叠后裂缝预测模块及应用

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 11 月

中国石油

CONTENES
目录

01 一、研究背景

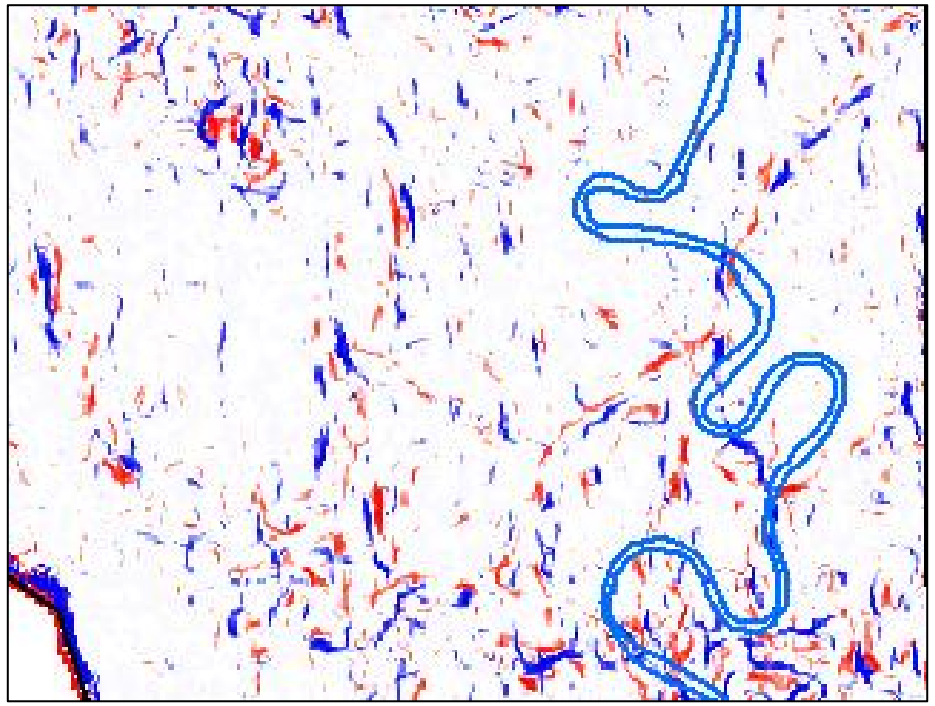
02 二、叠后裂缝属性应用

1. 基于AI+断层路径投票属性裂缝预测
（基本原理+主要参数+效果）
2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测
（基本原理+主要参数+效果）

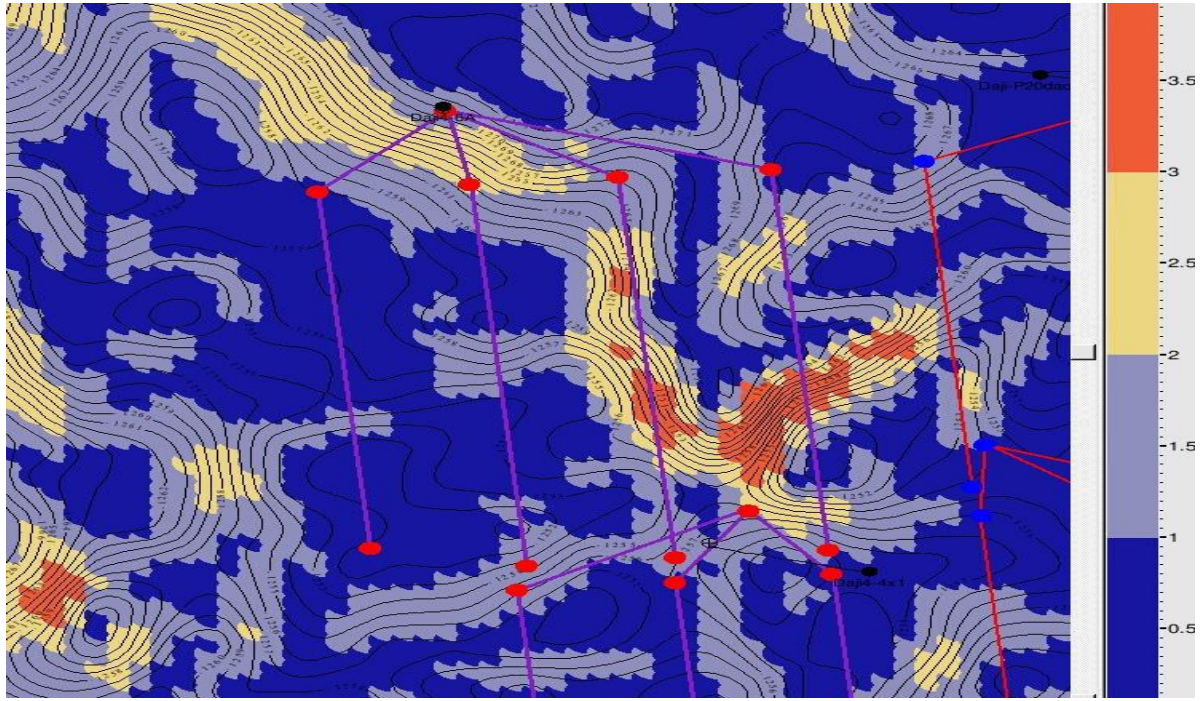
03 三、小结

一、研究背景

随着勘探开发日益向精细化发展，油气勘探的重点已逐渐转向小幅度构造油气藏、地层油气藏、岩性油气藏以及裂缝油气藏。目前在全世界范围进行的油气勘探开发过程中，裂缝型油气藏所占的比例越来越大。



曲率属性

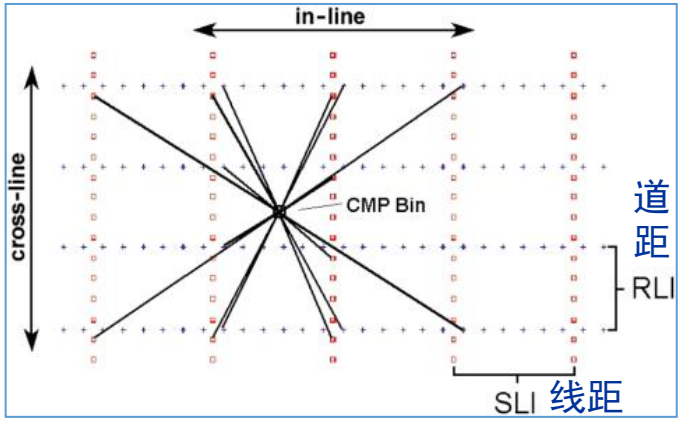


水平井位+属性+构造

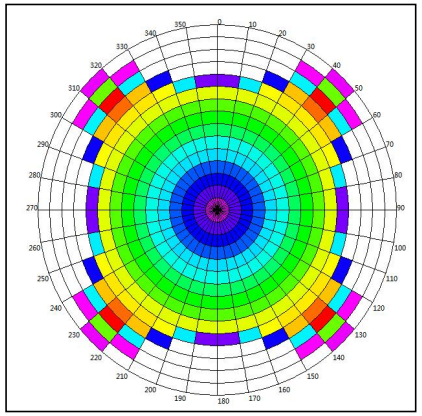
一、研究背景

两宽一高数据（宽频、宽方位、高密度）：是指地震数据采集时布设的观测系统的三维排列片的宽长之比大于0.5。更严格的定义为排列片宽长之比与横纵覆盖次数之比的平均值大于0.5。

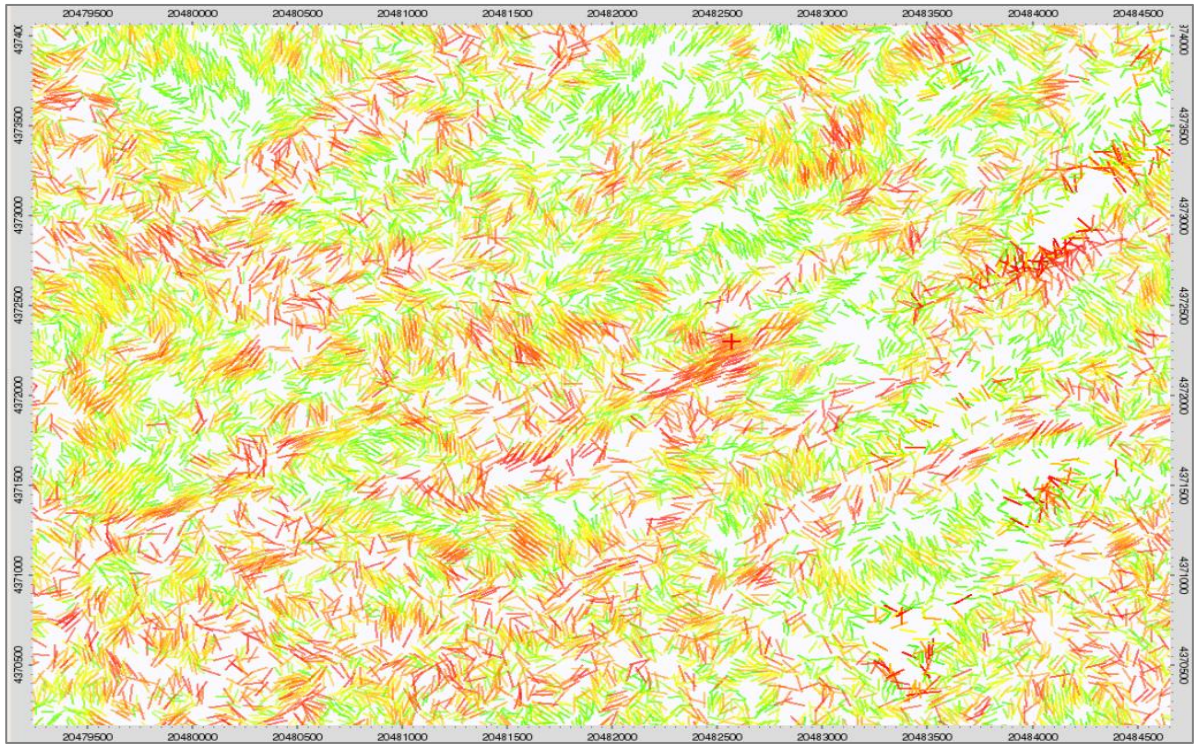
叠前OVT道集数可应用五维裂缝预测子系统进行裂缝预测。

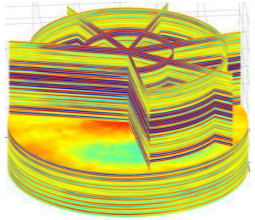


比值大于0.5为宽方位

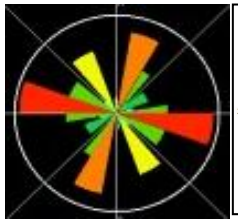


全方位225次覆盖

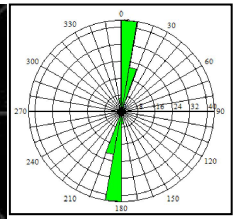




螺旋道集



分方位预测



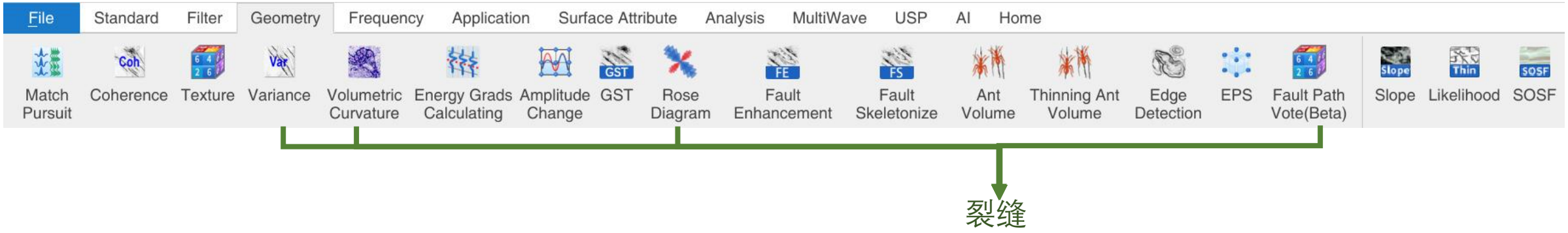
测井解释

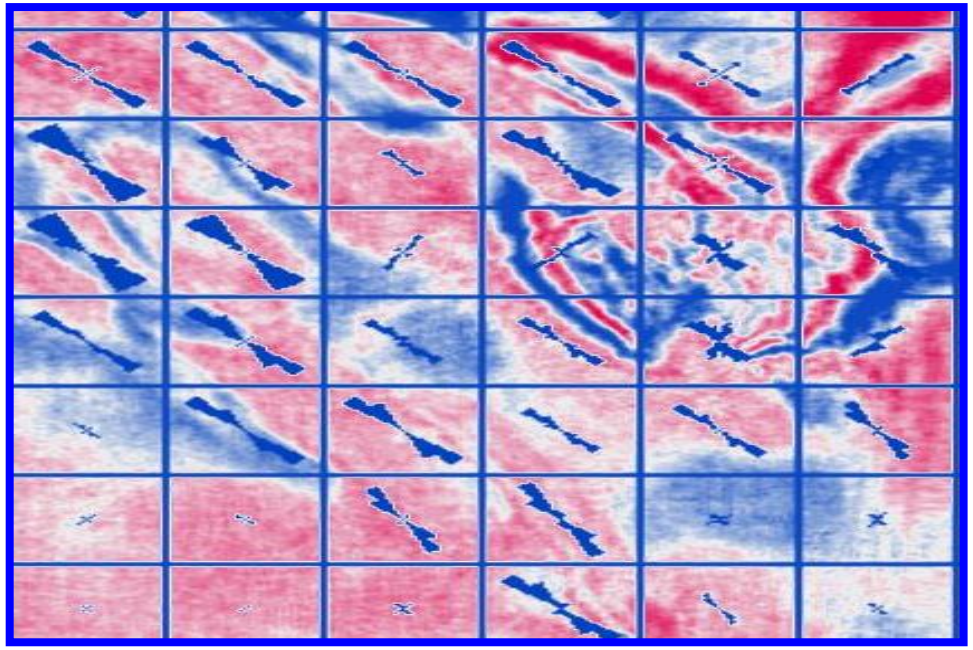


五维预测

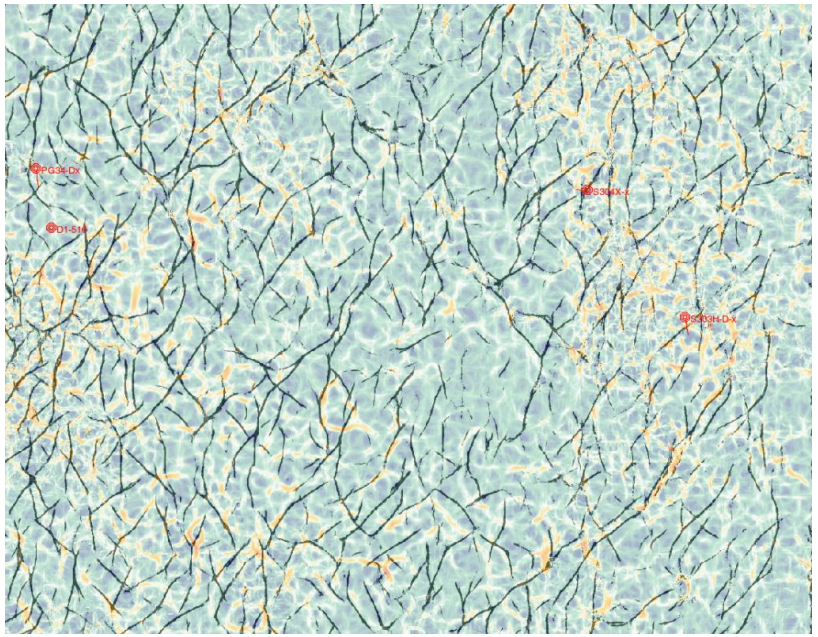
一、研究背景

裂缝表征属性：方差、曲率、玫瑰图、AI类、断层路径投票





玫瑰图与地震数据切片叠合



AI断层、曲率融合切片反映断缝

中国石油

CONTENES
目录

01 一、研究背景

1. 属性子系统构成
2. 各部分主要功能

02 二、叠后裂缝属性应用

1. 基于AI+断层路径投票属性裂缝预测
(基本原理+主要参数+效果)
2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

