

向量扫描技术在微震监测中的应用

(微地震监测技术研发进展)

2019.07

0 摘要

- 0.1 参考文献
- 0.2 技术要点
- 0.3 施工流程

1 各类地震学监测方法的比较

- 1.1 两类主要微震数据处理手段——传统定位与深度偏移叠加
- 1.2 两类微震监测台网
- 1.3 微震监测难以成功的原因

2 适于油气生产、地质灾害微震监测的系统——微破裂向量扫描

- 2.1 原理
- 2.2 专用微震监测仪器
- 2.3 地震台网布设原则
- 2.4 数据处理
- 2.5 解释

3 判断和监察微地震监测方法

全部进展评述、原理、仪器及其布设研发、误差分析、应用注意问题、野外采集和处理解释原则与执行规章已公开：www.geoimagecn.com/技术文件及下载

- 1) 微地震压裂监测技术研发进展, 2015, 《地球物理学进展》, 30 (1).
 - 2) 研发进展补充—对微地震监测的最大挑战: 目标特性不明, 《科学技术与工程》2018第13期.
 - 3) Vector Scanning: Hydro-fracture Monitoring With Surface Microseismic Data, SPE-152913, Copenhagen, Denmark, 06/2012.
 - 4) Hydro-Fracture Monitoring Using Vector Scanning With Surface Microseismic Data (developments in the last two years), AAPG-1948512, Istanbul, Turkey, 09/2014.
 - 5) SEG 1st International Microseismic Technology Workshop, Asheville, USA, 08/2014.
(就数据采集、数据处理解释、“井工厂”压裂监测做了三次发言)
 - 6) SEG Microseismic Technology & Application Workshop, Hefei, China, 06/2017.
(全面介绍了微破裂向量扫描技术)
 - 7) 微破裂向量扫描技术原理的研发进展, 2016, 《地球物理学进展》, 31 (4).
 - 8) 微破裂向量扫描技术的野外数据采集, 2016, 《地球物理学进展》, 31 (5).
 - 9) 微破裂向量扫描技术的自动化数据处理, 2017, 《地球物理学进展》, 32 (1).
 - 10) 微破裂向量扫描在微震监测中的解释原则. 地球物理学进展. 2019. 已投稿.
- 专利: 微破裂向量扫描方法—发明专利号: ZL 2013 1 0218220.7;
微破裂向量扫描技术—发明专利号: ZL 2016 1 0239196.9;
专用微震仪—发明专利号: ZL 2013 1 0218051.7;
专用检波器—实用新型专利号: 201320315434.1.

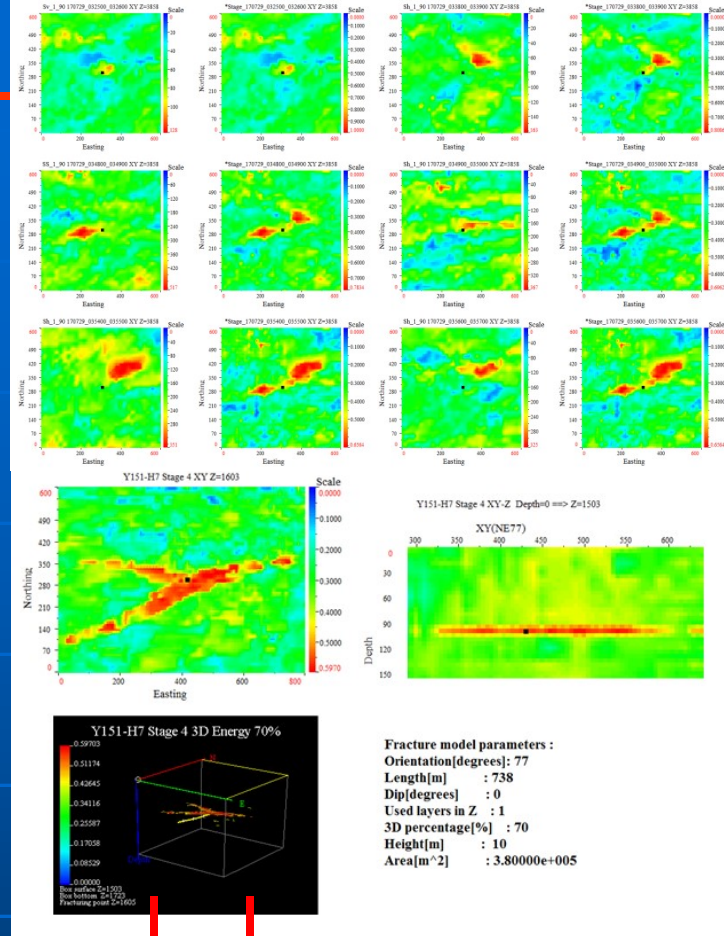
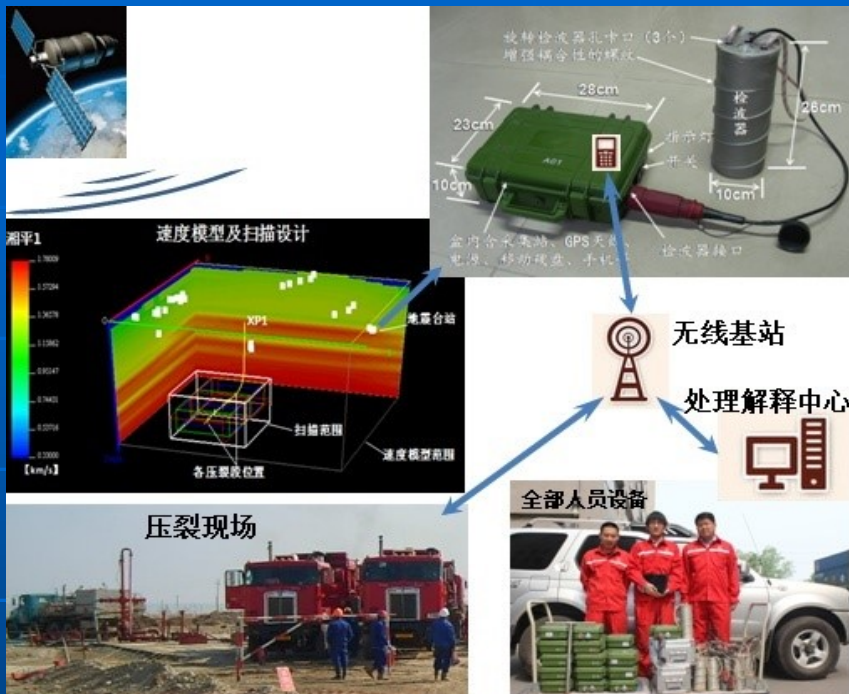
- 由于这里观测点与目标通常由固体远隔，微震监测和检验其可靠性比监测隐形航空器和航海器还要艰难
 - 目标特性：微小、剪切破裂，很多已有天然和勘探地震学方法失效；
 - 流体或真空相隔，总可以接近目标，设置目标加以比较检测。

- 微地震最重要的两个特性是：微小、且通常是剪切破裂或具有剪切破裂成分；这与爆炸或天然大震甚至地方小震有重大差别。因而微地震监测不可能照搬常用天然或勘探地震学的软硬件，而应创新研发
 - 若不解决狭小区域中介质不断变化等问题，应强烈质疑井中邻近监测的可靠性；
 - 地面大规模阵列（千万个单垂直检波器-仅对P波）对每一观测点需千以上点的叠加才可能看到微破裂波形，实施传统定位。成功率低（ $<10\%$ ），且目前成功监测深度 $< 2700\text{m}$ 。

- 微地震监测的中心任务是使用三分量的地震台网，在仪器研制、数据采集、去噪、计算、与解释中，尽力获得和提高有效信噪比。当前最大问题，是可行可靠的数据采集；否则妄谈后续任务

