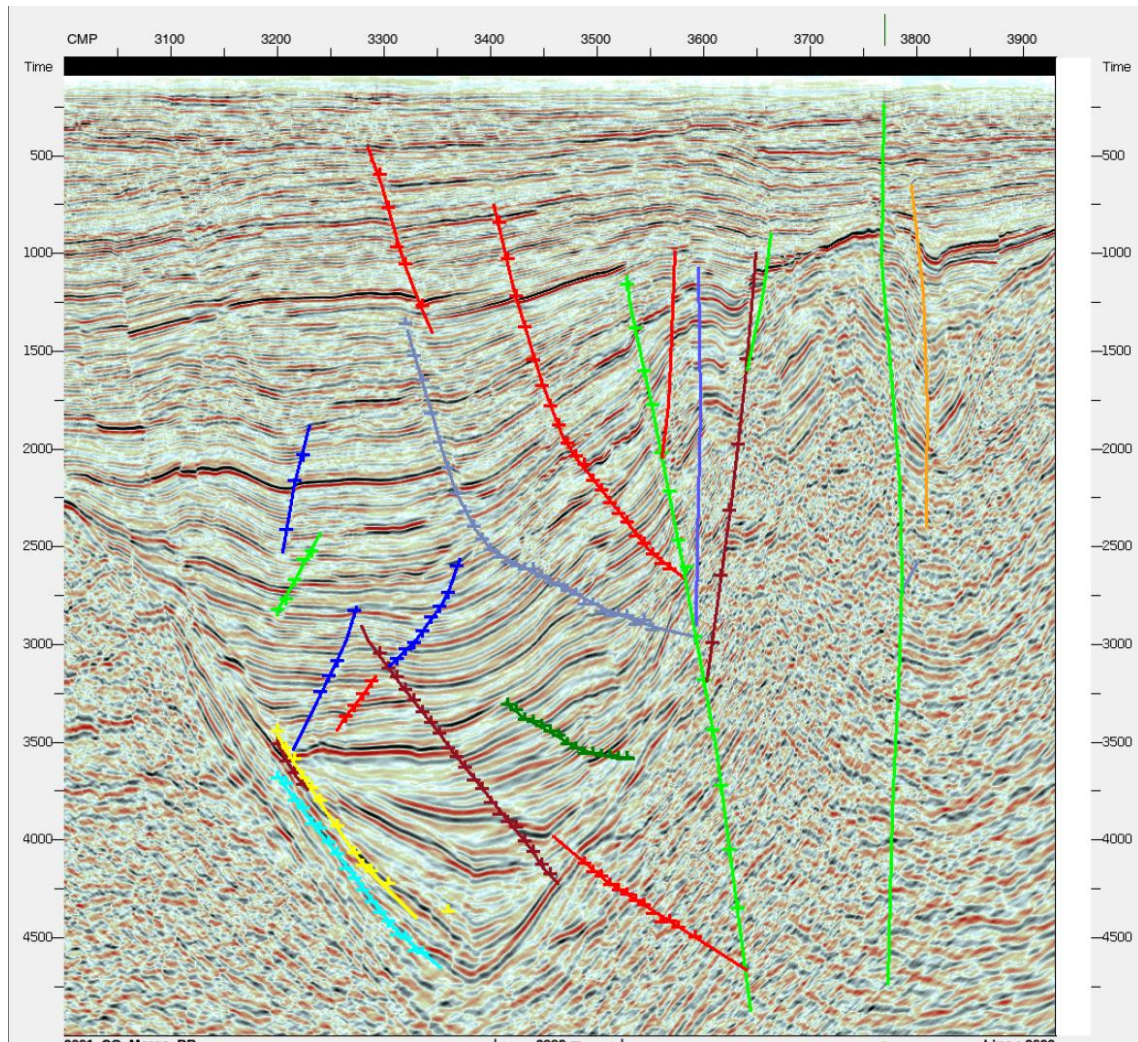


4.4版本二维算法预测结果

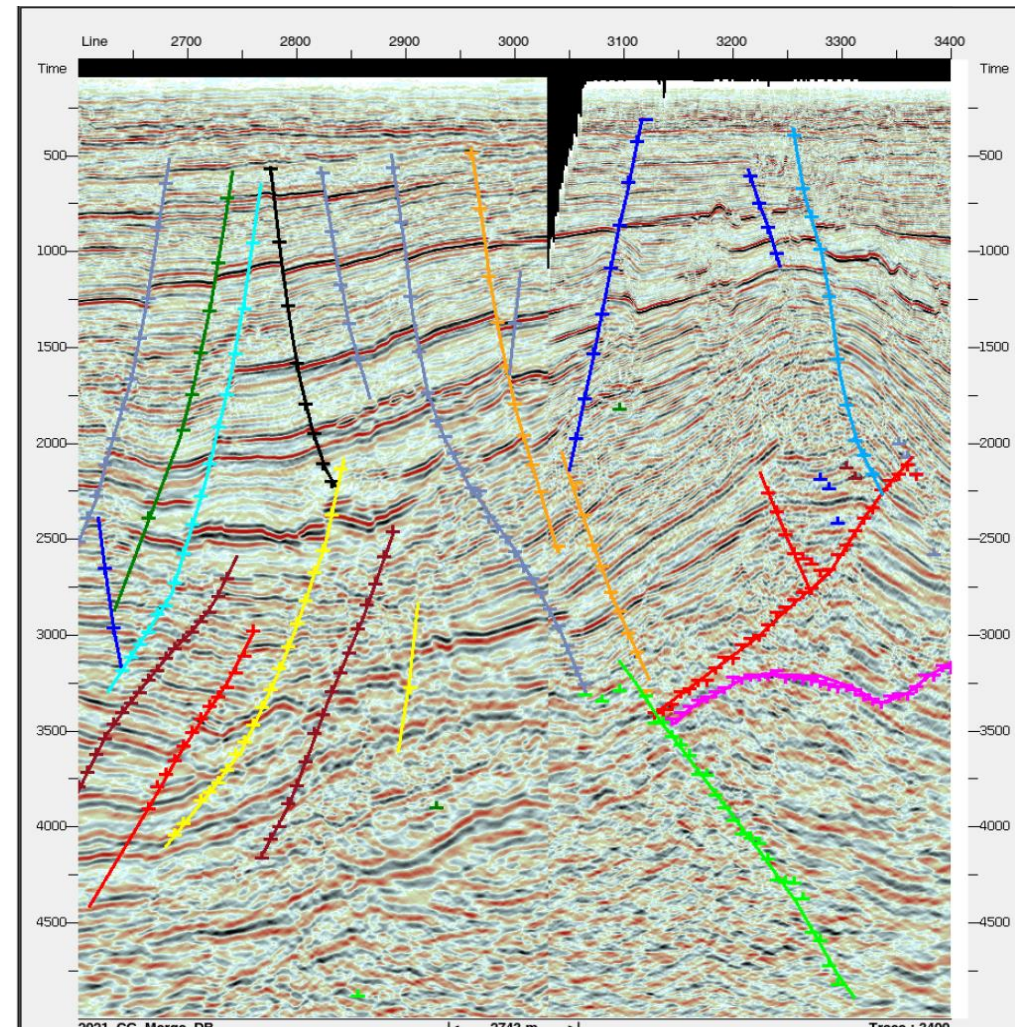




# 应用案例 – 东部某工区



Inline方向

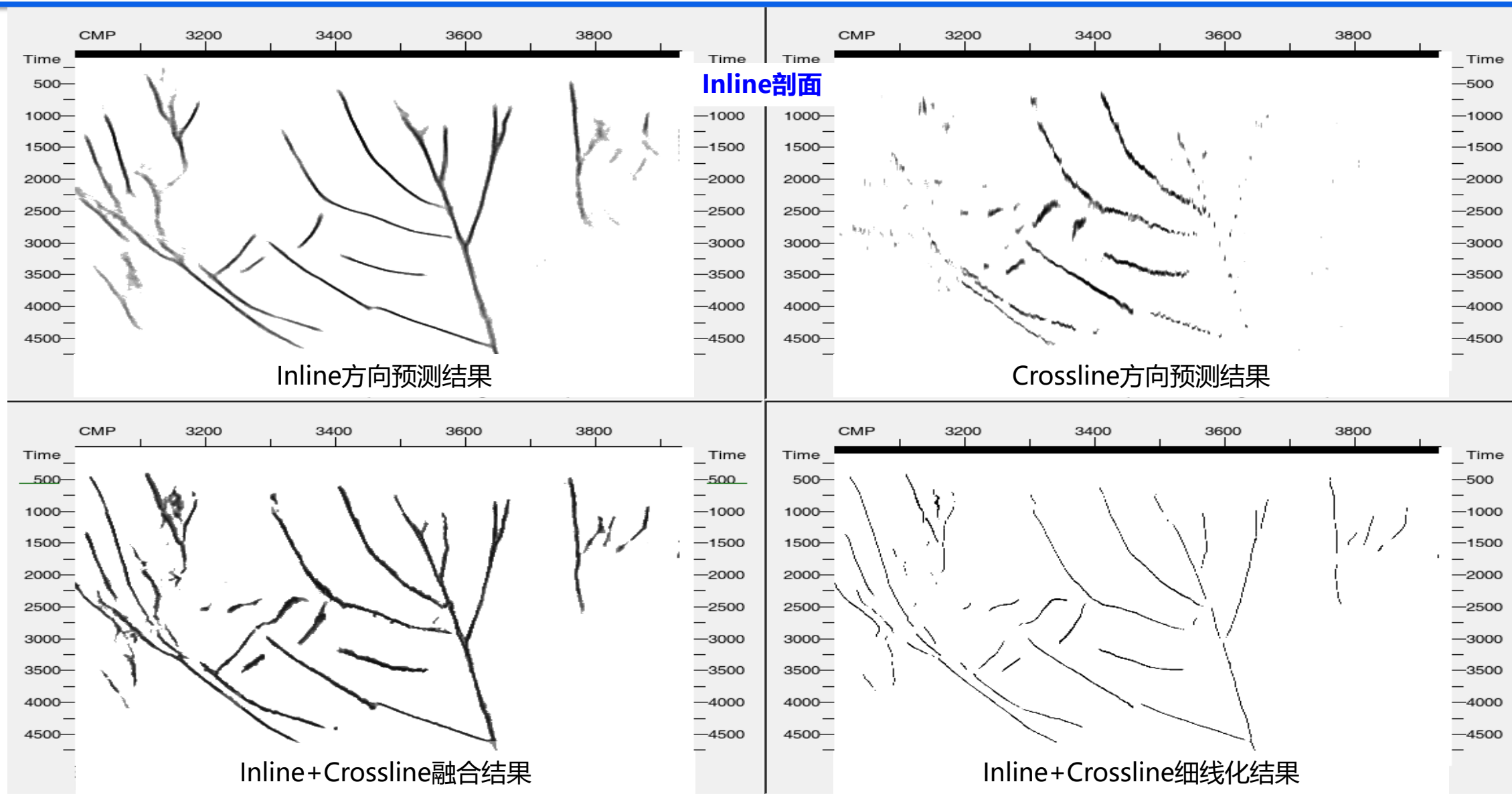


Crossline方向





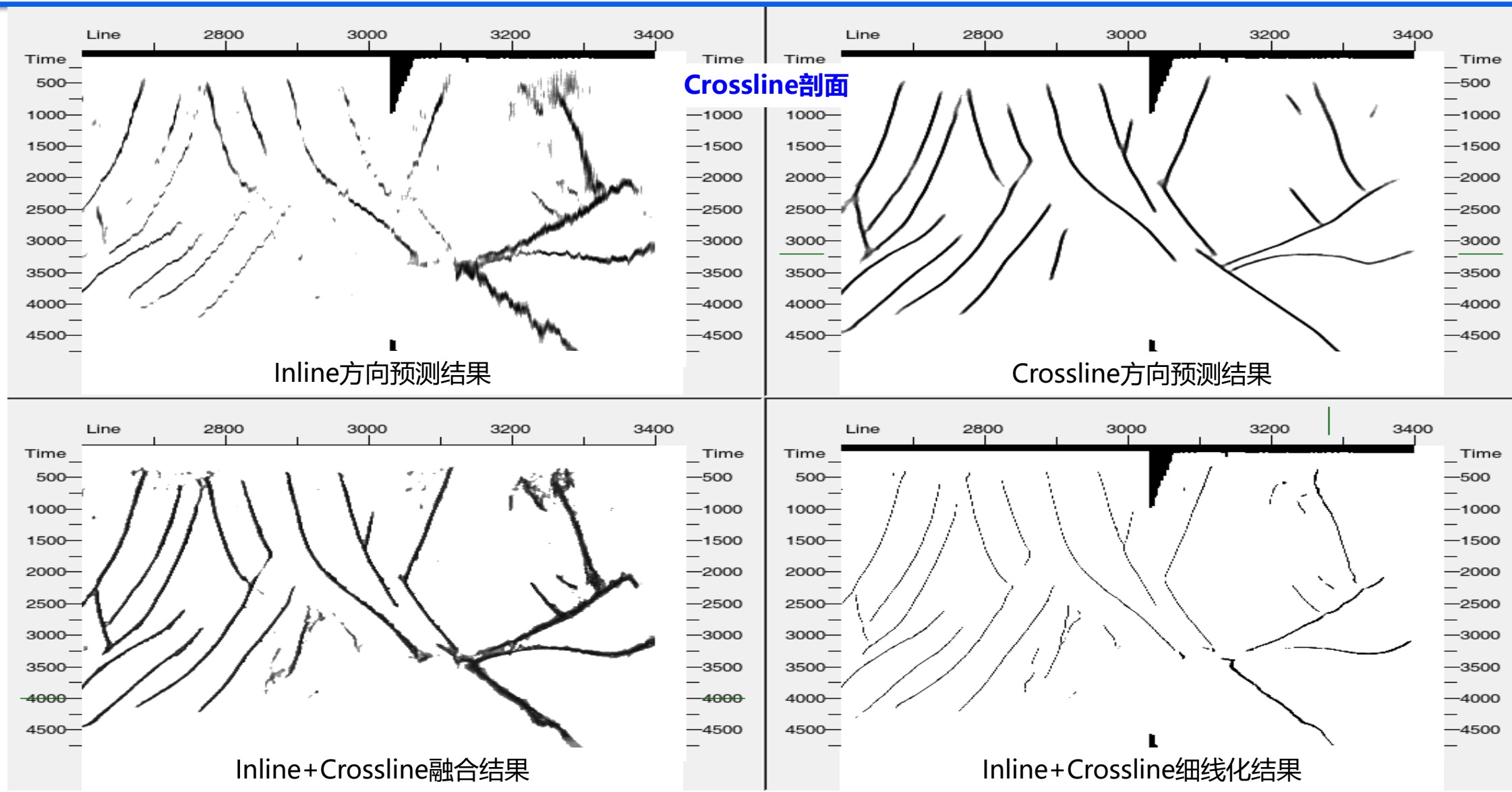
# 应用案例 – 东部某工区







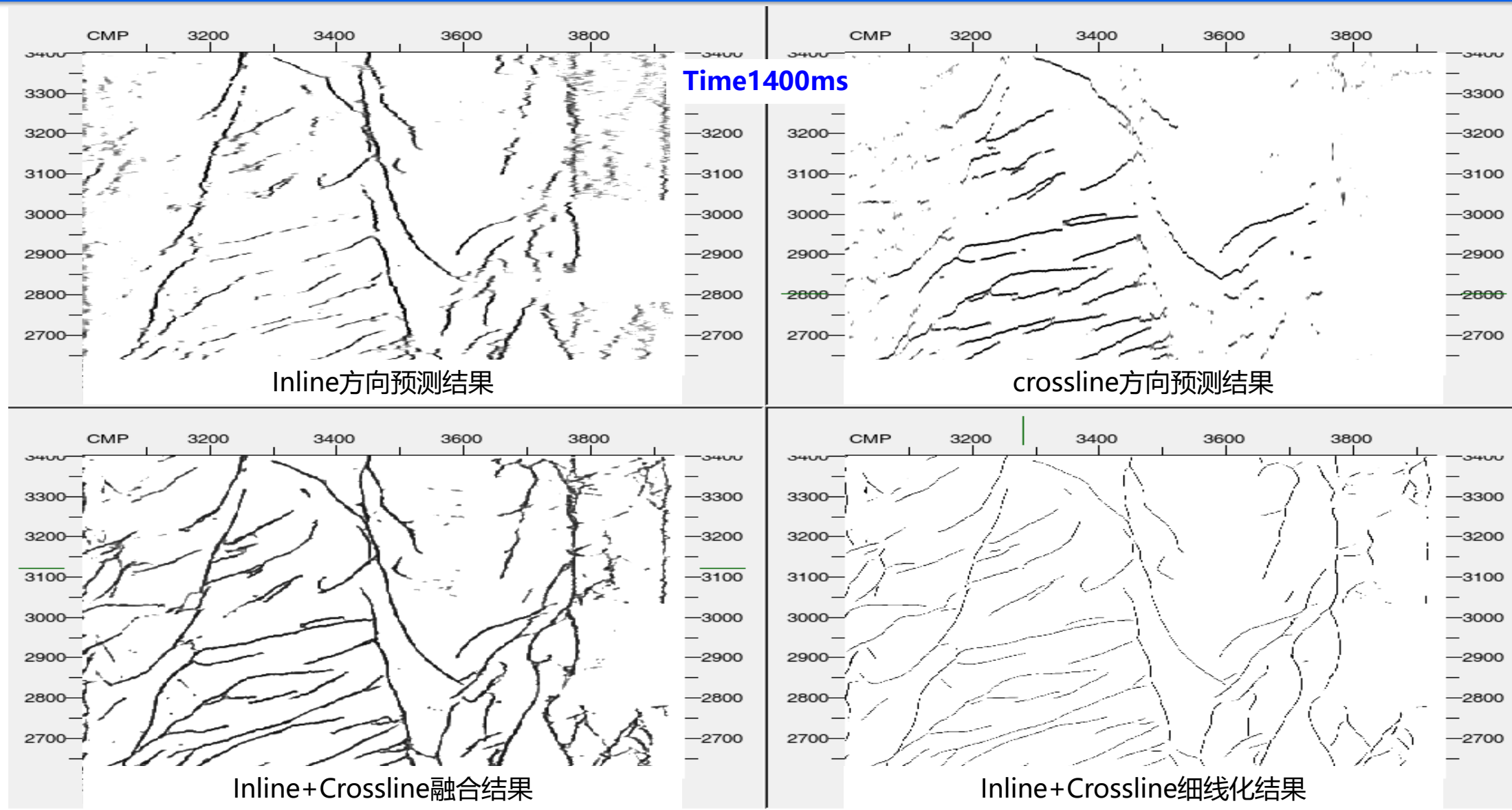
# 应用案例 – 东部某工区







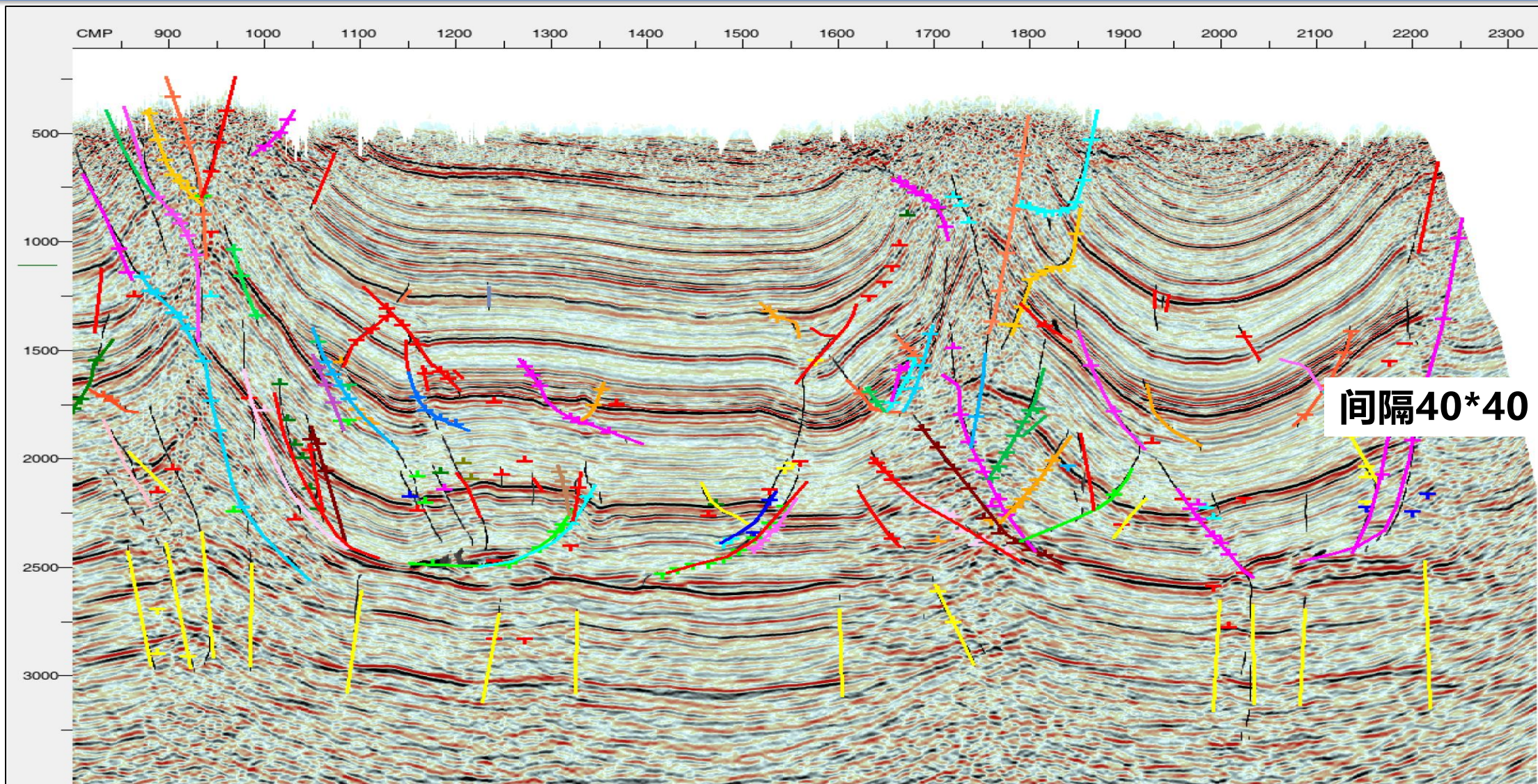
# 应用案例 – 东部某工区







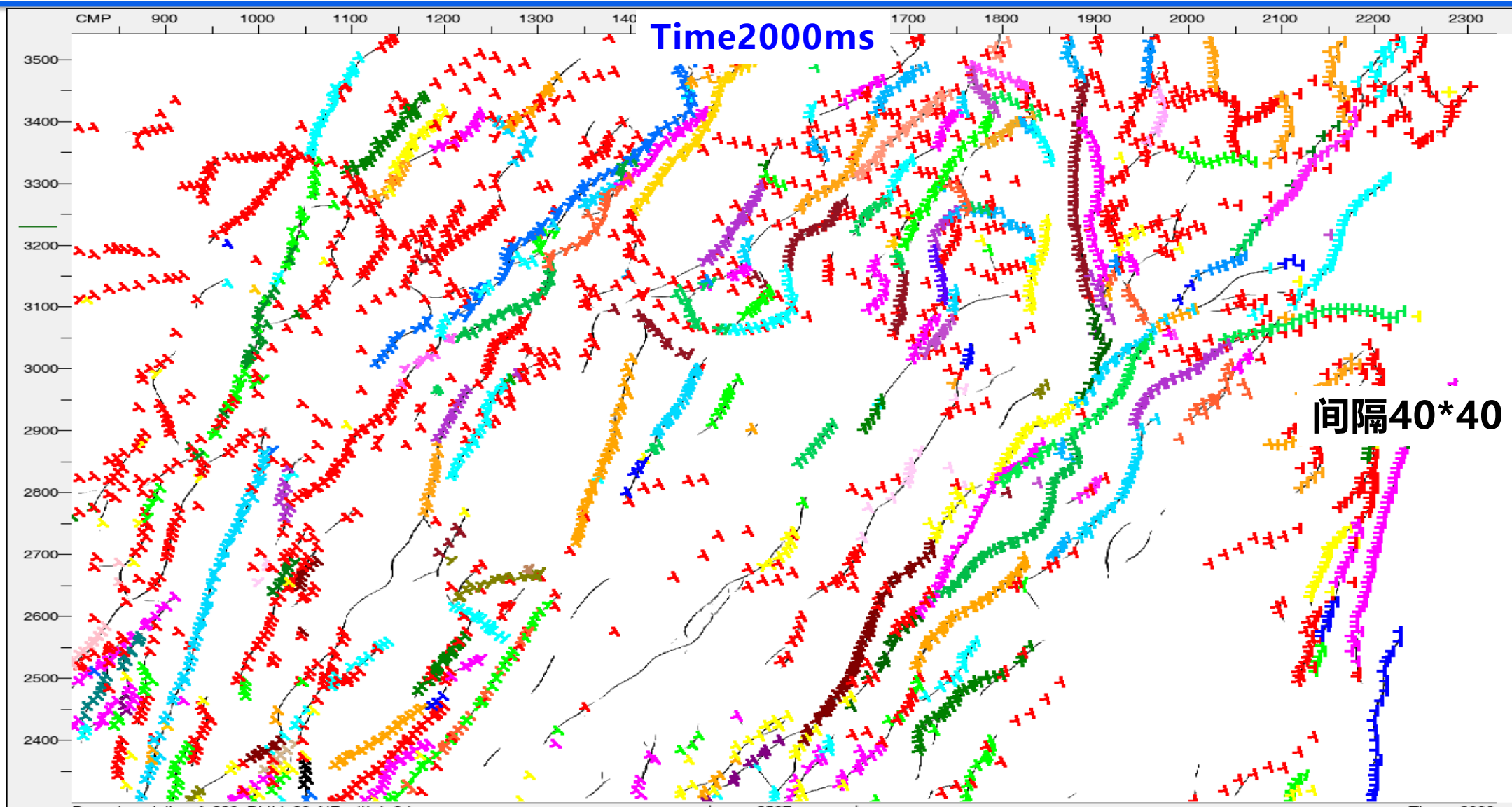