03 三、小结

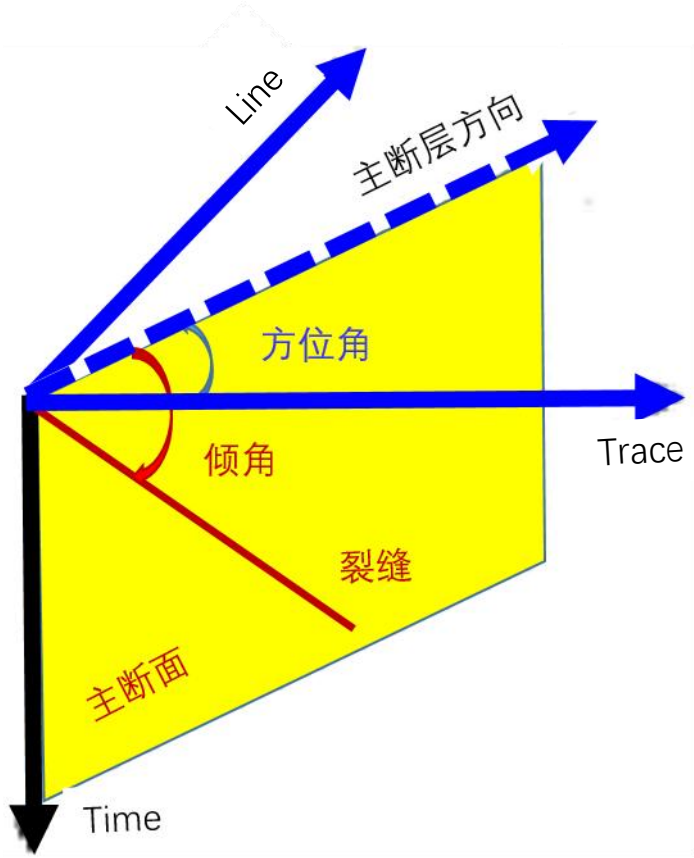
中国石油

1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝

断层路径投票基本原理：基于方向扫描和路径优化的地震数据裂缝检测方法，采用分阶段处理策略，从粗到精逐步识别和优化裂缝

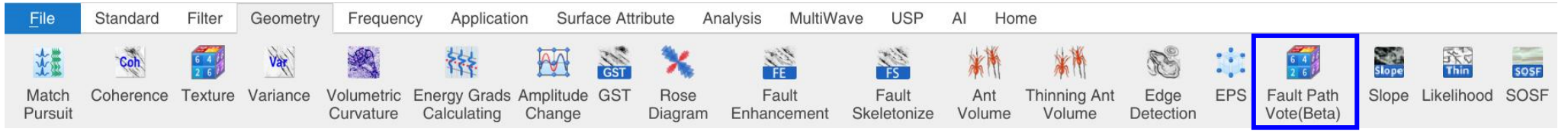
属性数据 → 方向扫描 → 种子优化 → 路径优化 → 最终裂缝路径

1. 方向扫描：通过多方向扫描找到每个位置的最佳裂缝方向；
2. 种子筛选：从候选方向中筛出高质量的种子点；
3. 路径优化：基于种子点进行路径连接和投票得分计算，得到最终裂缝路径。