- 向量扫描技术是专门针对微小破裂、三分量浅地表埋设观测、稀疏布设台点、实时监测并4D处理解释、且考虑了微震多有剪切破裂（S波）特性，所研发的检测破裂能量大小的地震学监测方法；它扩展了传统定位方法的监测范围，能够在地表快速施工并“看到”压裂破裂，性价比高，可成为伴随压裂的日常监测手段

数据采集系统，及为自动化处理、解释、和监察的上传下载通信系统示意。

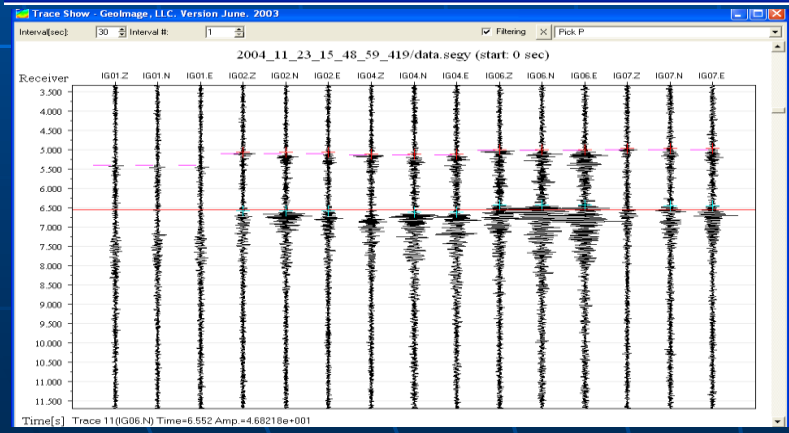
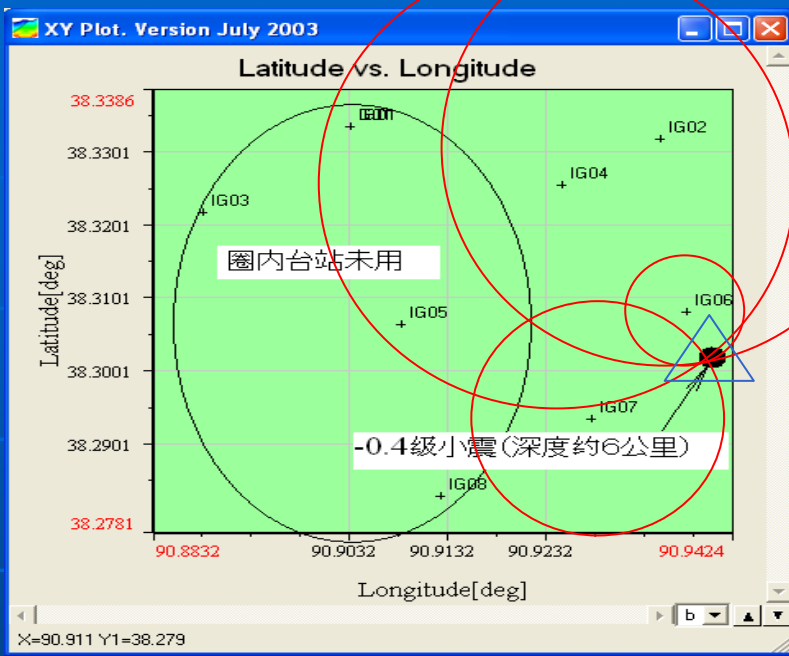


新疆油田分公司勘探事业部2018四口井压裂监测

序号	井名	监测层(段)数	监测年月日-月日	报到仪器检查	布台预案	资料索要	数据处理	解释	技术总结报告	备注
1	AAAA	1		√	√	√	√	√	√	
2	BBBB	4		√	√	√	√	√	√	
3	CCCC	2		√	√	√	√	√	√	
4	DDDD	2		√	√	√	√	√	√	

1 各类地震学监测手段的比较

1.1 两类主要微震数据处理手段——传统定位与偏移叠加



● 传统定位（俗称点点画圈）：

- 1) 确定地震观测中由震源处振动传播到达各台的时刻；
- 2) 寻找空间中的一点，使由此点发射出的地震波到达各台的时刻同观测到的时刻之差最小，即是最可能的震源(x, y, z, t, M)。

注意微震定位条件：

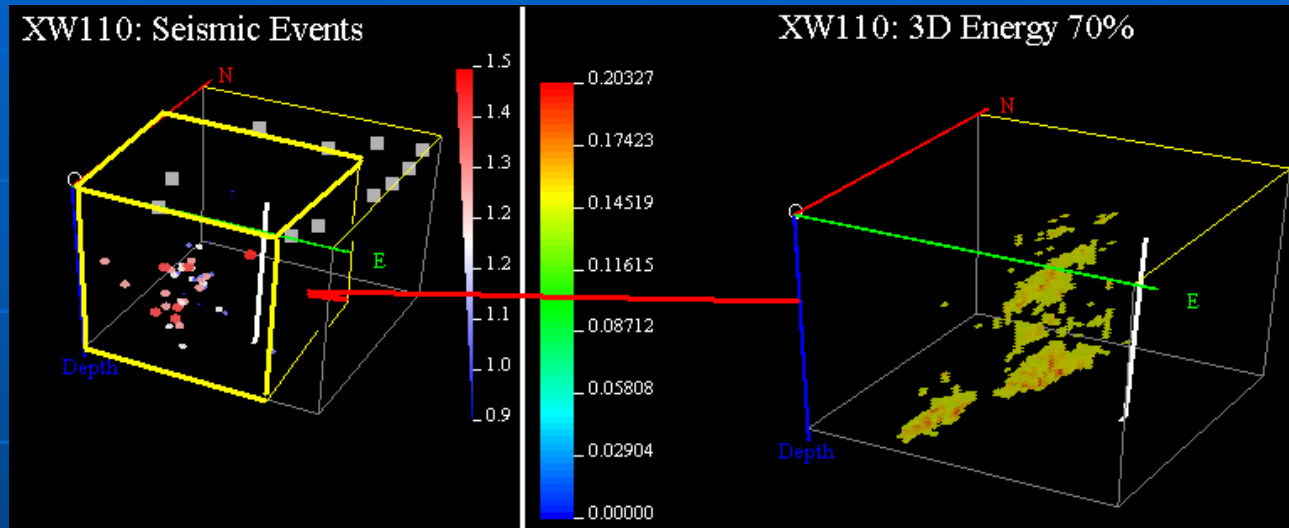
- 1) 要能清晰地辨别出初动振幅，如信噪比 ≥ 3 ；
- 2) 通常使用 ≥ 3 台（绝不是一两个）。地震波在百ms内几乎同时到达各台。监测者应提供如左两图的典型证据！
- 3) 完整的定位应包括震级M（或转换为能量E）。不同M的微震可能破裂体积差别极大。仅使用所定的发震初始点实施解释（如裂缝走向和形状），意义有限。

←青海柴达木盆地开发区的一个非压裂微震(黑实圈, 2004)

● 偏移叠加是针对地下某目标点，叠加某个时段的记录，观察此点的某种信息，如释放的能量。常针对信噪比较低（看不到有用信号）的情形。

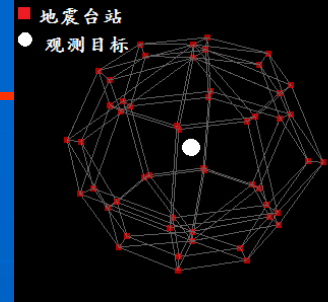
例1：柴达木盆地开发区的一个深微震定位(2004)