# 应用案例 – 西部某工区







# 应用案例 – 西部某工区











- 1、首先用nvidia-smi命令来看GPU使用情况，**GPU要预留最少4GB的显存；**
- 2、解释剖面越多效果越好，最好是对整个剖面的断层进行解释；**对于地震与断层吻合不好的数据，适当增加解释剖面个数；**
- 3、**避免模糊标注，存疑区域可暂跳过，但同类标注标准需一致；**
- 4、选择断裂系统完整的典型剖面，标注约1%~2%的地震剖面，**确保标签质量以优化模型学习效果。**
- 5、该方法侧重于**中、大尺度断裂**的识别，不适用于小尺度断裂。

```
File "<string>", line 1, in <module>
File "GeoAlFault2dVolume_Python/predict_entry.py", line 56, in
predict_entry.predict_2d_fault_volume_wrapper
File "GeoAlFault2dVolume_Python/predict.py", line 222, in
predict.predict_2dfault
File "GeoAlFault2dVolume_Python/fault_connect.py", line 227, in
fault_connect.fc_main
File "GeoAlFault2dVolume_Python/fault_connect.py", line 229, in
fault_connect.fc_main
File "GeoAlFault2dVolume_Python/fault_connect.py", line 49, in
fault_connect.my_window_interference
File "GeoAlFault2dVolume_Python/fault_connect.py", line 79, in
fault_connect.my_window_interference
File "GeoAlFault2dVolume_Python/window_inference.py", line 120, in