1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝

启动



输入属性体要求：反映断层类的属性（方差、AI等），且大值表示断层

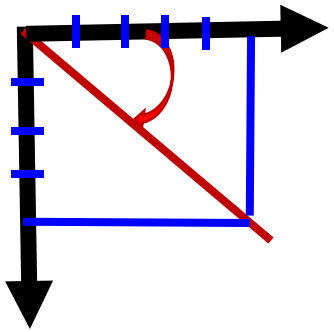
扫描参数：

最小、最大倾角：按照样点数计算得到的数值

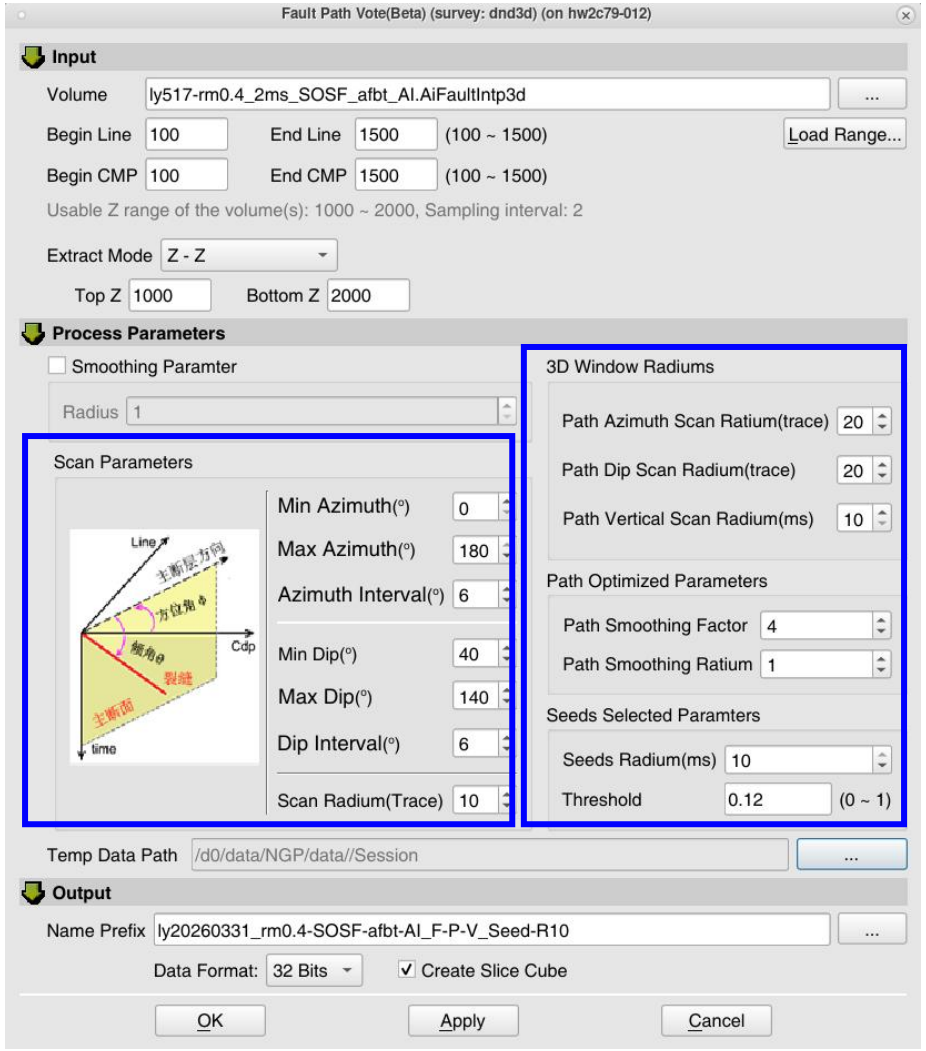
覆盖范围：正负5~90

Tan(40)=0.84

Tan(140)=-0.84



Arctan(8/100)=4.5



1. 3D断层面搜索参数（3D Window Radius）

   路径方向（Path Azimuth）扫描半径

   路径倾斜（Path Dip）扫描半径

   路径垂向（Path Vertical）扫描半径

2. 路径优化参数（Path Optimized Parameters）

   路径约束因子（Path Smoothing Factor）

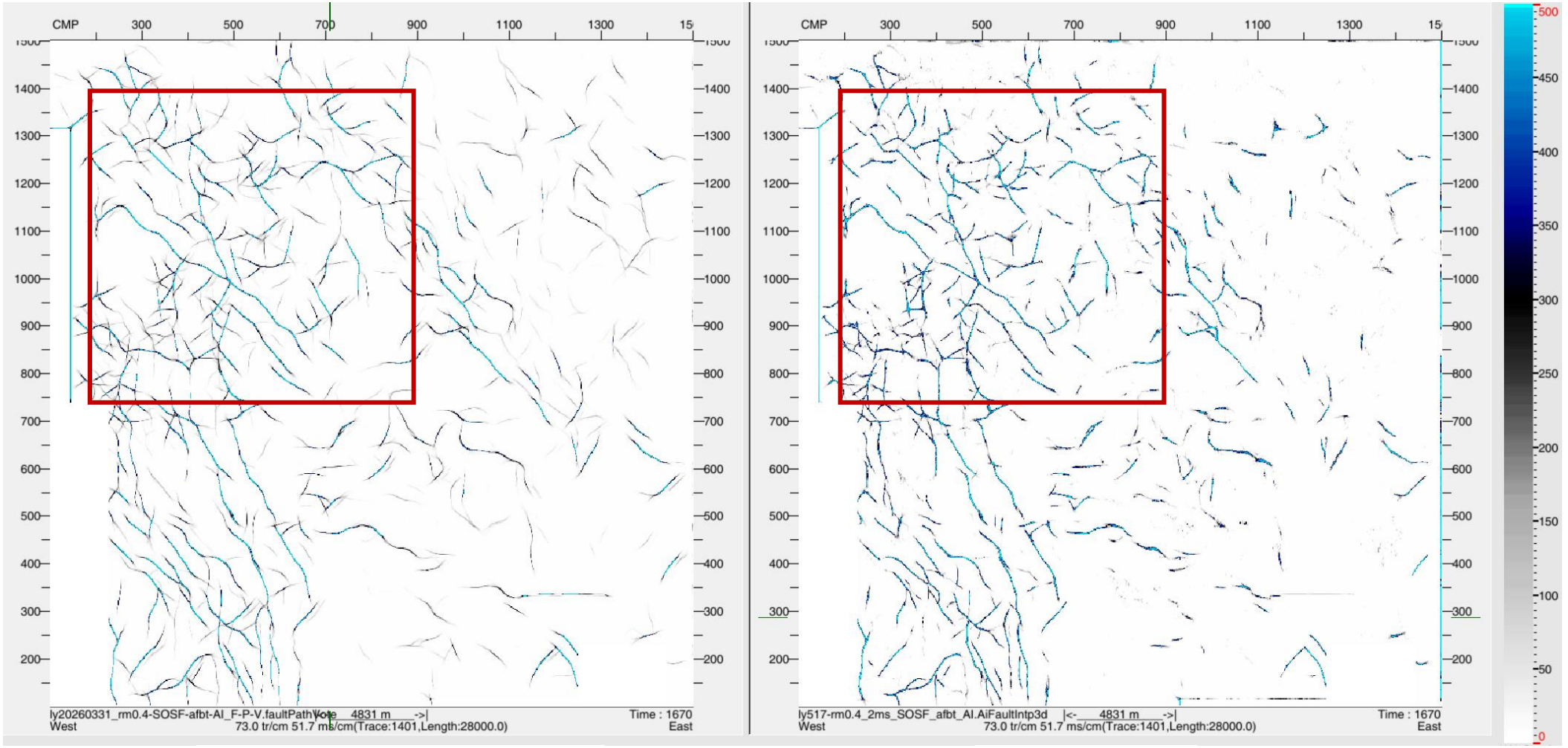
   断面平滑半径（Path Smoothing Radius）

3. 种子点选取参数（Seeds Selected Parameters）

   种子点选取半径（Seeds Radius）：相邻种子点间隔

   阈值（Threshold）：输入属性体截取值。

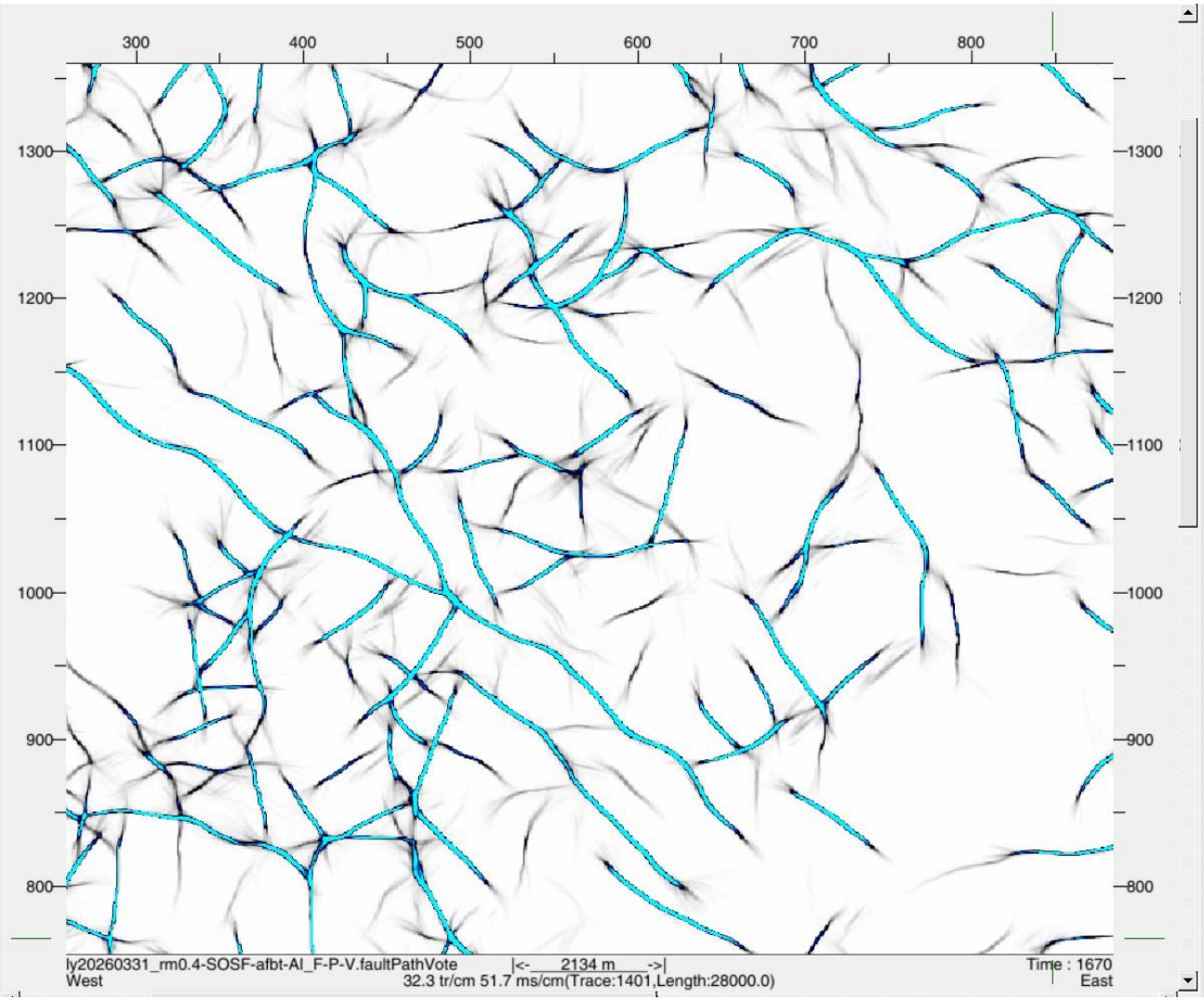
1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝



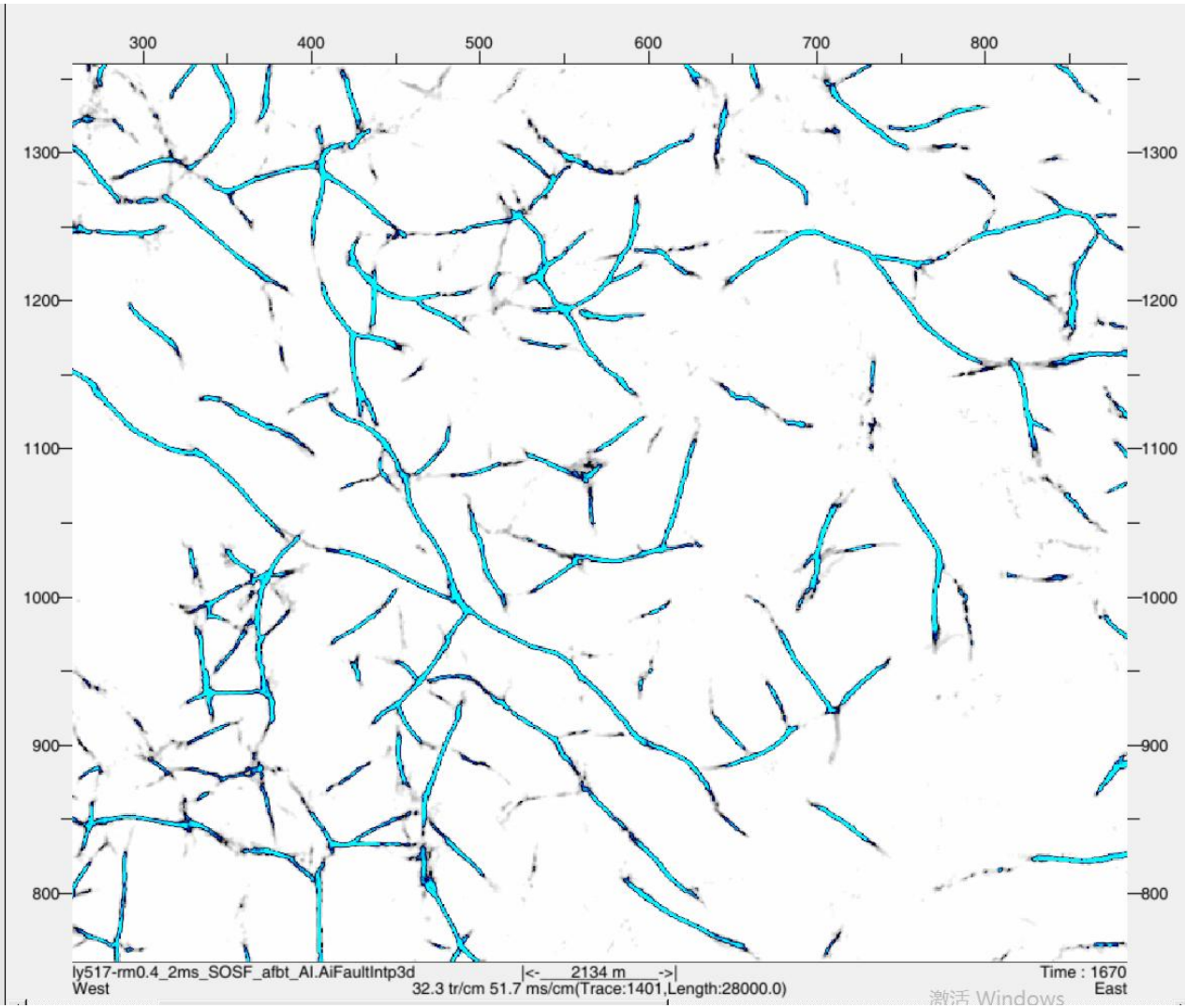
AI断层预测+断层路径投票结果

AI断层预测结果

1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝



AI断层预测+断层路径投票结果（局部）



AI断层预测结果（局部）

激活 Windows

1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝

主要影响参数

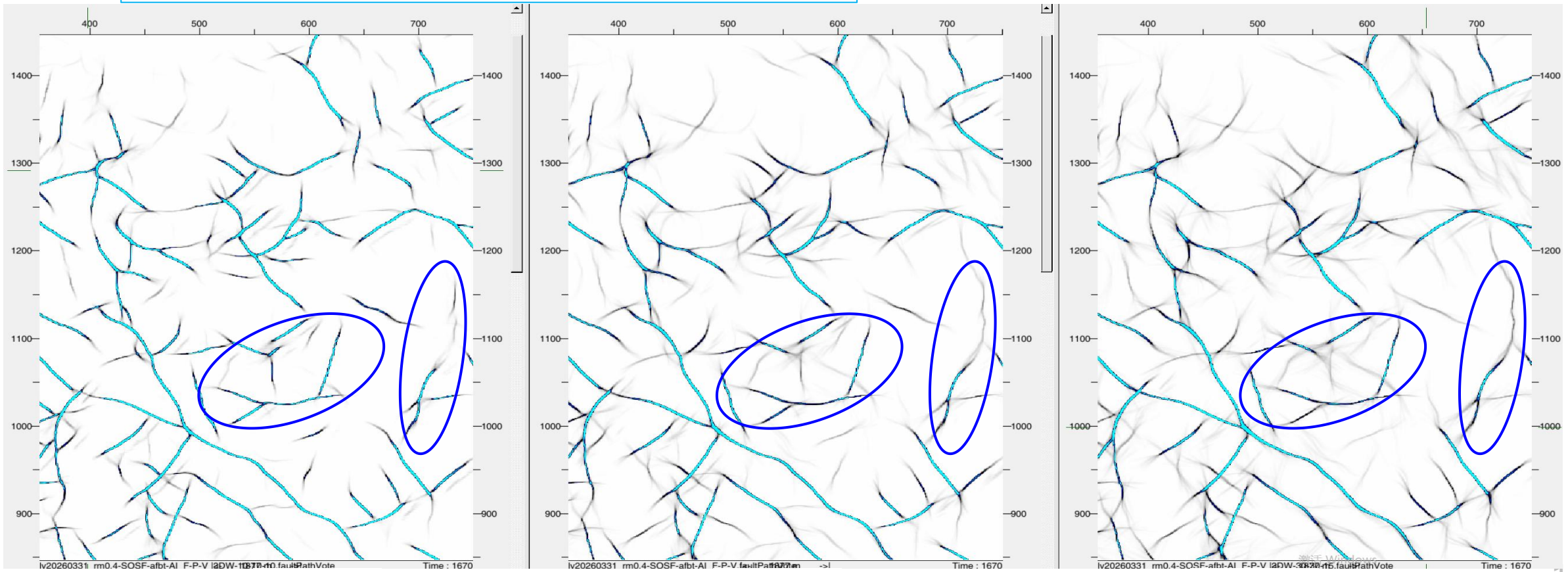
1. 3D断层面搜索参数（3D Window Radius）

路径方向（Path Azimuth）扫描半径：缺省20

路径倾斜（Path Dip）扫描半径：缺省20

路径垂向（Path Vertical）扫描半径：缺省10

数值增大，时窗交叉越多，运算时间越长，断层数目增多、连续性增强；



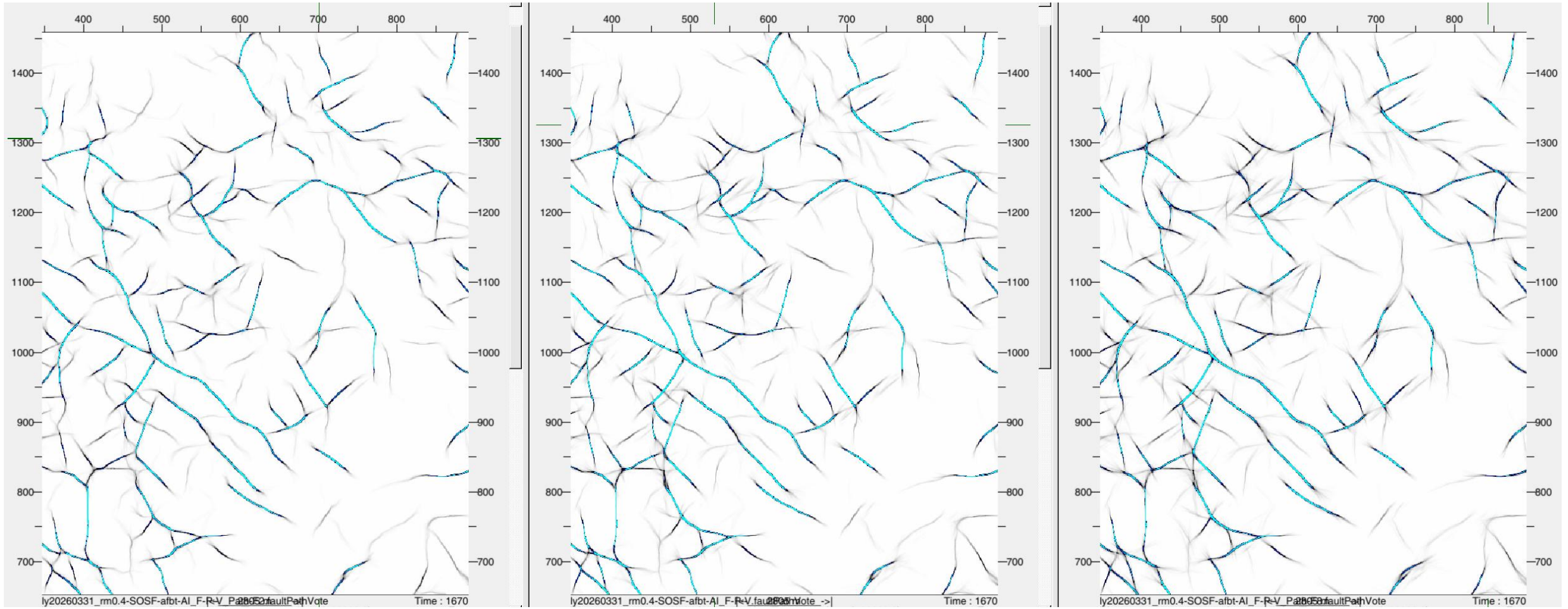
10-10-10　　20-20-10　　30-30-15

1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝

2. 路径优化参数（Path Optimized Parameters)

路径约束因子（Path Smoothing Factor）：缺省4，值增大，断层连续性增强。

断面平滑半径（Path Smoothing Radius）：缺省3，影响不大。



Factor：2　　Factor：4　　Factor：8

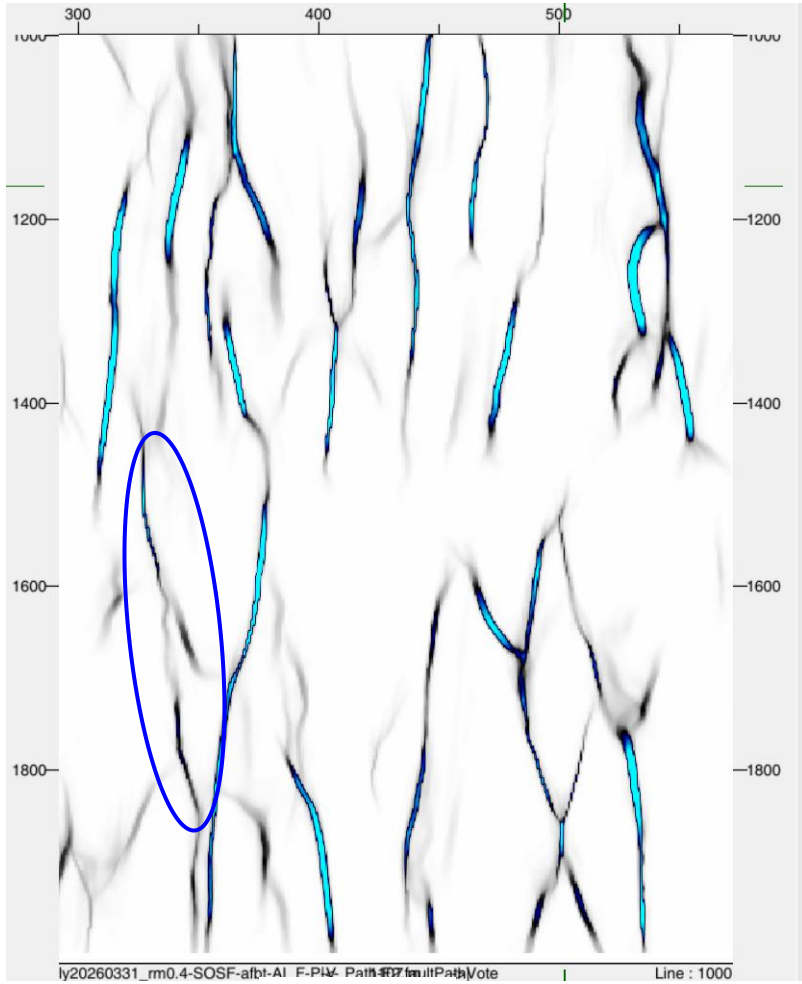
1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝

主要影响参数

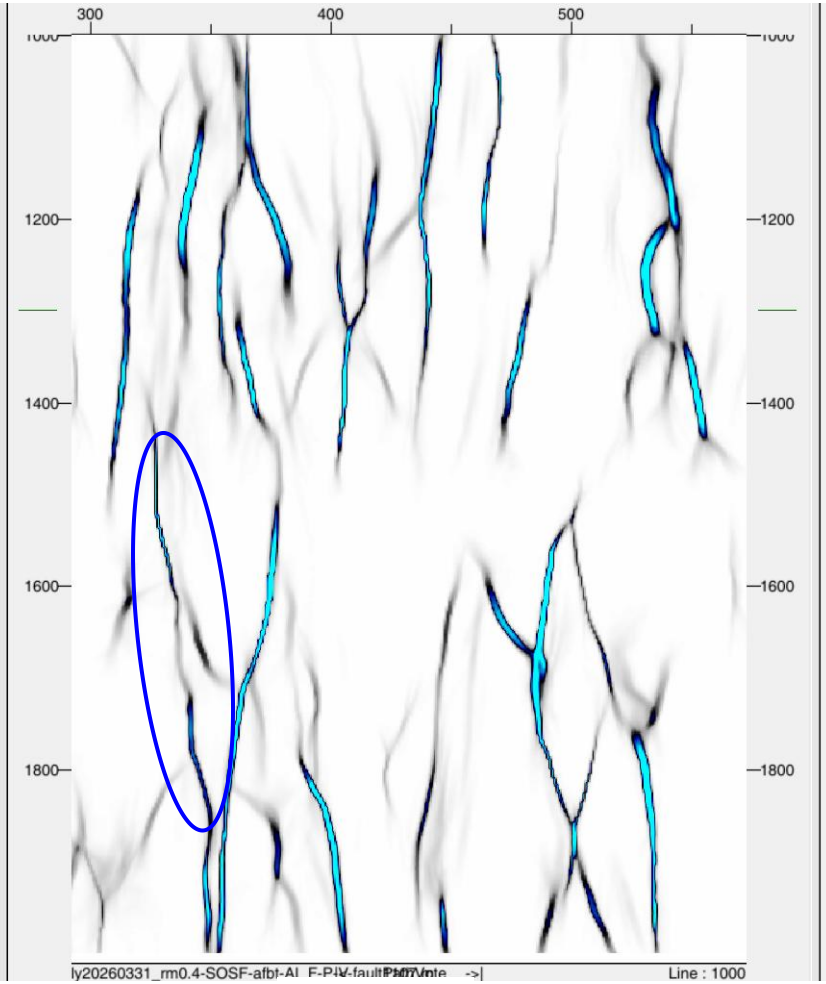
2. 路径优化参数（Path Optimized Parameters)

路径约束因子（Path Smoothing Factor）：缺省4，值增大，断层连续性增强。

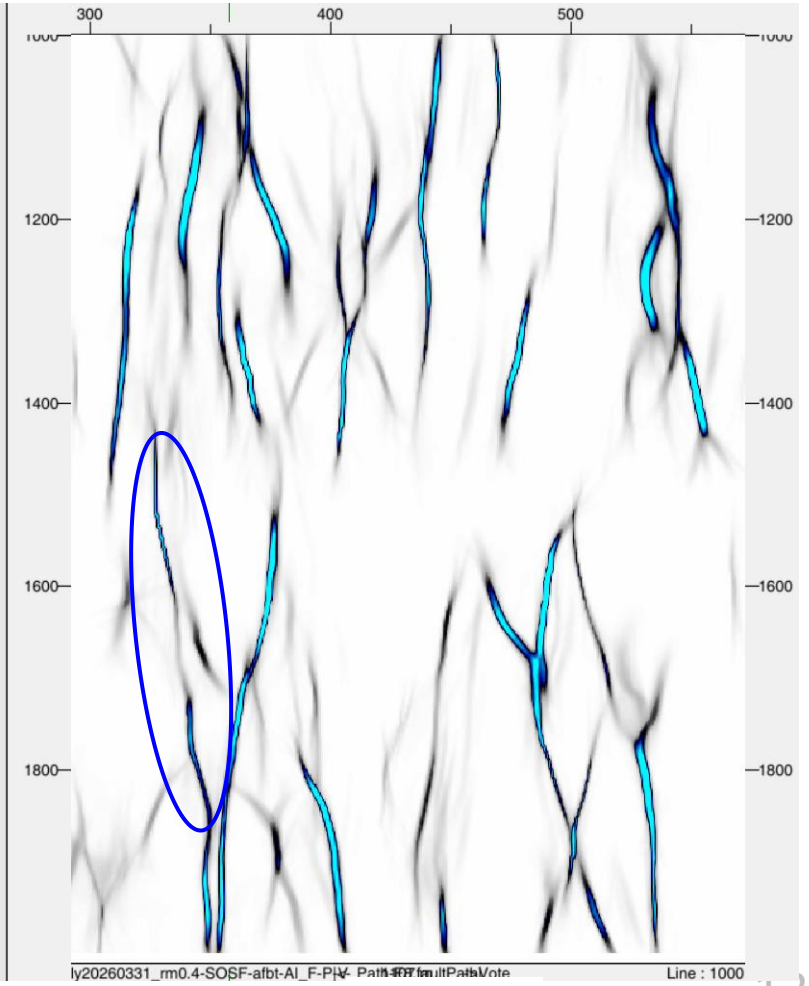
断面平滑半径（Path Smoothing Radius）：缺省3，影响不大。



Factor：2



Factor：4



Factor：8

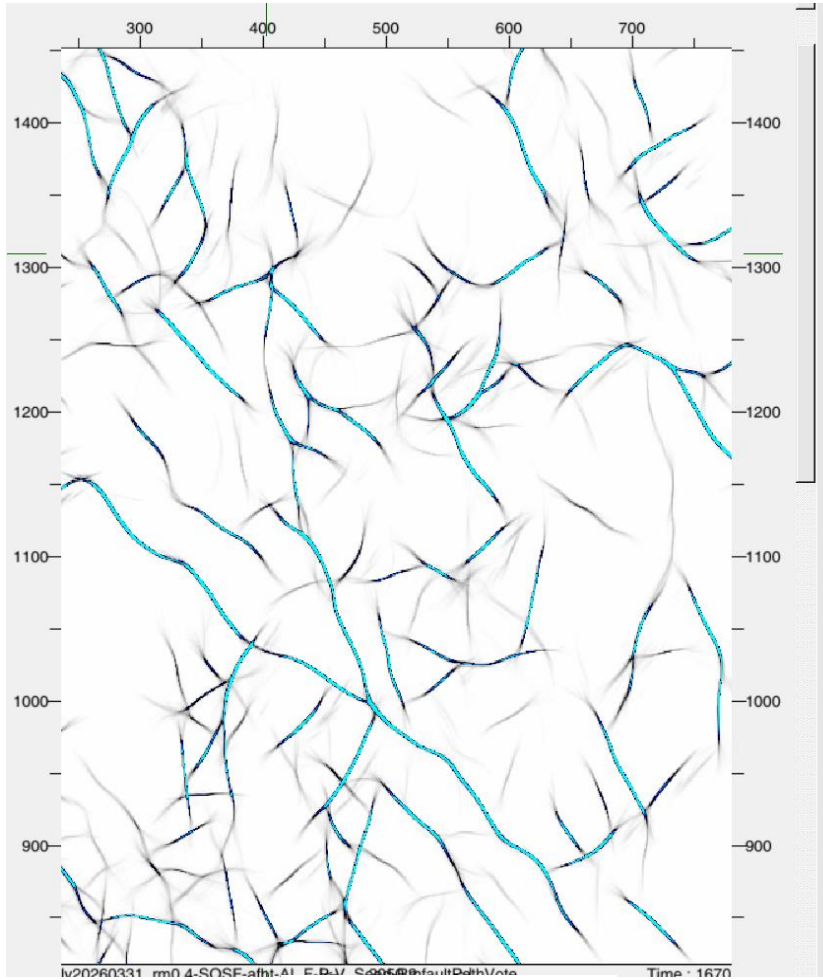
1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝

主要影响参数

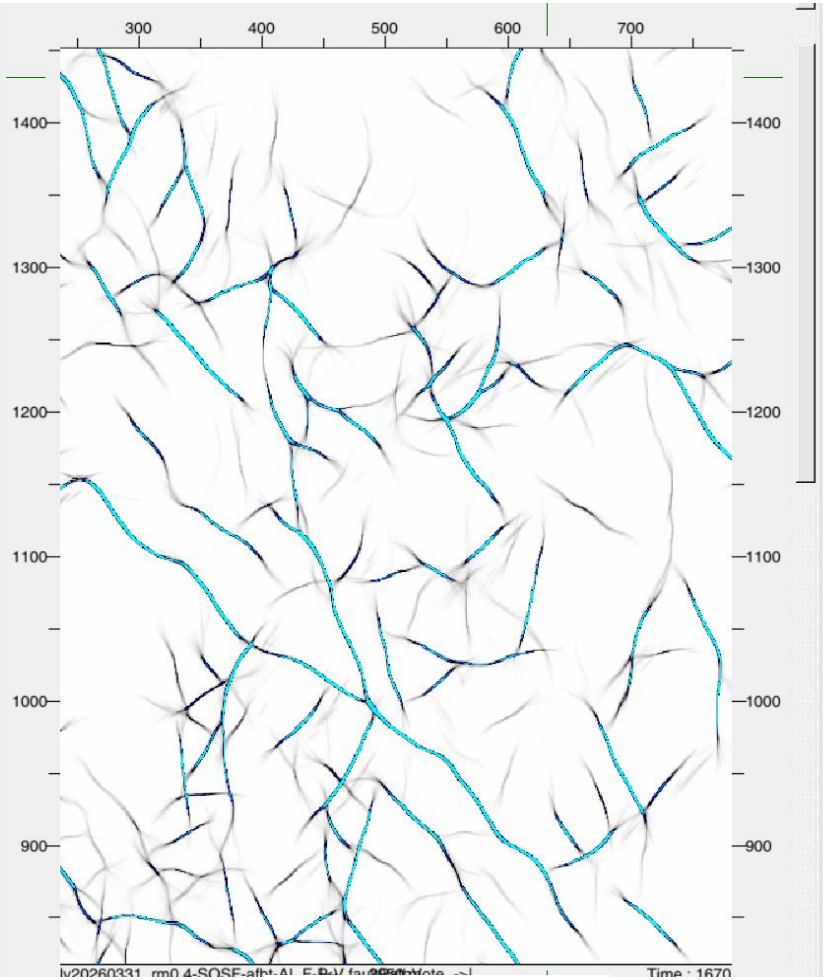
3. 种子点选取参数（Seeds Selected Parameters)

种子点选取半径（Seeds Radius）：缺省值为5，相邻种子点间隔，对结果影响不大。

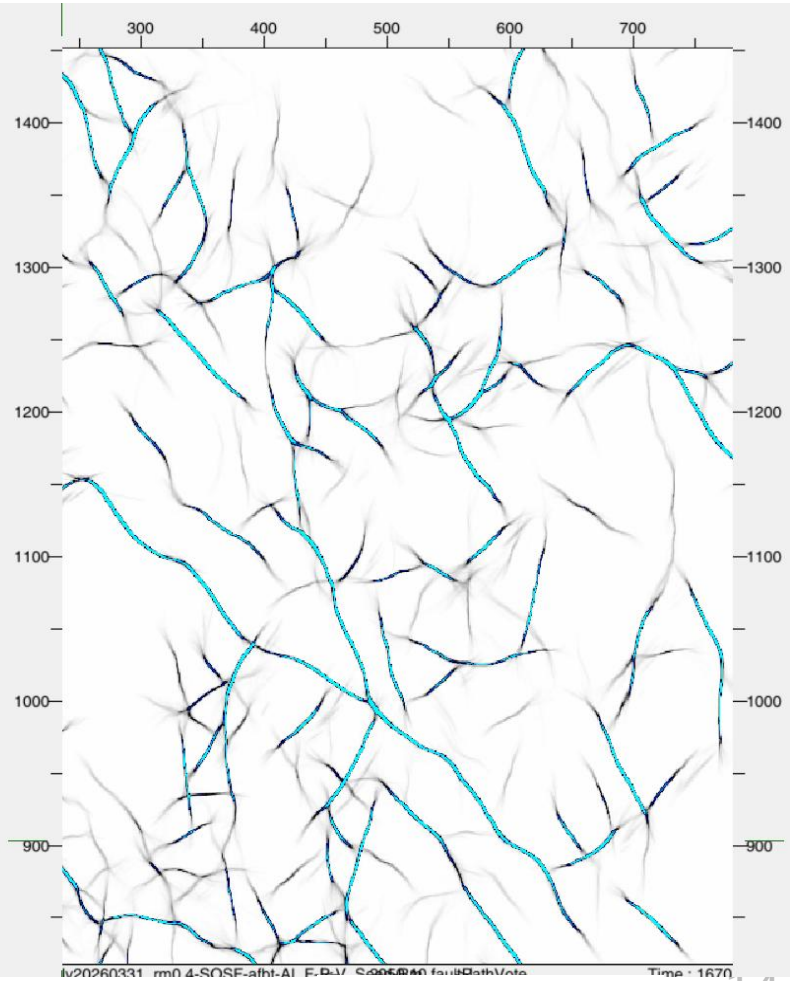
阈值（Threshold）：缺省0.12，须对照输入属性体确定该值，值增大时，结果中的断层数目减少。