传统定位（确定初始破裂点）与偏移叠加（直接输出破裂能量分布）哪个更合理？
为何我们使用偏移叠加，不用传统定位？



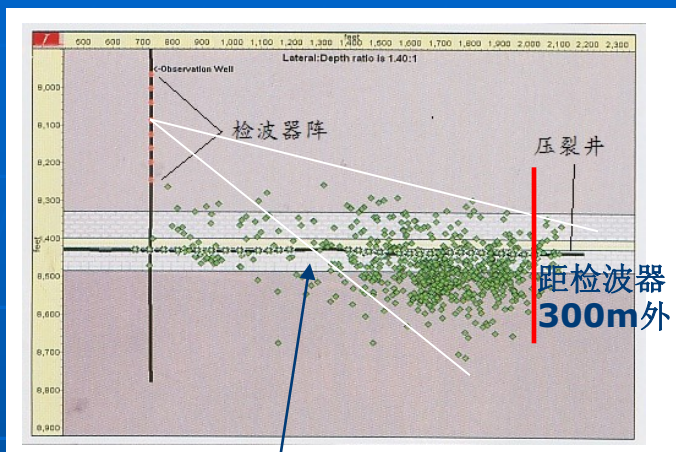
例：压裂中在距压裂段西500-600m外发现 $M \in [0.9-1.5]$ 的一簇小震，为压裂诱发的远处与压裂主裂缝不联通的断层活动. 使用传统定位（左图）和释放能量扫描（右图）两种方法的比较：

1. 压裂破裂过程可能引起远处的与最终压裂裂缝不连通的但更强的破裂；
2. 压裂主裂缝破裂确实是由大量震级0级以下的微破裂组成，地表监测通常无法传统定位；
→同压裂裂缝连通的微震引起的破裂能量较上述震群的小得多，不隔离就不可能看到。
3. 一个1.5级的地震，相应于很大一片破裂体积，而南部较小的地震群仅同小得多的体积对应；
→扫描能量分布优于微震初始点分布。



理想观测台网:

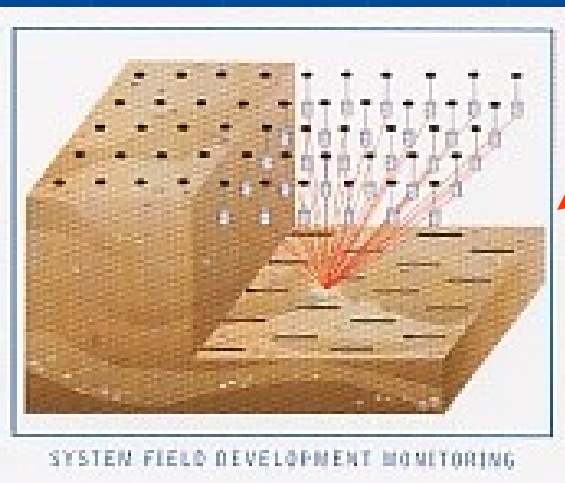
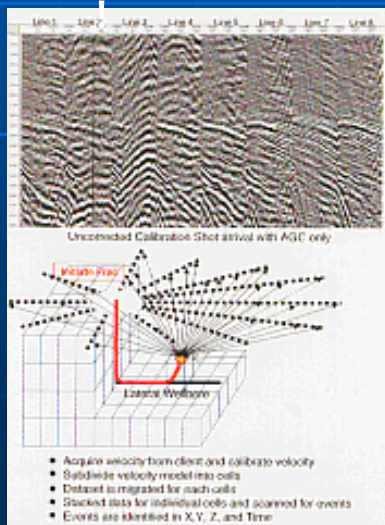
- 空间包围目标
- 记录信噪比高



注意: 可能的单井观测误差;
后几段可能监测失败了 (也见后页)

1) 最好的监测方法, 似乎是井下邻近监测目标观测并传统定位。但成本巨大, 限制条件多; 即使有观测井, a) 随着压裂段距检波器阵渐远, 必定存在一个距离 (300-500m, 有人总结为100-600m), 在此之外无法实施传统定位。b) 介质速度由于压裂在不断变化, 应当不断进行速度反演和定位迭代云计算!

沿监测井迹安置检波器阵

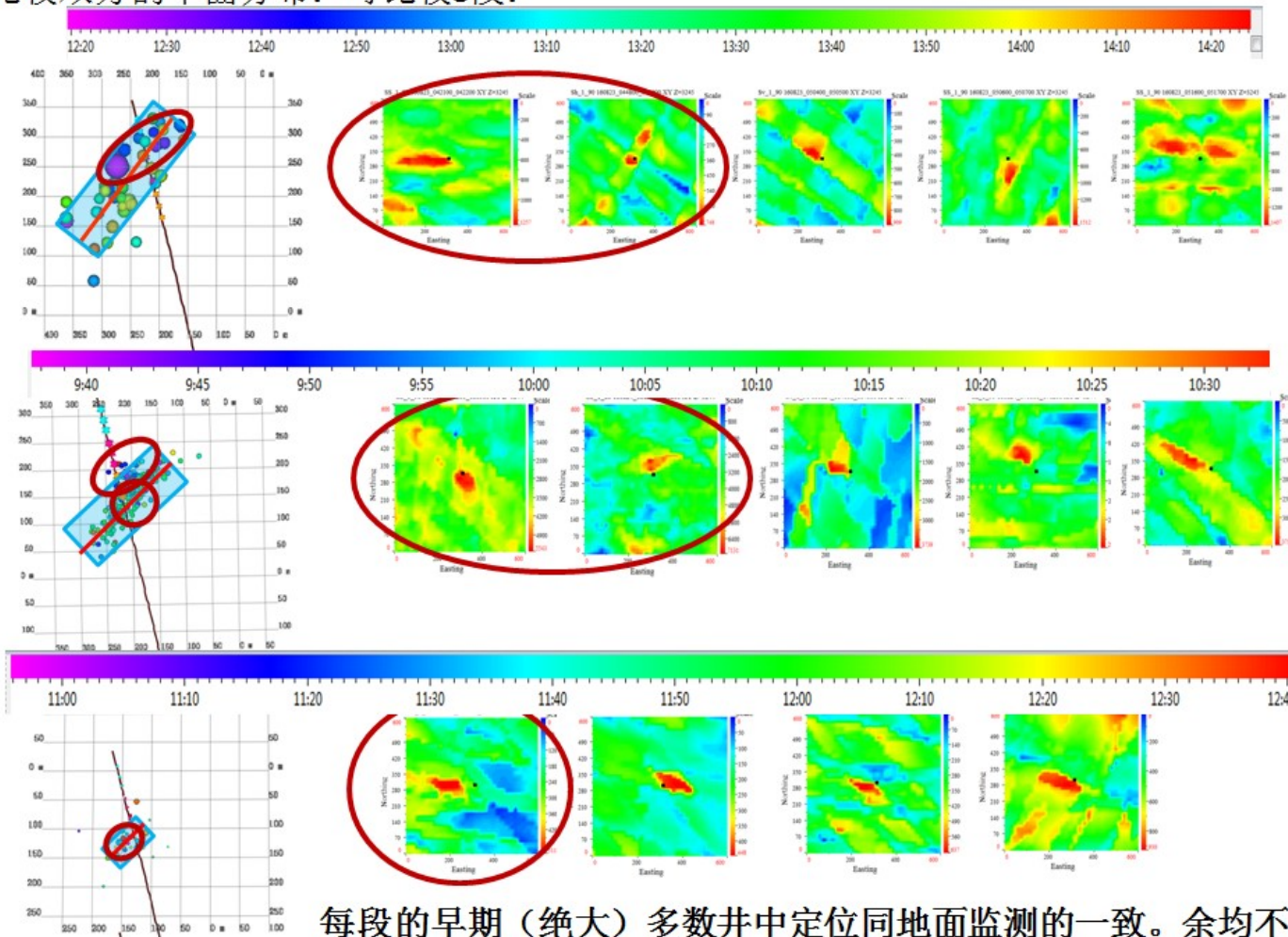


地表布设台阵

2) 地面大规模阵列 (千万个单垂直检波器-仅对P波) 对每一观测点需千以上点的叠加才可能看到微破裂波形, 实施传统定位。成功率低; 经复杂处理, 损失大量台站记录, 也只有<10%的监测可行, 且目前成功监测深度 < 2700m。