window_inference.sliding_window_inference
File "/s0/GEOEAST/NGP_dev_V2.1_as79/support/miniconda3/envs/
nv/lib/python3.9/site-packages/torch/nn/modules/module.py", line 1130,
in _call_impl
return forward_call(*input, **kwargs)
File "GeoAlFault2dVolume_Python/models/model_zoo.py", line 145,
in models.model_zoo.Transformer.forward
File "/s0/GEOEAST/NGP_dev_V2.1_as79/support/miniconda3/envs/
nv/lib/python3.9/site-packages/torch/nn/modules/module.py", line 1130,
in _call_impl
return forward_call(*input, **kwargs)
File "GeoAlFault2dVolume_Python/models/model_zoo.py", line 254,
in models.model_zoo.UnetrPPeEncoder.forward
File "GeoAlFault2dVolume_Python/models/model_zoo.py", line 241,
in models.model_zoo.UnetrPPeEncoder.forward_features
File "/s0/GEOEAST/NGP_dev_V2.1_as79/support/miniconda3/envs/
nv/lib/python3.9/site-packages/torch/nn/modules/module.py", line 1130,
in _call_impl
return forward_call(*input, **kwargs)
File "/s0/GEOEAST/NGP_dev_V2.1_as79/support/miniconda3/envs/
nv/lib/python3.9/site-packages/torch/nn/modules/container.py", line
139, in forward
input = module(input)
File "/s0/GEOEAST/NGP_dev_V2.1_as79/support/miniconda3/envs/
nv/lib/python3.9/site-packages/torch/nn/modules/module.py", line 1130,
in _call_impl
return forward_call(*input, **kwargs)
File "GeoAlFault2dVolume_Python/models/model_zoo.py", line 387,
in models.model_zoo.TransformerBlock.forward
File "/s0/GEOEAST/NGP_dev_V2.1_as79/support/miniconda3/envs/
nv/lib/python3.9/site-packages/torch/nn/modules/module.py", line 1130,
in _call_impl
return forward_call(*input, **kwargs)
File "GeoAlFault2dVolume_Python/models/model_zoo.py", line 449,
in models.model_zoo.EP_Afterward
RuntimeError: CUDA out of memory. Tried to allocate 16.00 MiB (GPU
: 4.93 GiB total capacity; 349.01 MiB already allocated; 9.44 MiB free;
156.00 MiB reserved in total by PyTorch) If reserved memory is >>
allocated memory try setting max_split_size_mb to avoid
fragmentation. See documentation for Memory Management and
PYTORCH_CUDA_ALLOC_CONF
```



# 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QQ群



Bilibili视频教程

服务电话: (解释系统) 0312-3824999 (市场销售) 0312-3737213/0312-3824774

服务邮箱: [geoeast@cnpc.com.cn](mailto:geoeast@cnpc.com.cn) 官网网址: <http://www.gs.com.cn>



# GeoEast 论坛——地震解释特色 技术系列讲座

第 2 期

题目：三维智能断层训练与预测

汇报人： 熊伟

GeoEast