Seeds Radium：2



Seeds Radium：4



Seeds Radium：8

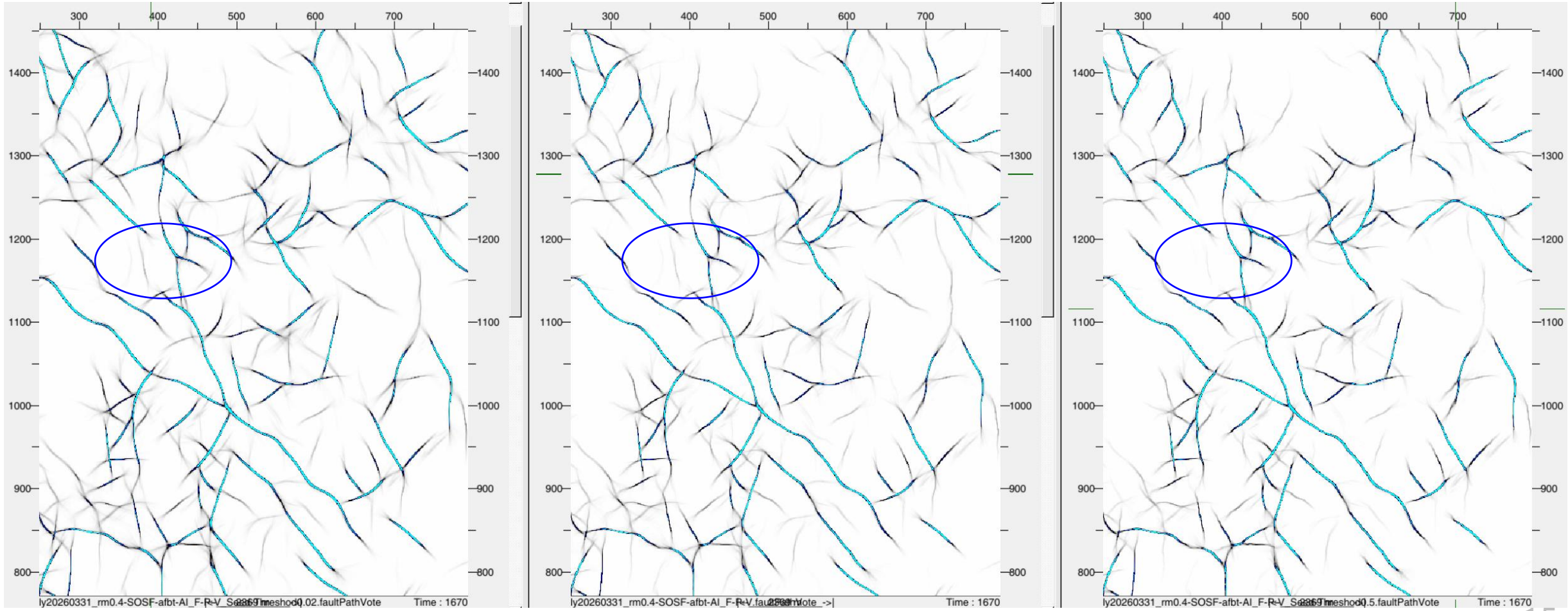
1. 基于断缝类属性的断层路径投票预测裂缝

主要影响参数

3. 种子点选取参数（Seeds Selected Parameters)

种子点选取半径（Seeds Radius）：缺省值为5，相邻种子点间隔，对结果影响不大。

阈值（Threshold）：缺省0.12，须对照输入属性体确定该值，值增大时，结果中的断层数目减少。



Threshold：0.02　　Threshold：0.12　　Threshold：0.5

中国石油

CONTENES
目录

01 一、研究背景

1. 属性子系统构成
2. 各部分主要功能

02 二、叠后裂缝属性应用

1. 基于AI+断层路径投票属性裂缝预测
2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测
（基本原理+主要参数+效果）

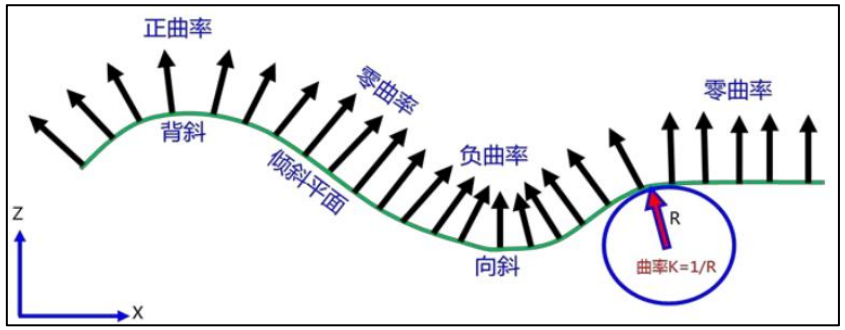
03 三、小结

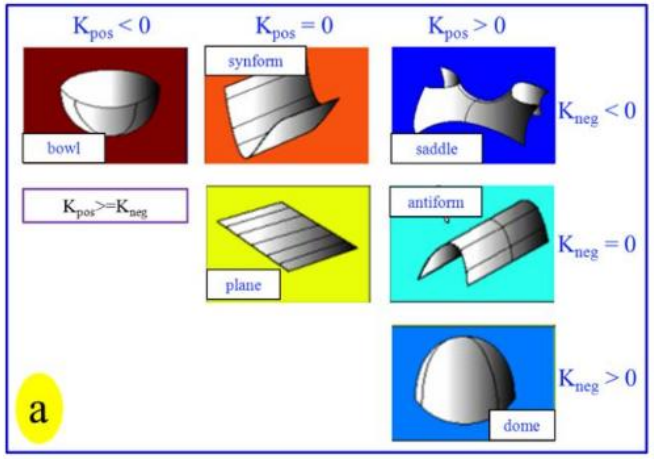
中国石油

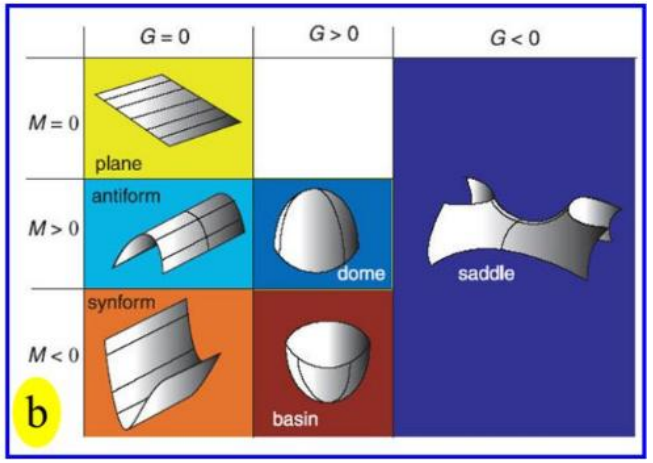
2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

基本原理

曲率：反映弧形的弯曲程度，对于地层来说，裂缝发育程度与演示的弯曲程度密切相关，地层中的演示弯曲程度越大，裂缝发育程度越高，因此，裂缝的发育程度可以用曲率属性来评价。







M—平均曲率；G—高斯曲率

- 平均曲率（Kmean）
- 高斯曲率（Kgauss）
- 主曲率（K1、K2）
- 最大曲率（Kmax）
- 最小曲率（Kmin）
- 最正曲率（Kpos）
- 最负曲率（Kneg）
- 任意方位曲率（K）
- 倾角曲率（Kdip）
- 走向曲率（Kstrike）
- 弯曲度（C）
- 形态指数（S）
- 最大曲率方位角（φ）

$$K_{mean} = \frac{a(1+e^2)+b(1+d^2)-cde}{(1+d^2+e^2)^{3/2}}$$

$$K_{gauss} = \frac{4ab-c^2}{(1+d^2+c^2)^2}$$

$$K_1 = K_{mean} + \sqrt{K_{mean}^2 - K_{gauss}},\ K_2 = K_{mean} - \sqrt{K_{mean}^2 - K_{gauss}}$$

$$K_{max} = \begin{cases} K_1 & |K_1| \geq |K_2| \\ K_2 & |K_1| < |K_2| \end{cases}$$

$$K_{min} = \begin{cases} K_2 & |K_1| \geq |K_2| \\ K_1 & |K_1| < |K_2| \end{cases}$$

$$K_{pos} = (a+b) + [(a-b)^2 + c^2]^{1/2}$$

$$K_{neg} = (a+b) - [(a-b)^2 + c^2]^{1/2}$$

$$K_i = K_{max}\cos^2\delta + K_{min}\sin^2\delta$$

$$K_{dip} = \frac{2(ad^2+bd^2+cde)}{(d^2+e^2)(1+d^2+e^2)^{3/2}}$$

$$K_{strike} = \frac{2(ae^2+bd^2-cde)}{(d^2+e^2)(1+d^2+e^2)^{3/2}}$$

$$C = \sqrt{\frac{K_{max}^2+K_{min}^2}{2}}$$

$$S = \frac{2}{\pi}\tan^{-1}\left[\frac{K_2+K_1}{K_2-K_1}\right]$$

$$\varphi = \begin{cases} \tan^{-1}[c/(a-b)] & a \neq b \\ \pi/4 & a = b \end{cases}$$

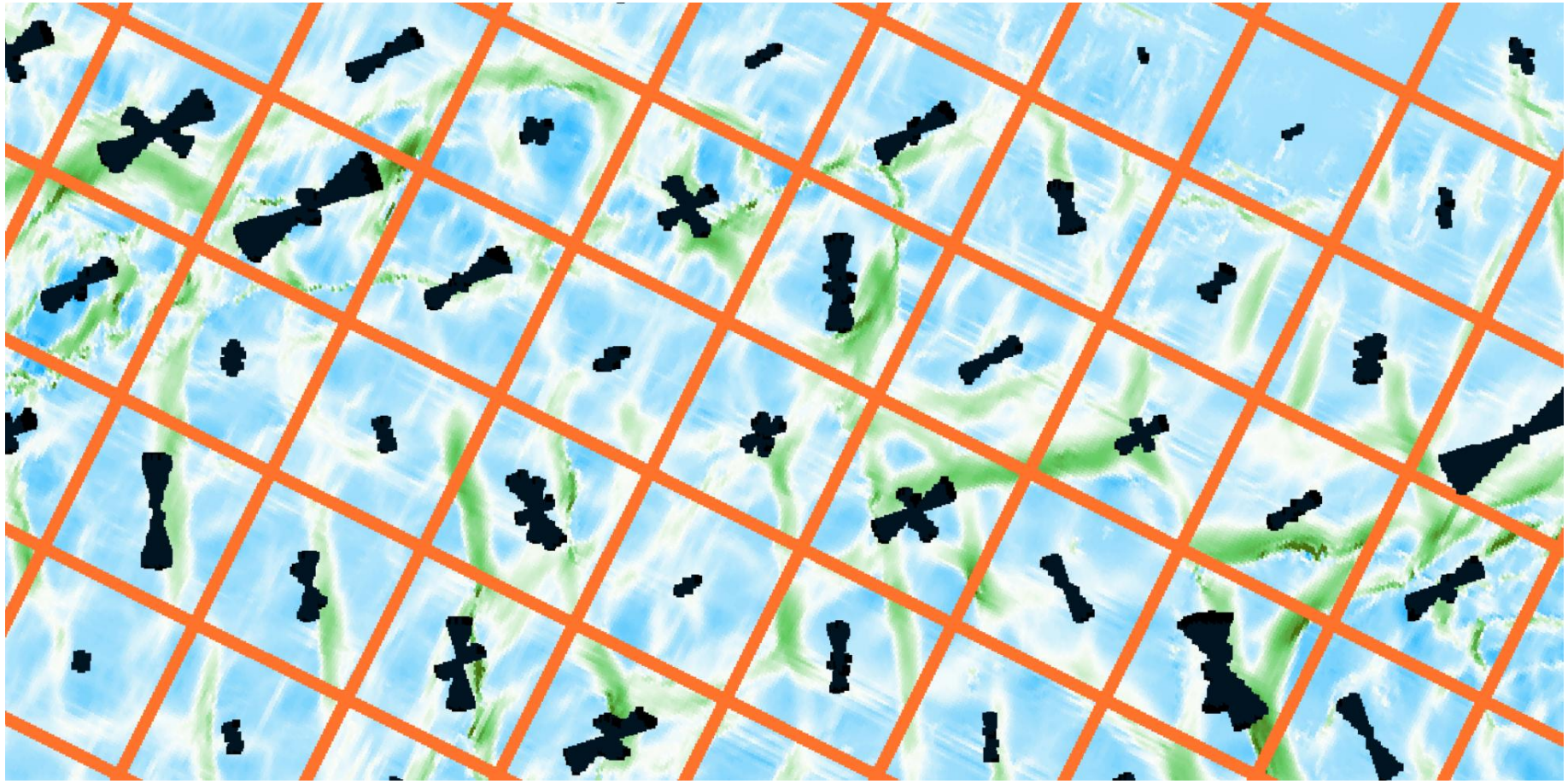
中国石油

2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

基本原理

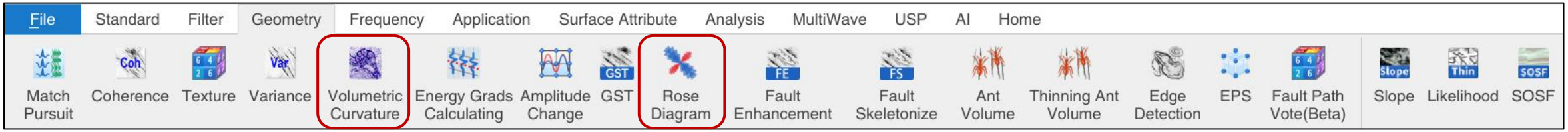
玫瑰图：根据地质目标选择最小曲率方位分量、脊类曲率分量或谷类曲率分量，在不同方位上刻画裂缝分布。