向量扫描与某井中邻近监测的比较。共5段，井中监测前3段已有异常，未提供第4、5段的结果。各段排量与总液量类似

比较双方的平面分布：可比较3段：



1

2

3

每段的早期（绝大）多数井中定位同地面监测的一致。余均不一致

所遇到的、以及遍查文献和会议例子，此类问题很普遍！

每种方法的软硬件均有其固有的应用条件（客观原因），简单照搬而不自主研发（主观原因）常常失败：

- 不明确微震本身及其观测特性——微小（手步枪），剪切破裂（对应S波）
- 不考虑和适应监测环境——压裂车、地面机器和车辆、复杂地貌
- 不去适应生产方对微震监测的合理要求——性价比高、不停产，日常手段

即，未按照微震特性、监测环境、合理要求，研发解决原理、观测仪器、台网布设、数据去噪、解释等一系列问题。

上述中一条不合情（客观）理（主观），方法就不可靠。

为满足上述要求，适应监测目标和环境特性，避免原有方法的局限性：

- 放弃记录要求较高的传统定位处理方法，采用偏移叠加或向量扫描；
- 放弃可能使很多台站噪音极大的等距等角阵列，离散安静点布设台网；
- 放弃使用振幅小的P波，而使用（3分量记录的）S波。
- 放弃常用天然地震仪和勘探采集站，研发适于微震的专用微震仪。
- 研发方向和目标：
 - a) 向量扫描是专门针对微小破裂、三分量浅地表埋设观测、稀疏布设台点、实时监测并4D处理解释、且考虑了微震多有剪切破裂特性，的地震学监测方法；
 - b) 它扩展了传统定位方法的监测范围，能够在地表快速施工并“看到”压裂破裂，性价比高，可成为伴随压裂的日常监测手段。

Semblance 叠加被改造为（含时间t的变化的积分形式即是深度偏移）：

$$C(k) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^L \left[\sum_{i=1}^M (\pm) f_{ij} \right]^2$$

- 为适应压裂破裂的剪切破裂特性，标量 f 已被发展成为向量；
- 叠加必须考虑剪切破裂在不同记录点引起的不同向量方向，即式中的 \pm 号；

$$P(k) = \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^M f_{ij}^2$$

$$f_{ij} = s_{ij} + n_{ij} \quad (\text{微震信号} + \text{背景噪声})$$

- k —扫描目标体内一点；
- $C(k)$ —对 k 点的所测辐射地震波能量（ \propto 地面运动速度的平方，即动能 \rightarrow 物理意义）；
- f —对第 i 个台站、时窗（一个地震同波型到达各台开始计）内第 j 个样点的地面运动速度；
- P —总能量；
- \pm —由震源机制或各台记录与参考台记录的相关性决定。
- 计算结果：对空间一点 k ，在某时段，压制台网所在地的背景噪音水平，提高各台记录有用信号控制的相关性。当 k 点有(无)破裂时， $S(k)$ 就大(小)，即相关性程度 \rightarrow 数学意义。

常常为了快速，我们令 $P=1$ （省2/3的计算时间），结果基本一致。

使用信噪比检查数据的可靠性，解释微震强度分布与解释目标的关系

● 扫描原理（使用S波）

$f_{ij} = s_{ij} + n_{ij}$ （微震信号+背景噪声）；
对空间一点k，叠加记录数据

$$C(k) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^L \left[\sum_{i=1}^M (\pm) f_{ij} \right]^2 \quad P(k) = \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^M f_{ij}^2$$

● 定义信噪比

$0 \leq R = S/N \ll 1$ ；
一般微震监测 $R \in [0.1, 20]\%$

$$R = \frac{S}{N} = \frac{\sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^M s_{ij}^2}{\sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^M n_{ij}^2}$$

● 定义信噪比下限

C_{\min} 是无微震时的扫描值；可知真实的信噪比一定更高

$$C(k) - C_{\min} < R = S/N$$

● 高破裂能量数 E_G

对一定监测时长，空间中一点k，指定一个信噪比下限 E_0 ，定义所有扫描时段中高于 E_0 的 $C(k) - C_{\min}$ 之和为高破裂能量数 E_G ，它表示在一定时长内第k点的微震活动强度。

$$E_G(k) = \sum (C(k) - C_{\min}),$$

可用于所有压裂或长期监测（注汽、注水、隧道安全、断层活动等）

● 应用向量扫描技术的必要条件是：

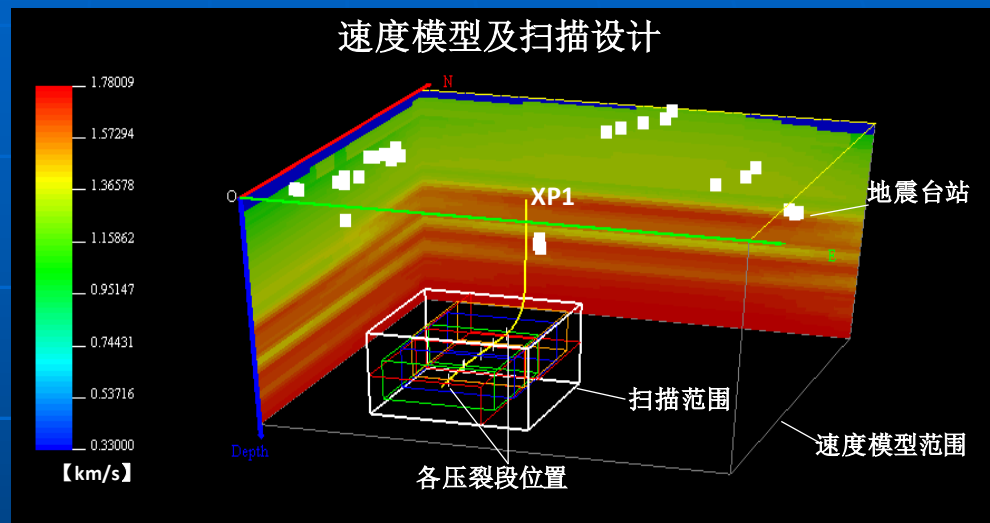
（想尽一切手段，监测到弱小微震，尽力提高信噪比！）

- A. 在定量的较安静处布设地震台站以躲避强干扰源；
- B. 为保证监测质量，使用叠加偏移算法，且一般放弃叠加振幅较小的P波，而使用到达地表时携带能量较多的S波；
- C. 使用大于等于一个有统计意义的最小扫描台站数 (>10)，这里使用了25台；
- D. 在数据处理中压制干扰，以获得较小振幅的随机记录，即有效去噪。

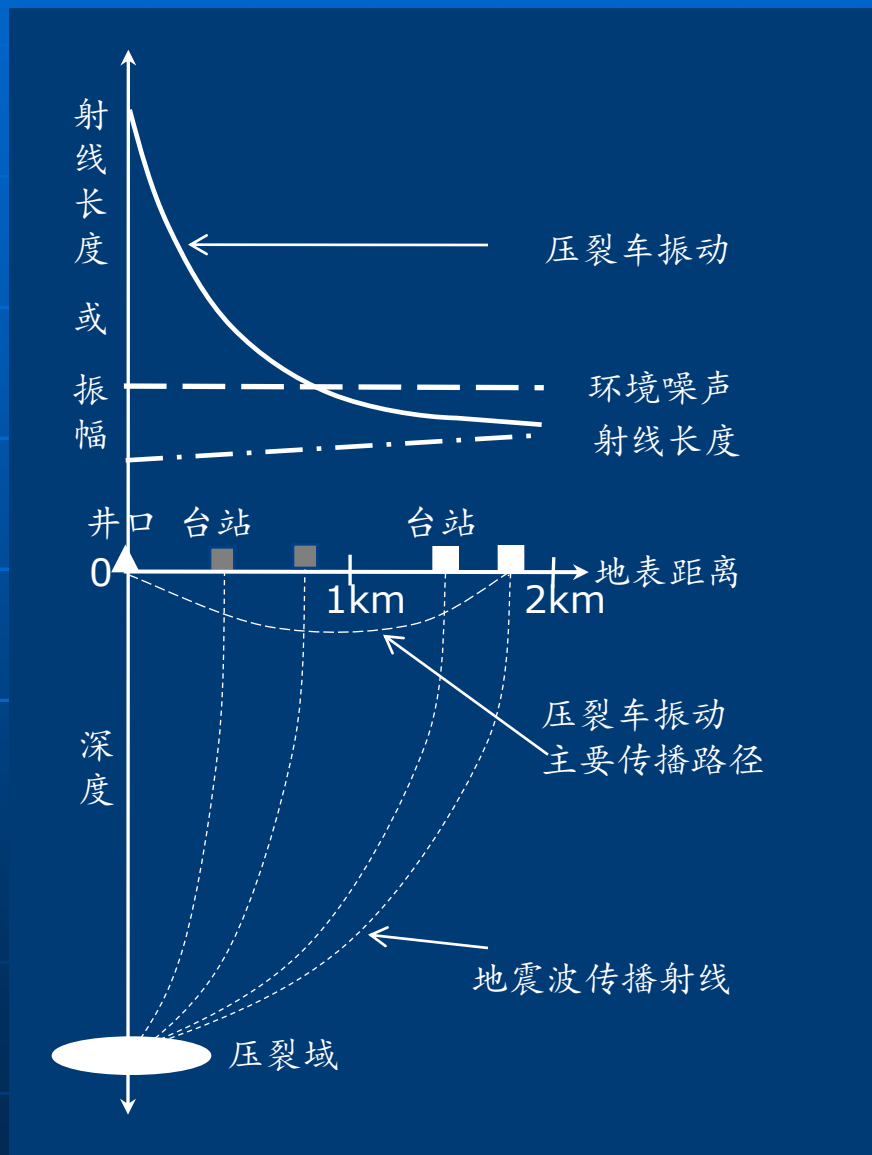
● 为达到上述条件的技术保障是：

- A. 适合微震监测的专用微震仪器；
- B. 合理的监测台网布设；
- C. 有效快速自动化的去噪软件，及尽可能接近实际的3D速度模型的构建；
- D. 快速平行计算；
- E. 合理快速的分析解释。

- 使用快速背景探测仪定量判定布设点是否“安静”。



为何要远离压裂车？为何台站要安放在安静点？由射线传播原理和观测实验决定。



- 我们要的是好的信噪比（不仅仅是绝对值大的有用信号）；

- 若避开了强大噪音，有用信号（射线长度）却没有减弱多少，我们就获得了最佳信噪比；

- 当然越近越好，距压裂车1-2km。

- 等距等角排列、人工判断安静与否、盲目安放几十到万个台，处理时可能大部是废台。

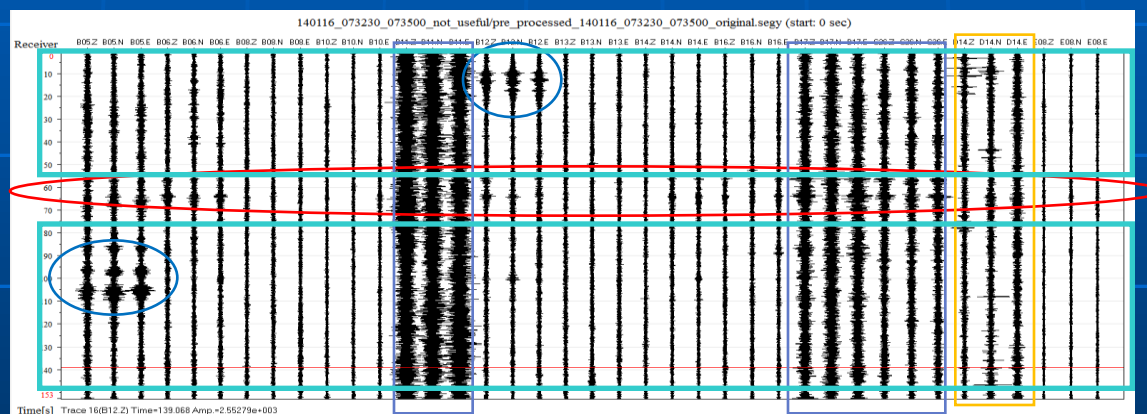
观测没有不躲避干扰源的（常识）！
天文、雷达、声呐…，躲避后可成量级地提高观测质量和扩大观测范围！

对数据处理的总要求是：

- 1) 所有台站记录应当具有随机噪音的背景；
- 2) 任何地面的或目标区内外与目标域无关的振动源的记录视为外来能量, 应去除或压制。

基本步骤：

- 1) 处理准备。含地表地形、插值3D速度模型、计算走时表、扫描几何设计（请甲方提供速度数据）。
- 2) 去噪滤波。
- 3) 投入计算并输出。



- 去除车辆干扰
- 去除与压裂无关的小震
- 去除附近人员活动
- 去除和压制了干扰后，数据被分为两个子时段投入计算



去除附近可能的若干固定多阶频率的机器振动叠加

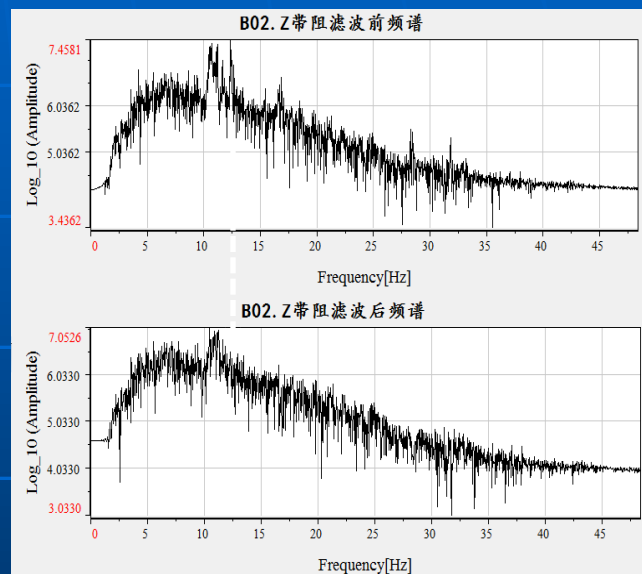
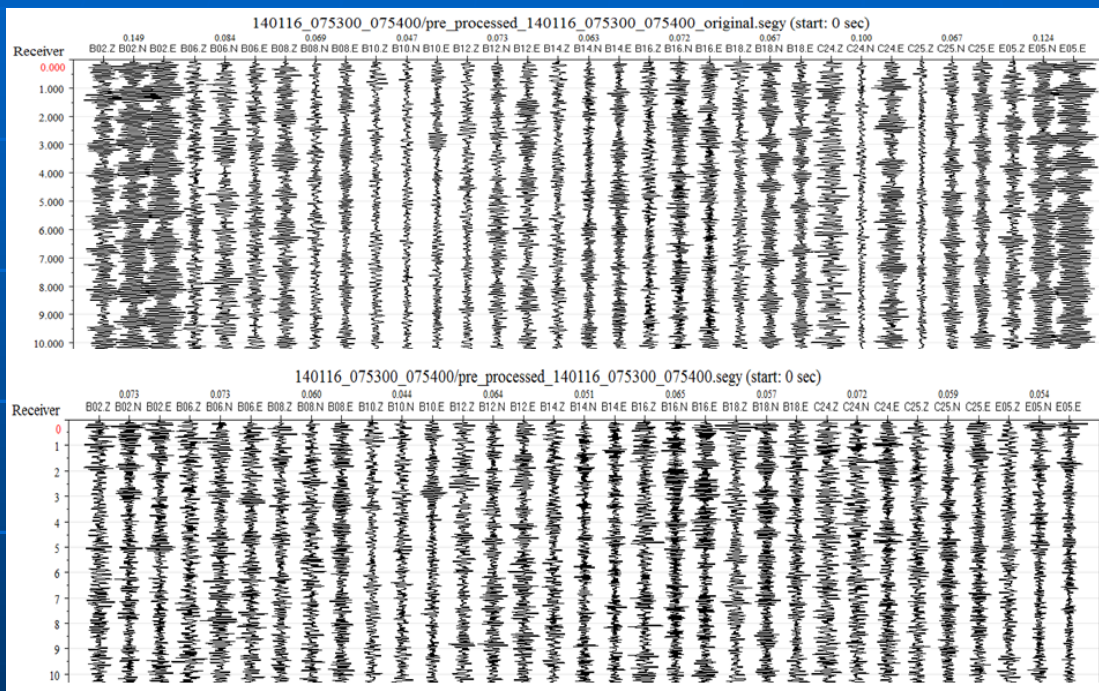