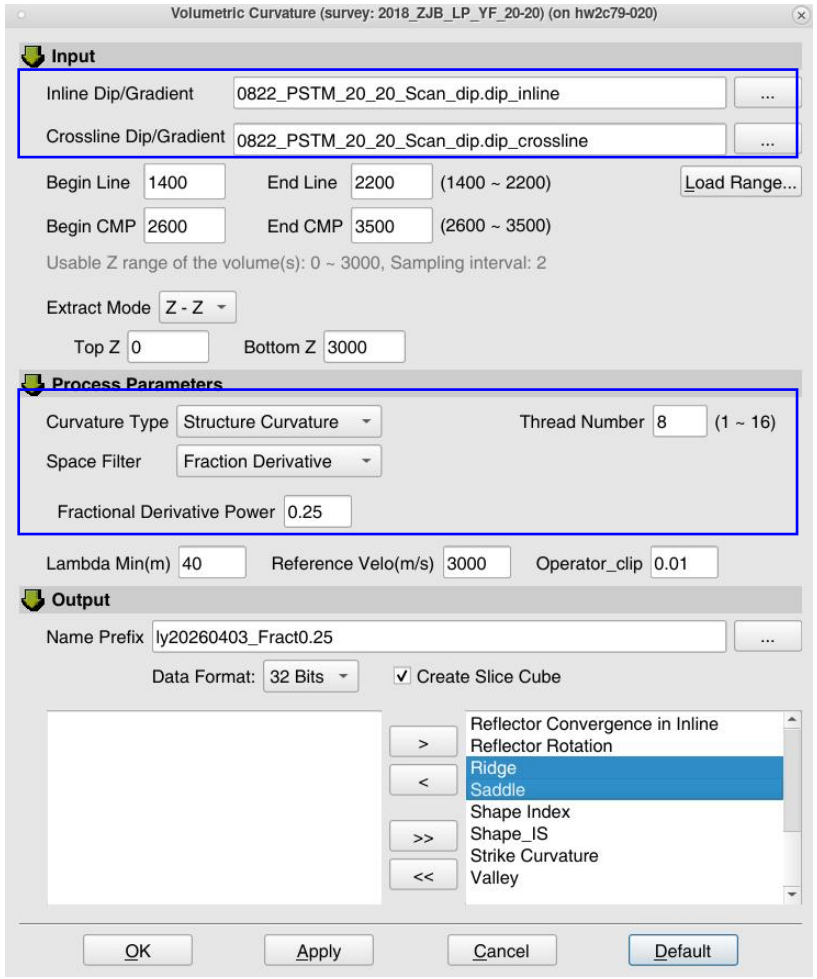
- 将1-180度所有方位上的裂缝分布按照一定的规则进行叠加，形成裂缝按照方位分布的玫瑰图，其分析方法结果更易于理解裂缝的分布和走向特征。
- 玫瑰图上某个方位的花瓣长度依赖于裂缝在该方位上出现的频率；