- 满足布设地震台网原则，就有最好的原始S/N，通常项目就有90%以上的成功把握；
- 进一步在数据处理中去除和压制其它干扰信号以获得较小振幅的随机记录：

表：去噪过程每步的方法及噪声源。由程序按顺序自动完成，参数通常在监测前试处理调整确定。

任务	内容或方法	噪声源及备注
1	去除已知故障台站	已知 ≥ 1 个分量不正常工作
2	去除0漂（减去平均值）	甚长周期干扰。亦为滤波做准备
3	去除0振幅占时段N%以上的台站	时段内在记录始尾或中断引起而程序补充的0值
4	去除尖脉冲	如电磁干扰
5	辨别可能的未知故障台站	≥ 1 个分量不正常工作为故障台
6	带通滤波(M-N Hz)	长周期和甚高频记录（M和N由检波器和环境定）
7	尖灭时段两端或时段内台站记录起止处	由滤波引起的大振幅脉冲
8	带阻滤波	主要是葫芦状记录
9	压制或去除周期性振动	主要是抽油机的干扰
10	去除(台站平均振幅/最小平均振幅) $\geq N$ 者	车辆、人员行走，或虽不明原因，但可能是干扰
11	压制去除较弱（强者属于10）但可视的干扰（含小震、远震、爆破、车辆等）。必要时分离时段	主要由采油等施工及车辆、人员、动物行走引起
12	振幅补偿	类似于勘探处理的矫正和补偿

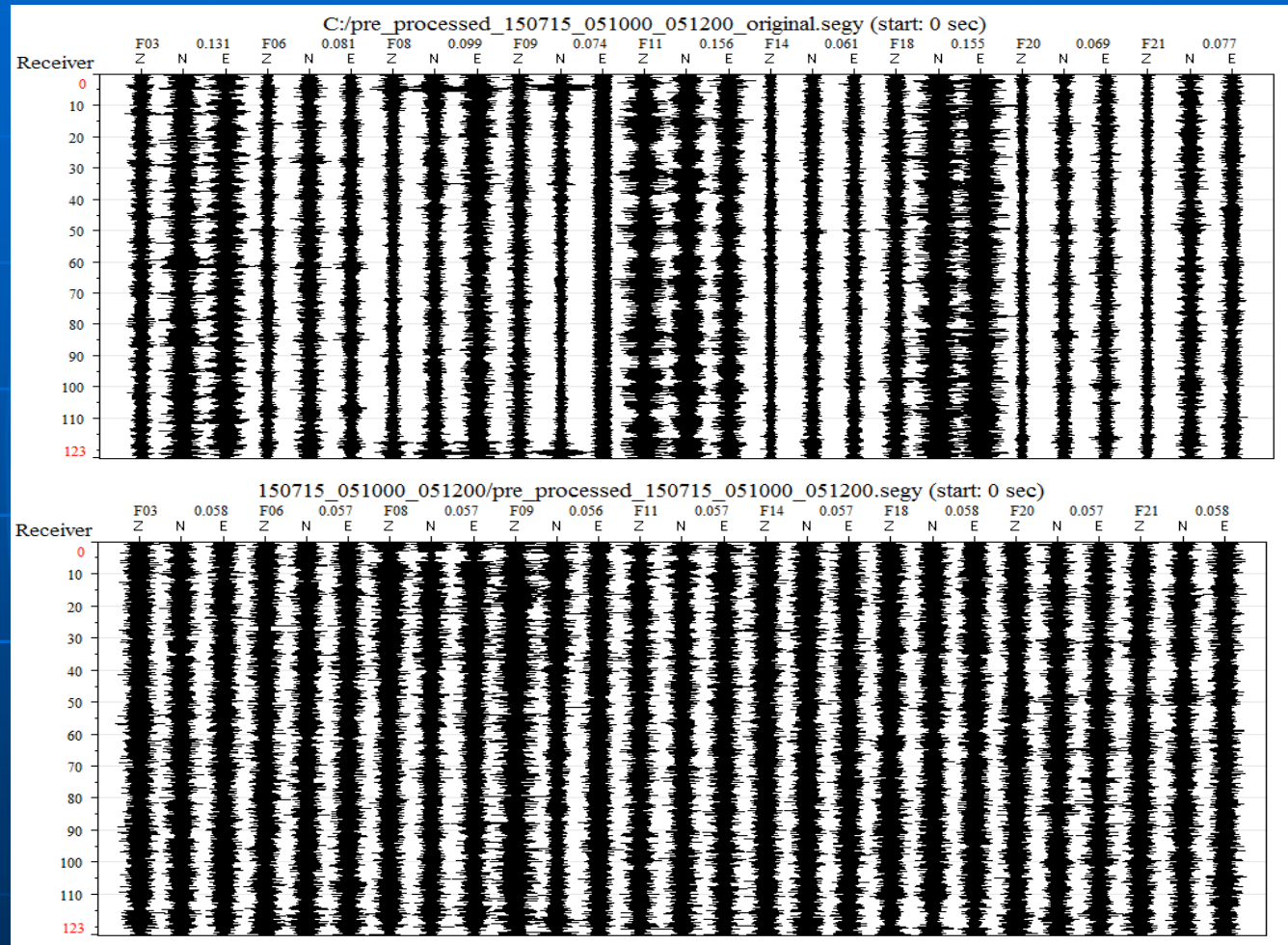
带阻滤波（主要滤掉葫芦状记录BGF）例：



上：原始数据；下：带阻滤波后。

振源：悬臂梁（附近的破路机，抽油机也类似）受激励后的谐波共振

压制或去除固频振动FEM（如抽油机）例

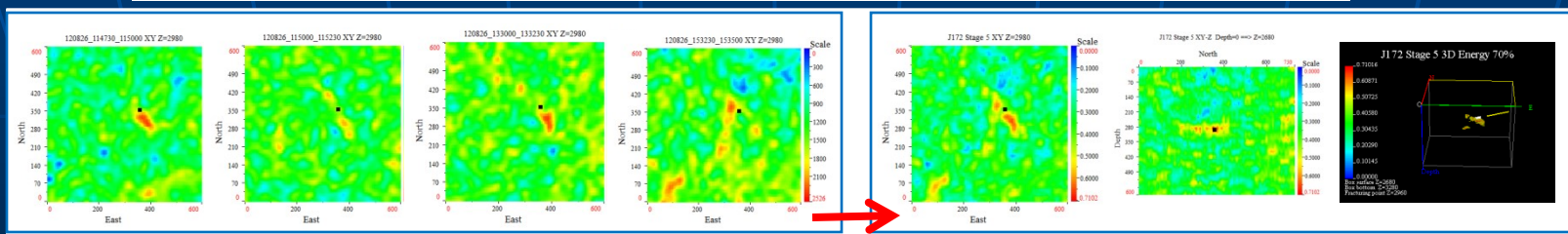
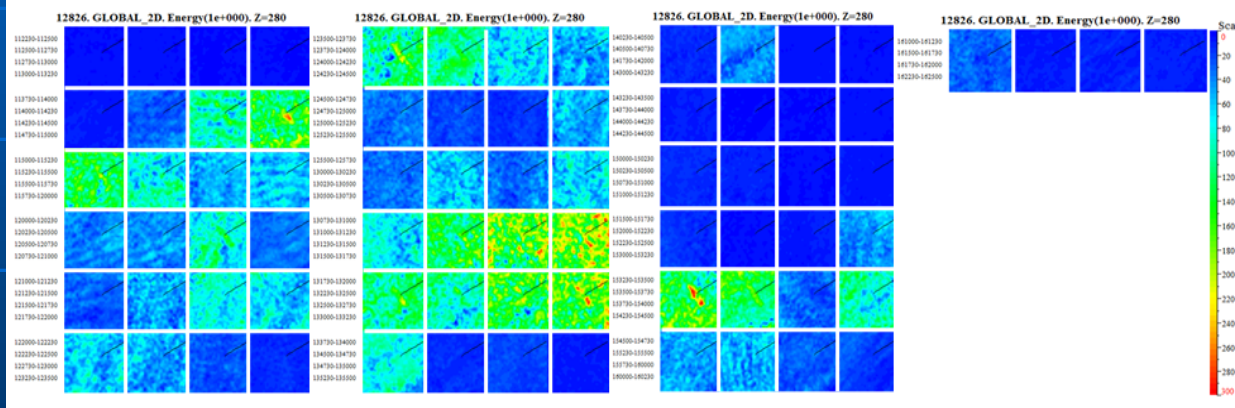
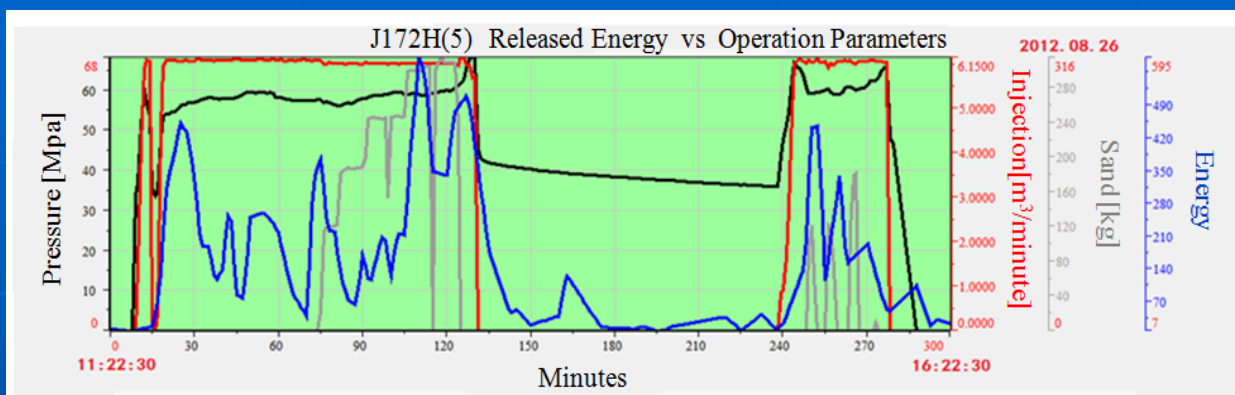


下：压制FEM后； 上：原始数据；
振源：抽油机受到激励

一般解释过程：如压裂监测

- 1) 挑选扫描输出的某一S波形；
- 2) 辨别干扰和伪影；
- 3) 挑选压裂点附近有显著高破裂能量释放的重要时段；
- 4) 归一化重要时段，并集成它们，得到整个压裂的高能量分布总效应；
- 5) 确定裂缝模型几何；
- 6) 根据每一压裂段的裂缝解释，综合为全井的各段裂缝总分布，甚至区块的各井各段的压裂裂缝总分布；等等。