2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

曲率属性关键参数





输入：地层倾角数据

◆参数

Fraction Derivative

Fractional Derivative Power 分数导数指数（0.25~2）

通常取值：0.25、0.5、0.75

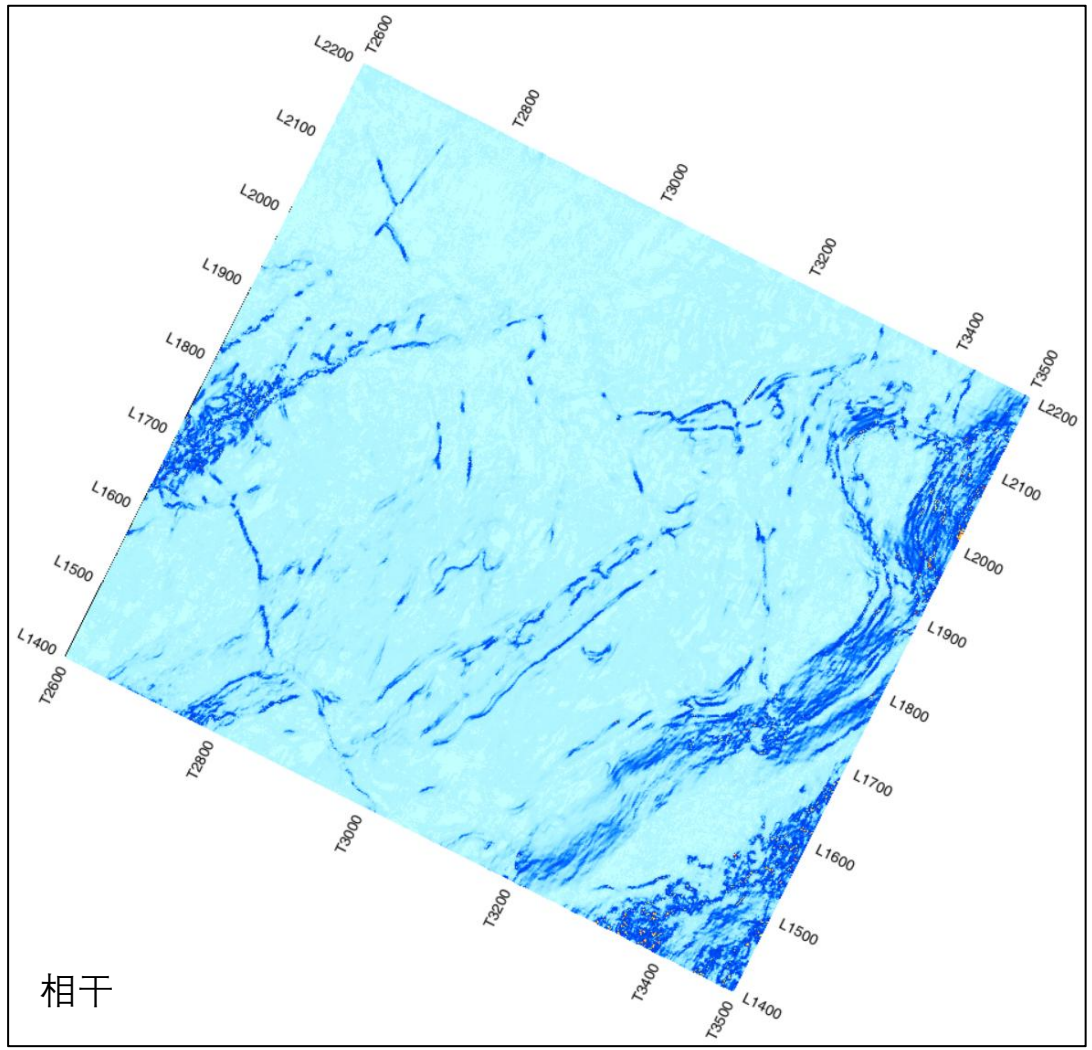
值越小，反映的断层或裂缝尺度越大，长波长。

值越大，反映的断层或裂缝尺度越大小，短波长。

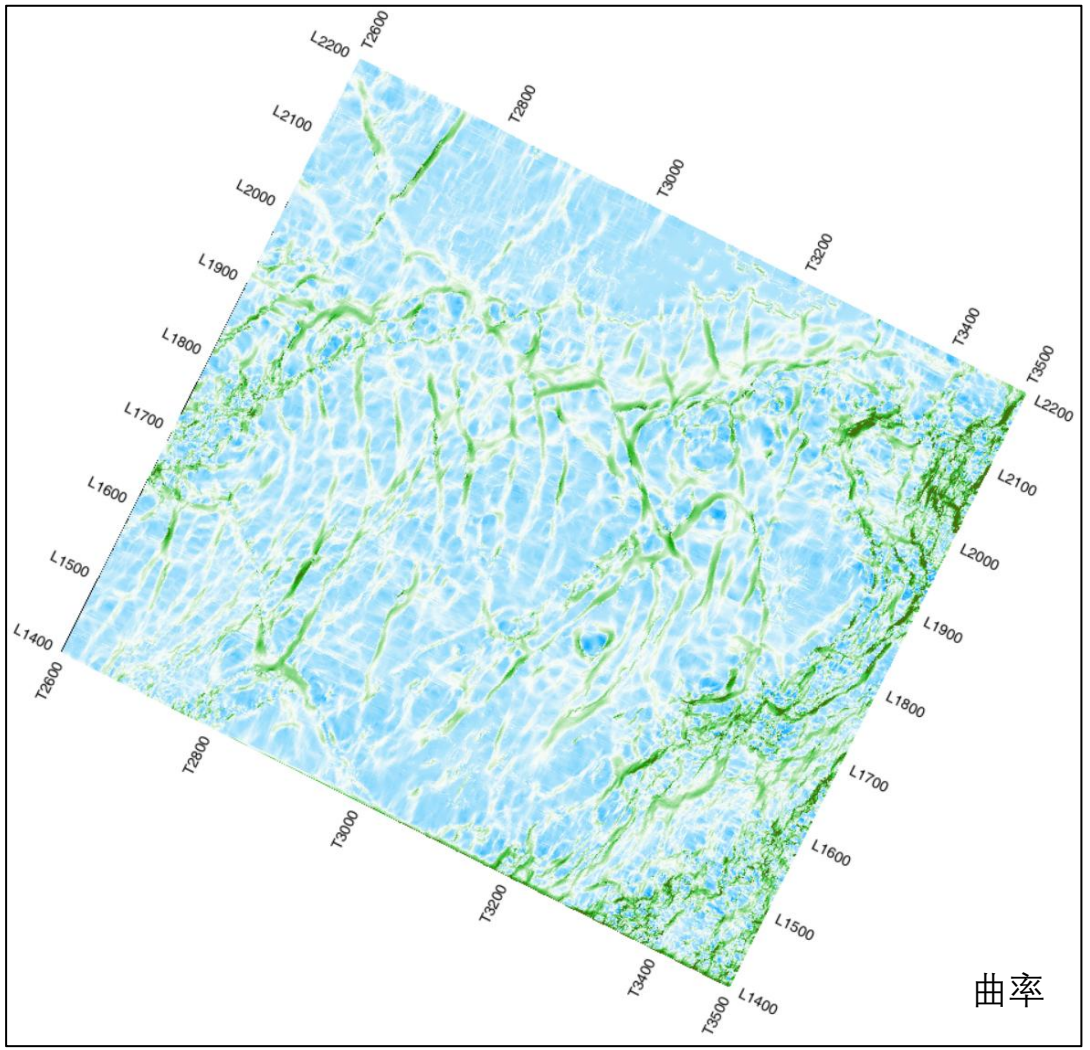
中国石油

2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

曲率属性关键参数



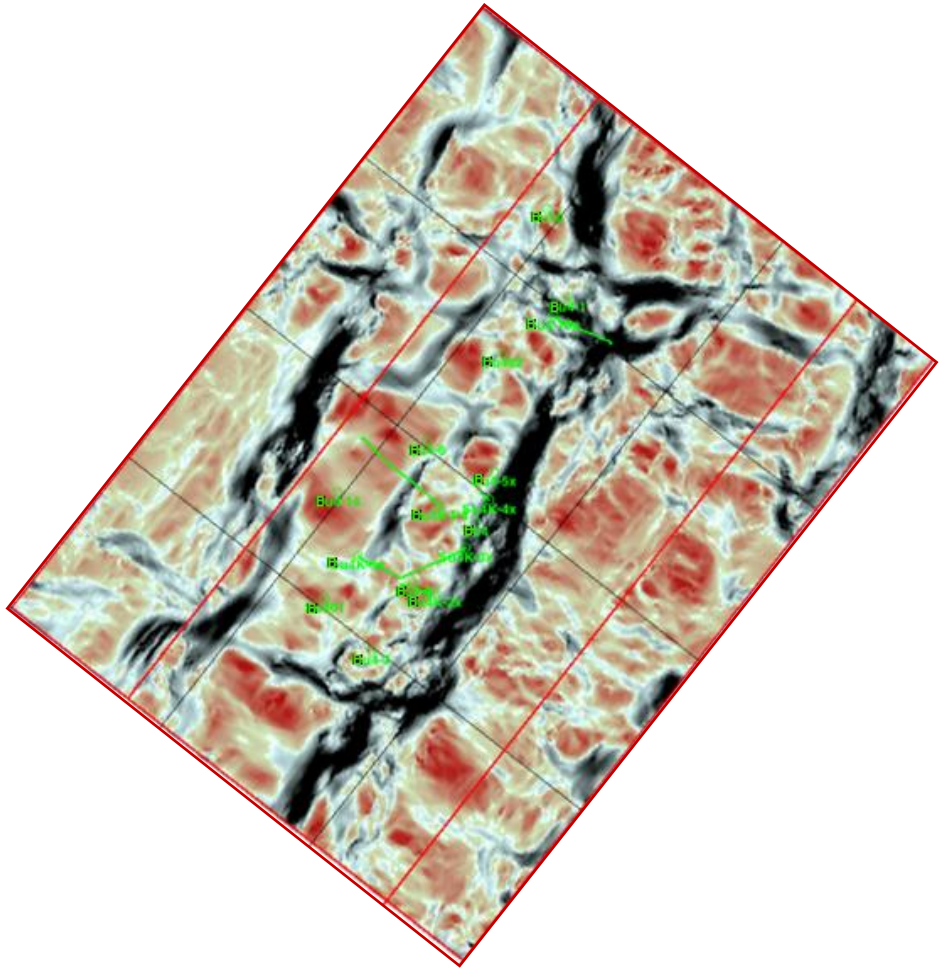
相干



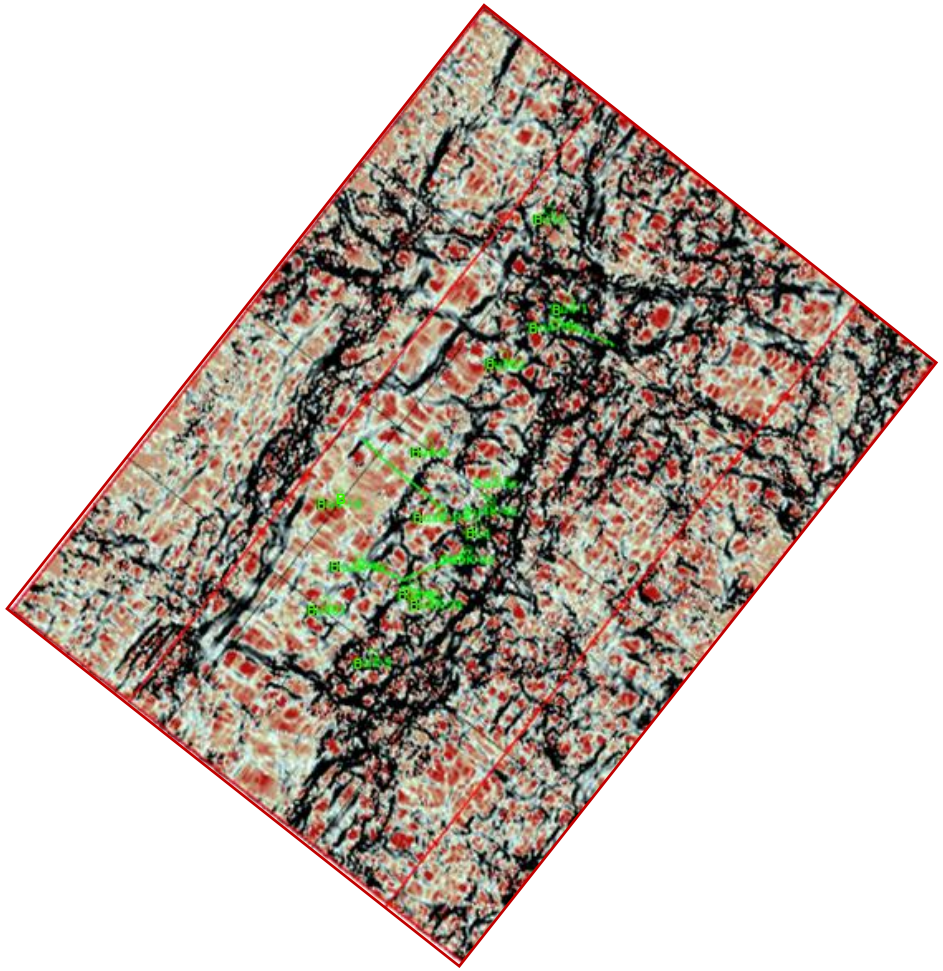
曲率

中国石油

长波长体曲率切片

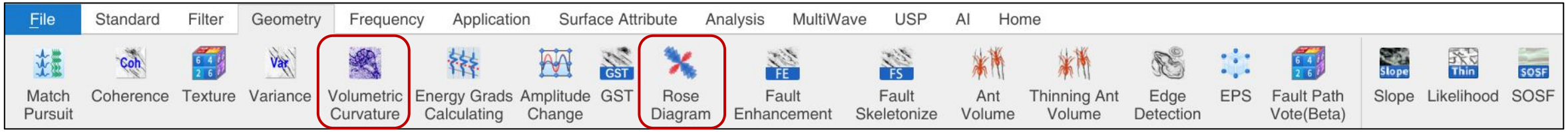


短波长体曲率切片

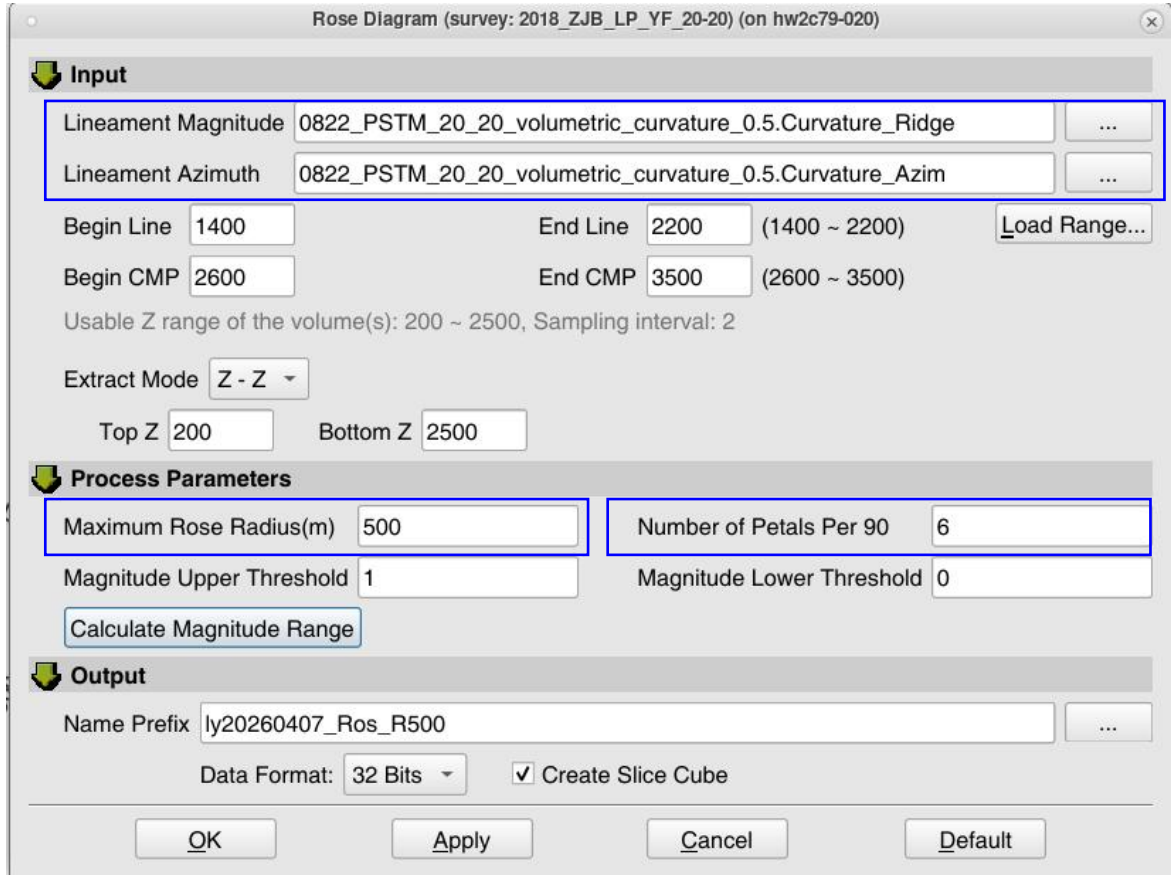


2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

玫瑰图属性关键参数



输入：脊+方位
或：谷+方位



玫瑰图尺寸（Max Rose Radius）
结果图中的方格大小，太大时结果粗犷，太小时玫瑰图细碎

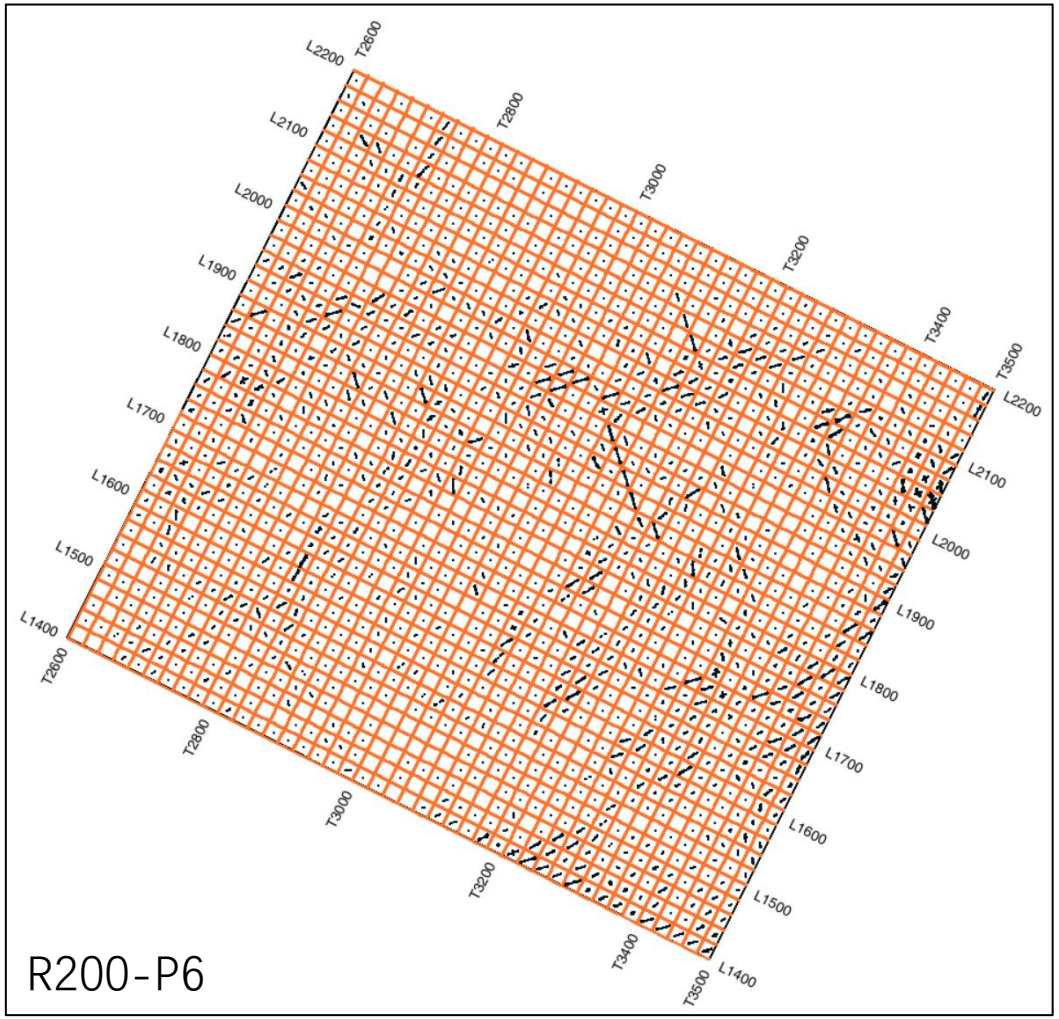
每90度的玫瑰图方向个数：
值大时，主方向玫瑰瓣细长，其他方向细碎；
值小时，主方向玫瑰瓣变短，其他方向增加；
（井点对比）

中国石油

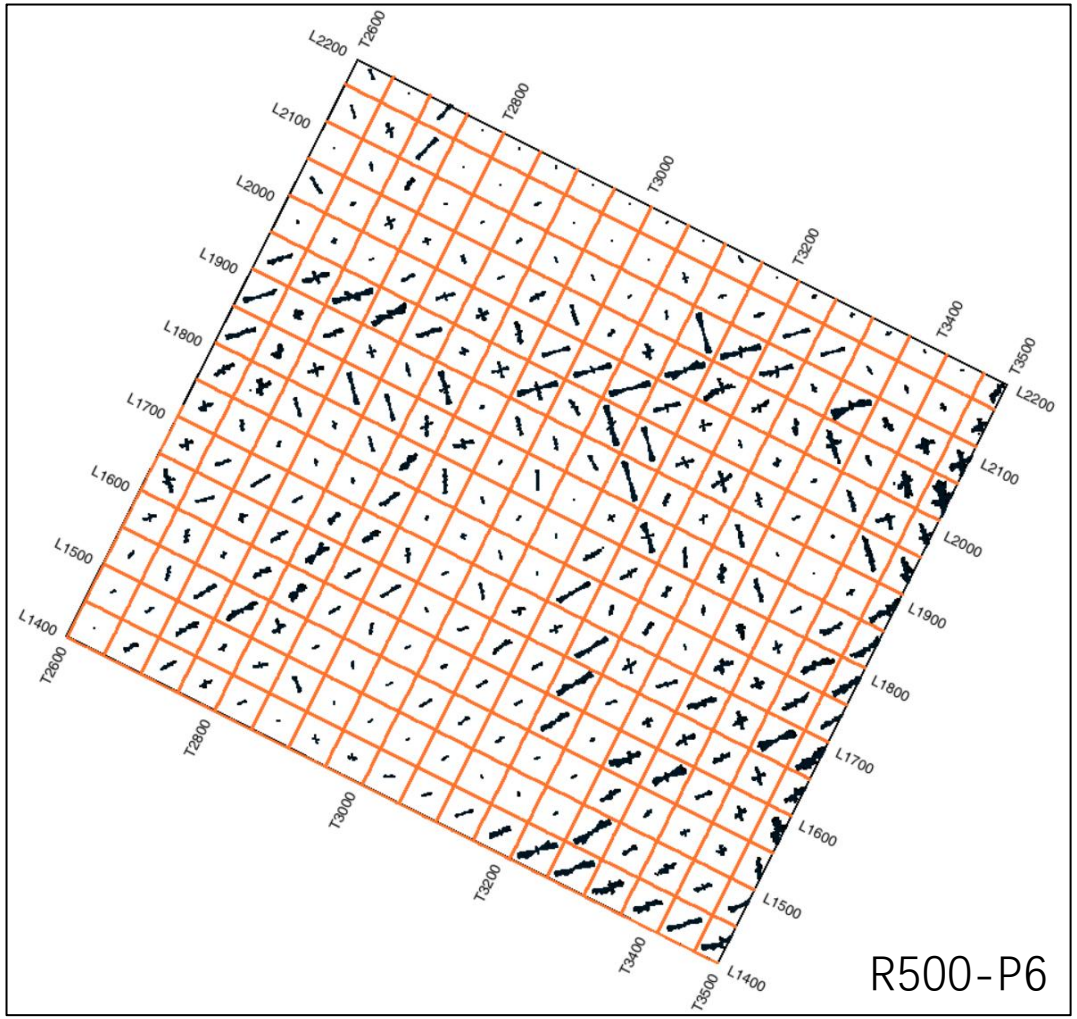
2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

玫瑰图属性关键参数

1.玫瑰图尺寸（Max Rose Radius）
结果图中的方格大小，太大时结果粗犷，太小时玫瑰图细碎



R200-P6



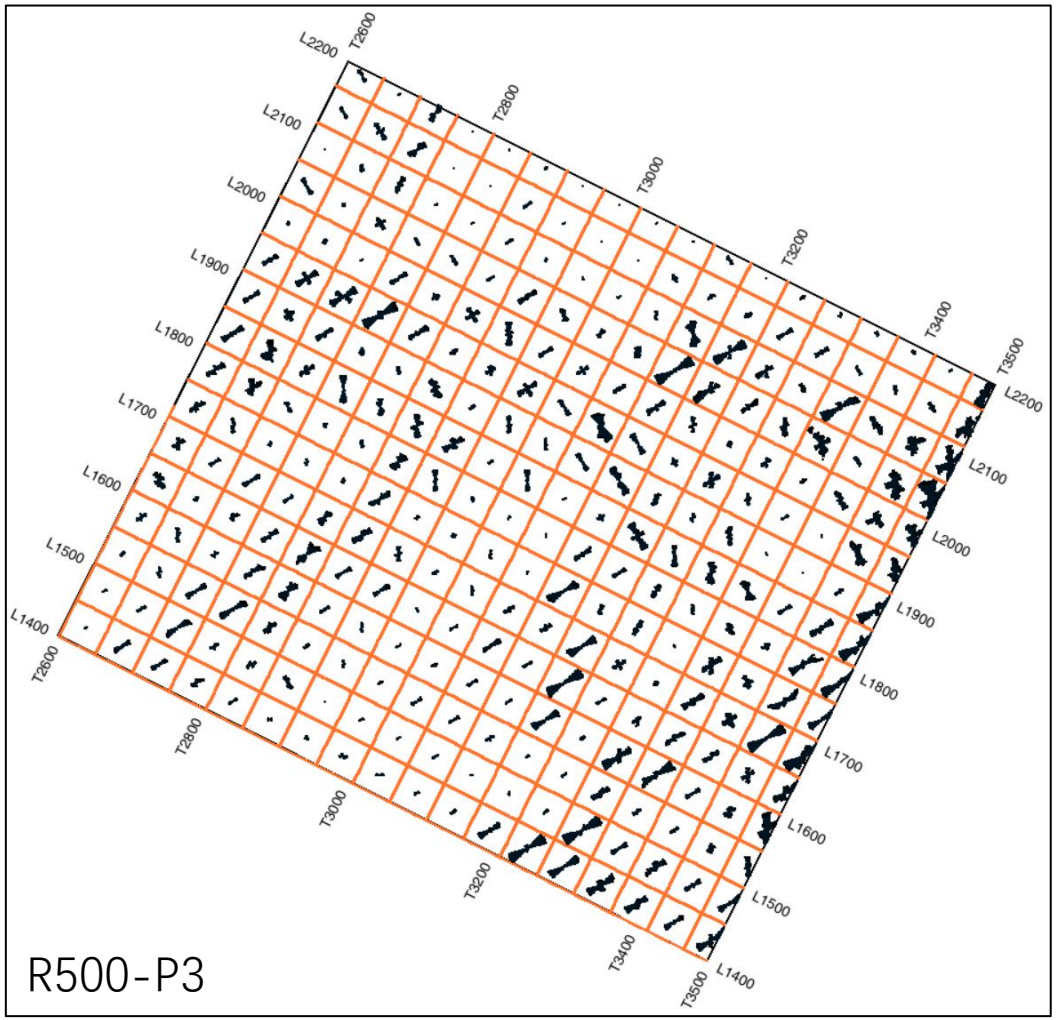
R500-P6

中国石油

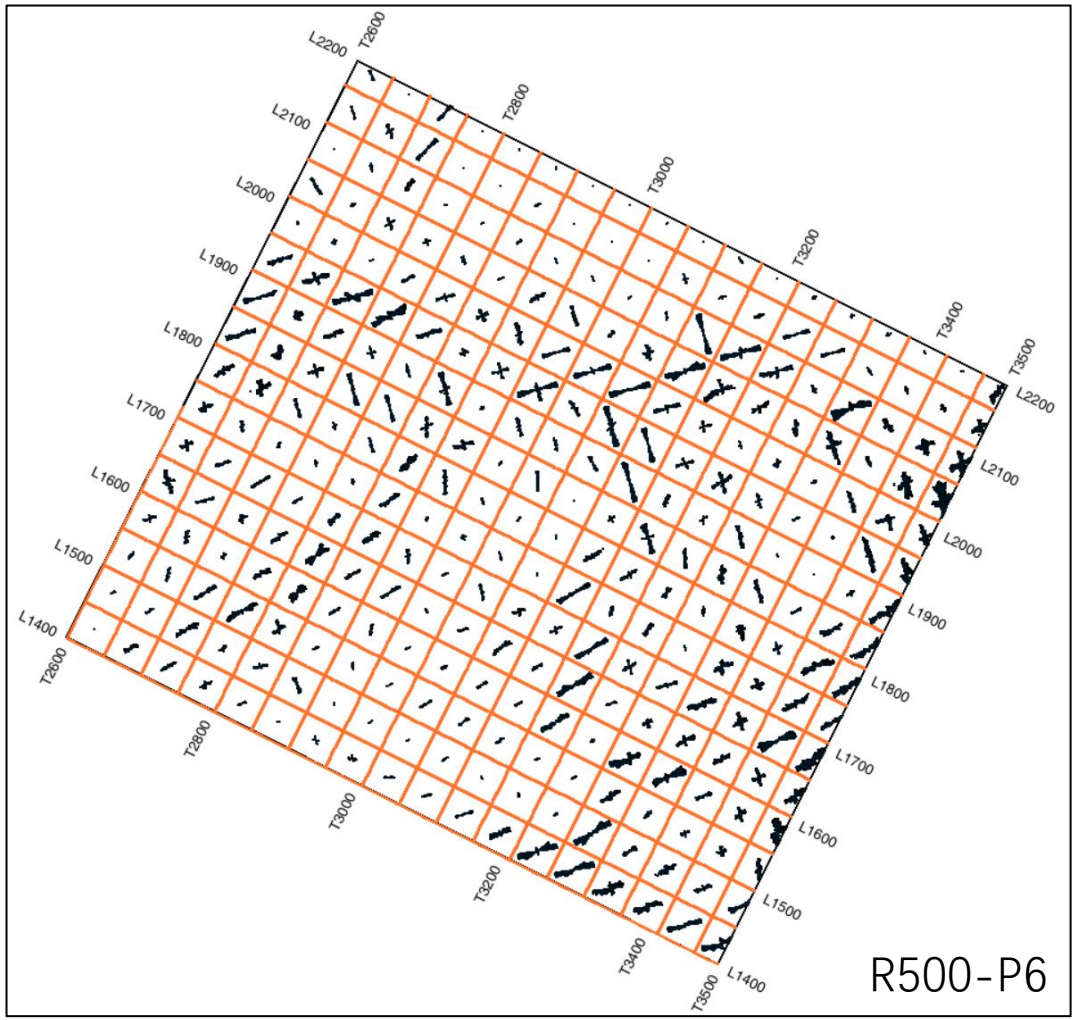
2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

玫瑰图属性关键参数

每90度的玫瑰图方向个数（No. of petals per 90:
值大时，主方向玫瑰瓣细长，其他方向细碎;
值小时，主方向玫瑰瓣变短，其他方向增加;



R500-P3

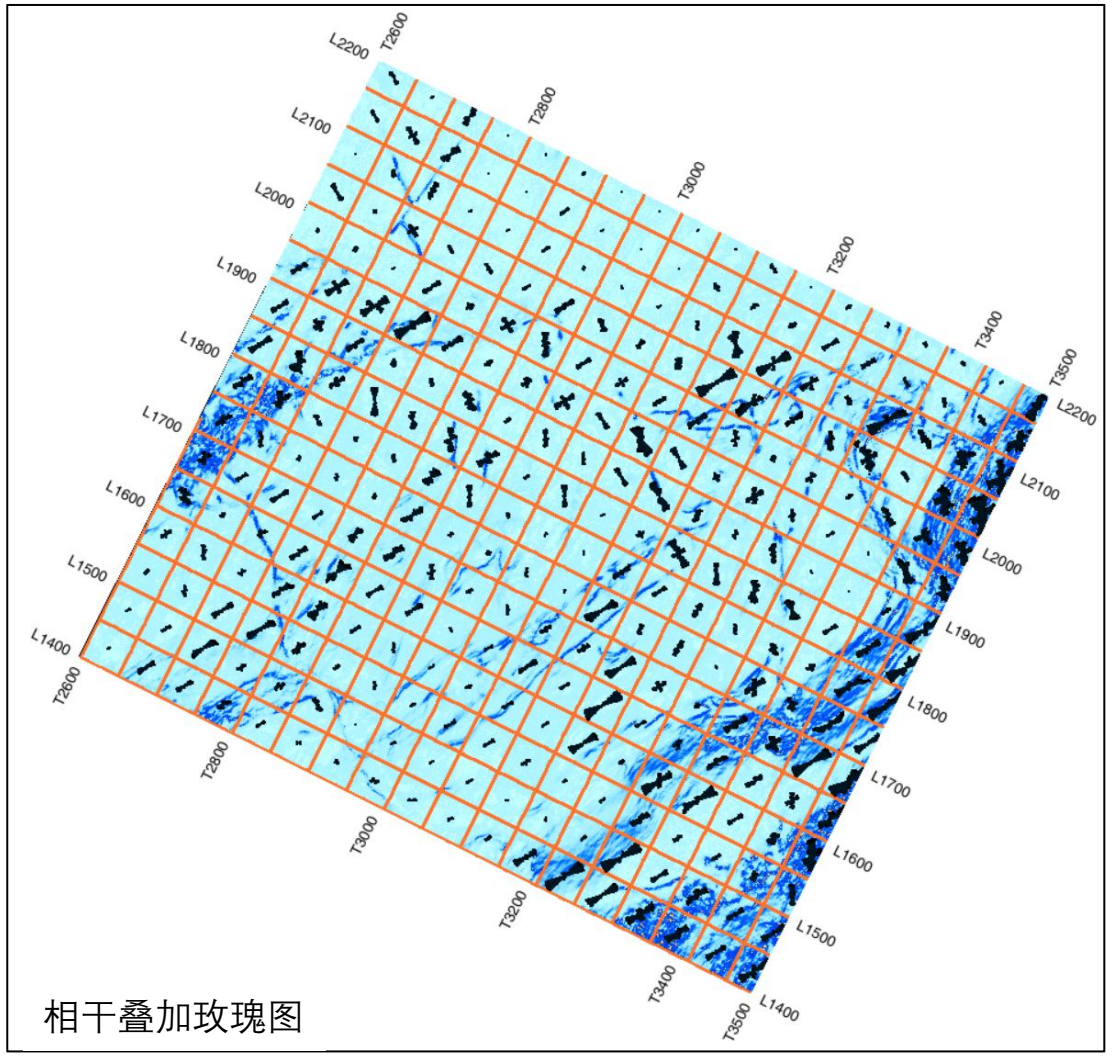


R500-P6

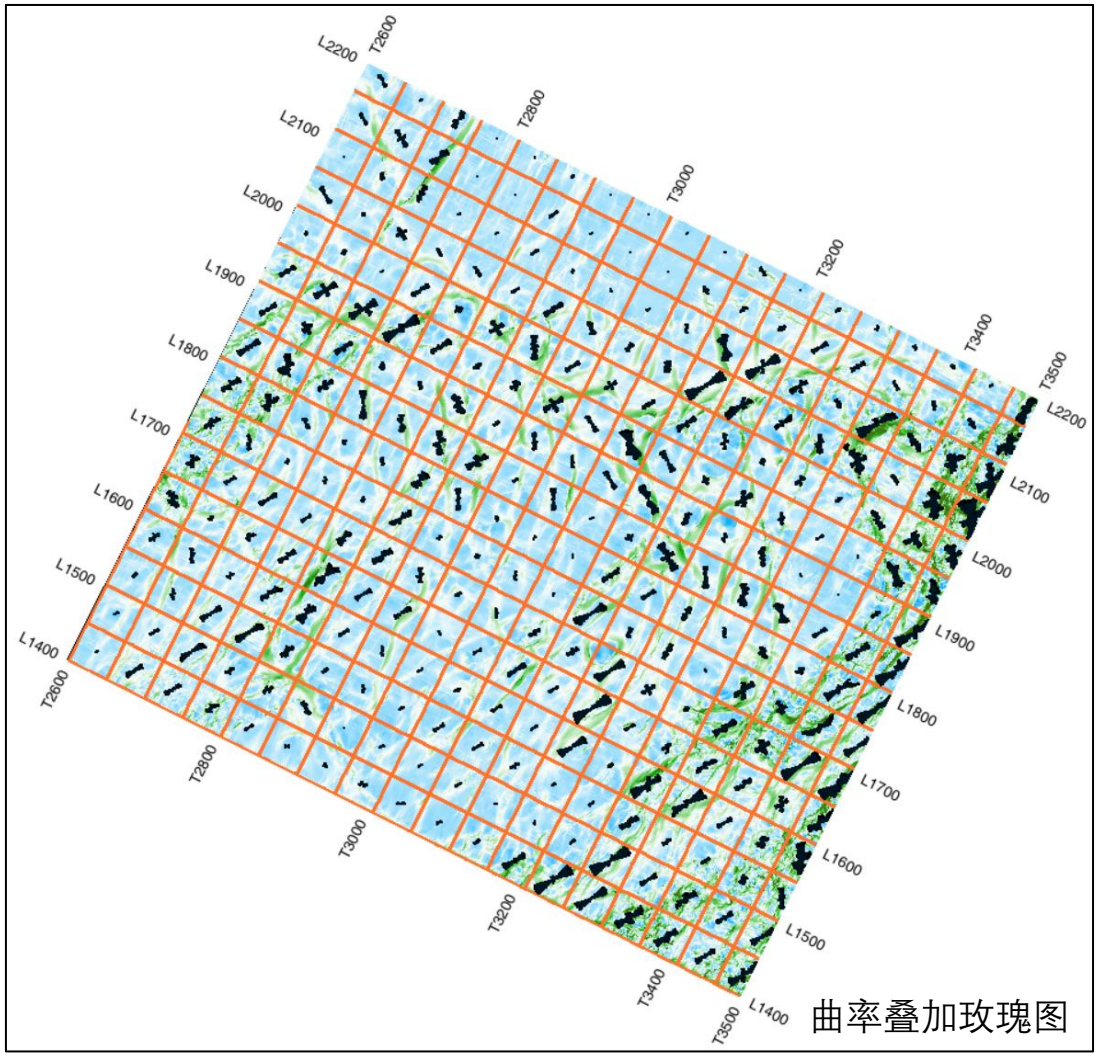
中国石油

2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

玫瑰图属性关键参数



相干叠加玫瑰图



曲率叠加玫瑰图

中国石油

CONTENES
目录

01 一、研究背景

02 二、叠后裂缝属性应用

1. 基于AI+断层路径投票属性裂缝预测
2. 基于曲率+玫瑰图属性的裂缝预测

03 三、小结

三、小结

两种叠后地震属性进行裂缝预测的技术流程特点：

1.AI断缝预测+断层路径投票方式：

1）基础数据：大值反映断层或裂缝的属性；

2）对基础断缝类属性数据依赖性较强，基础数据反映断缝较好时断层路径投票计算时间短，而方差类属性+断层投票计算时，计算时间较长。

2.曲率+玫瑰图裂缝预测方式：

1）根据地质目标选择最小曲率方位分量、脊类曲率分量或谷类曲率分量；

2）玫瑰图上某个方位的花瓣长度依赖于裂缝在该方位上出现的频率；

3）根据工区范围大小定义合适的尺寸，根据井点附近的裂缝定义方位角叠加个数。

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　　QQ交流群：196011710、340847471

服务邮箱：geoeast@cnpc.com.cn　　官网网址：http://www.gs.com.cn

问题管理系统：https://wt.gs.com.cn　　销售热线：0312-3736073

2026