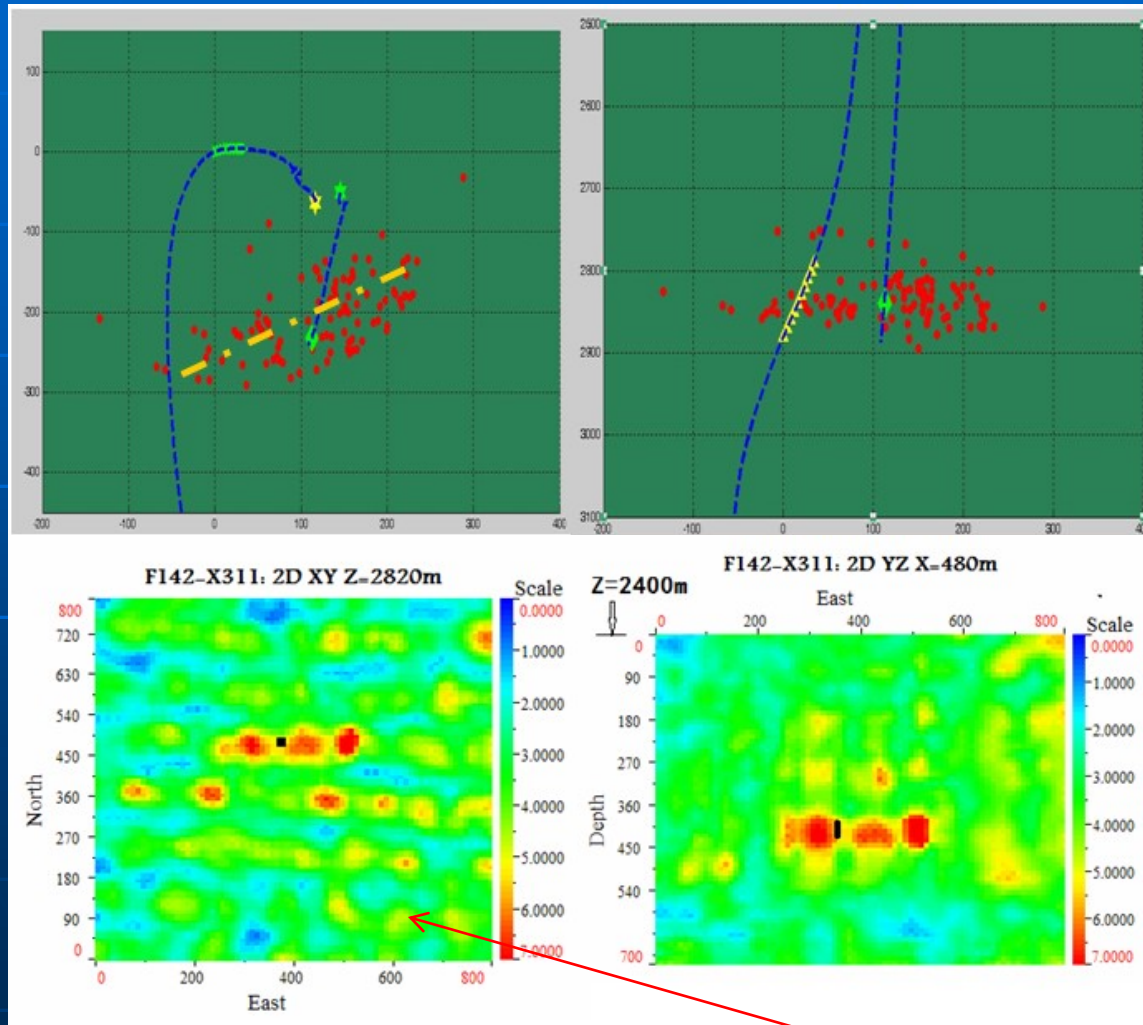
一般扫描输出



挑选重要时段

集成

使用较可靠的井下邻近观测实施对比

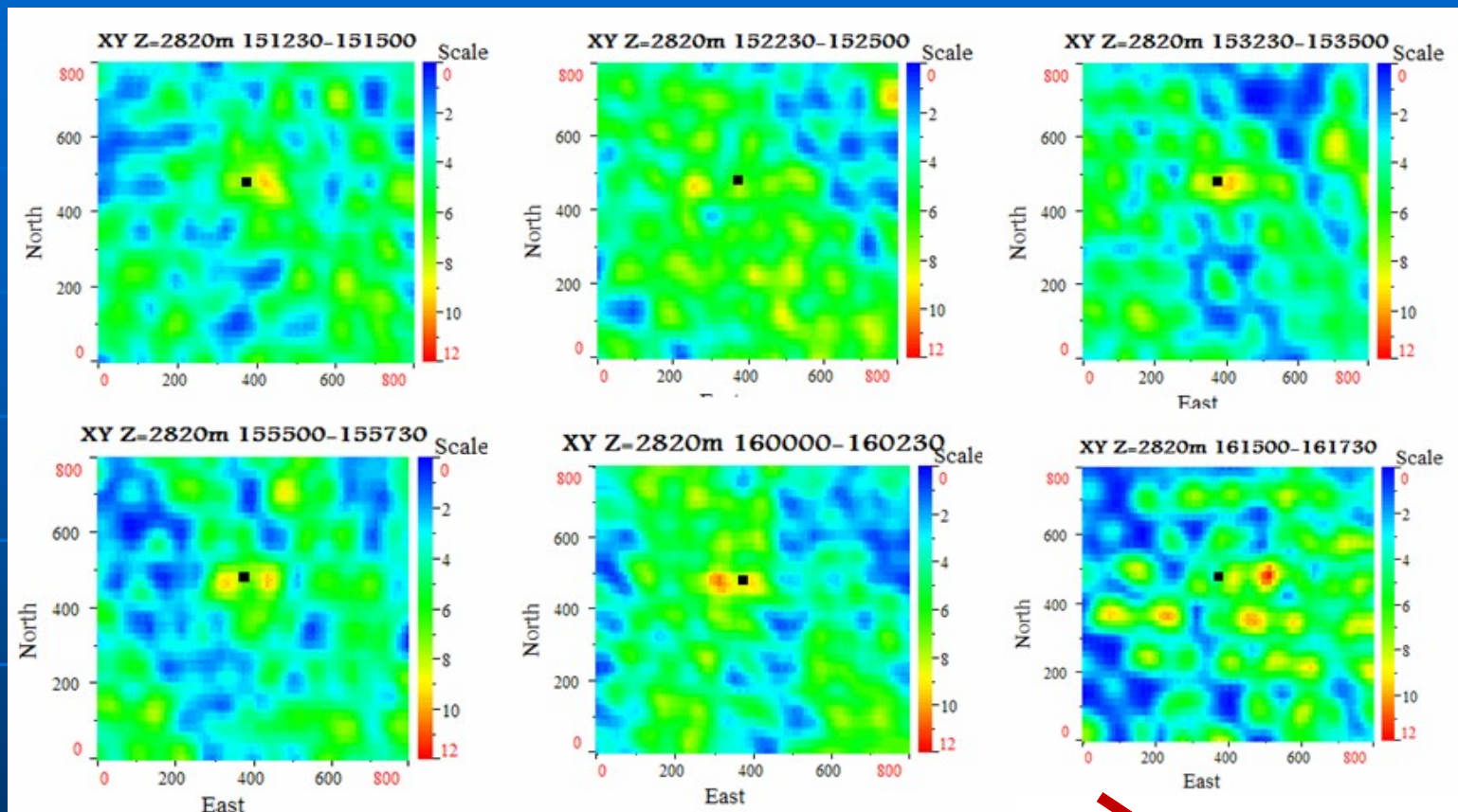


2010年8月31日，胜利油田地球物理勘探开发公司使用井中邻近观测，我们使用微破裂影像技术同时进行了监测。随后各自独立地进行了处理和解释。

	走向 (NE度)	长度 (m)	形状位置
井中观测	75	240	对称两翼
地表观测	80	200-300	对称两翼

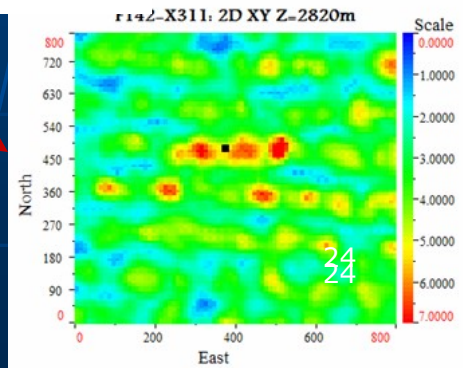
伪影

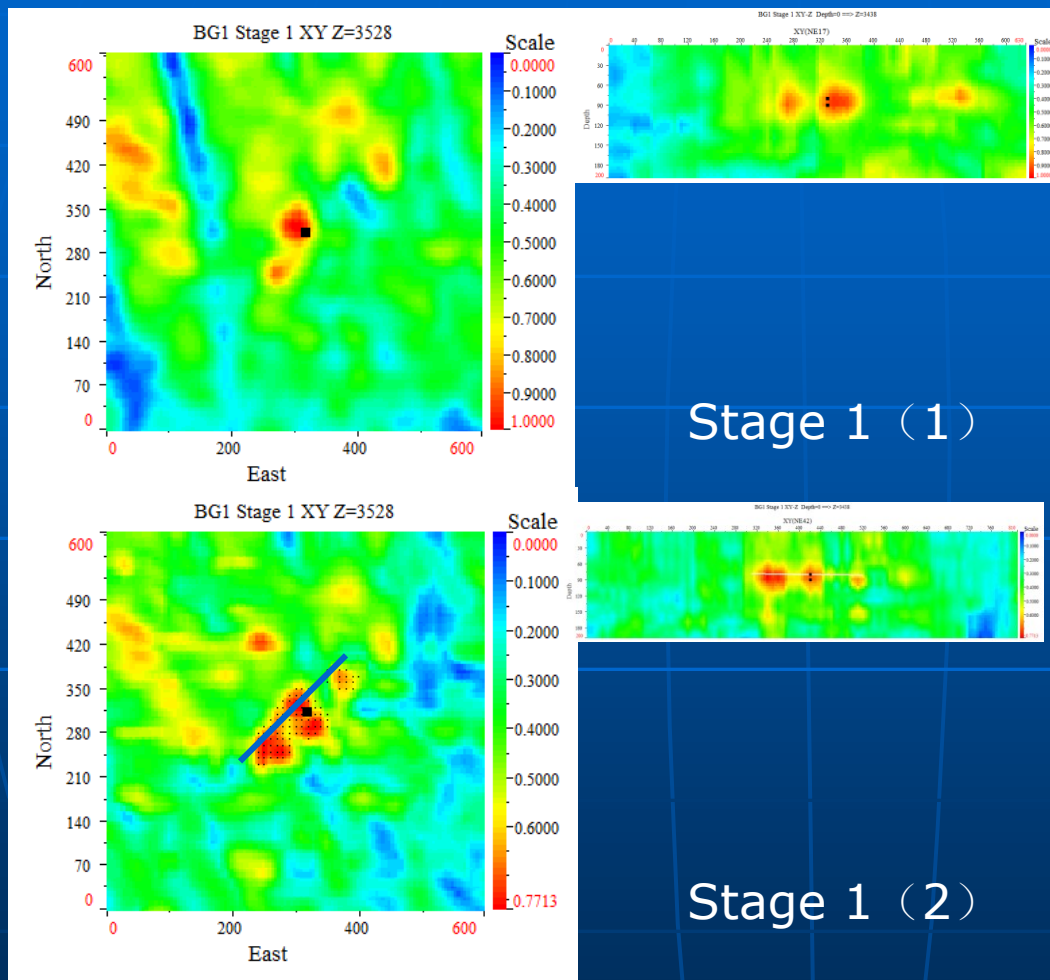
使用较可靠的井下邻近观测实施对比（续）



依时间顺序列出的几个具有较高破裂能量的时段。

集成
(上页)

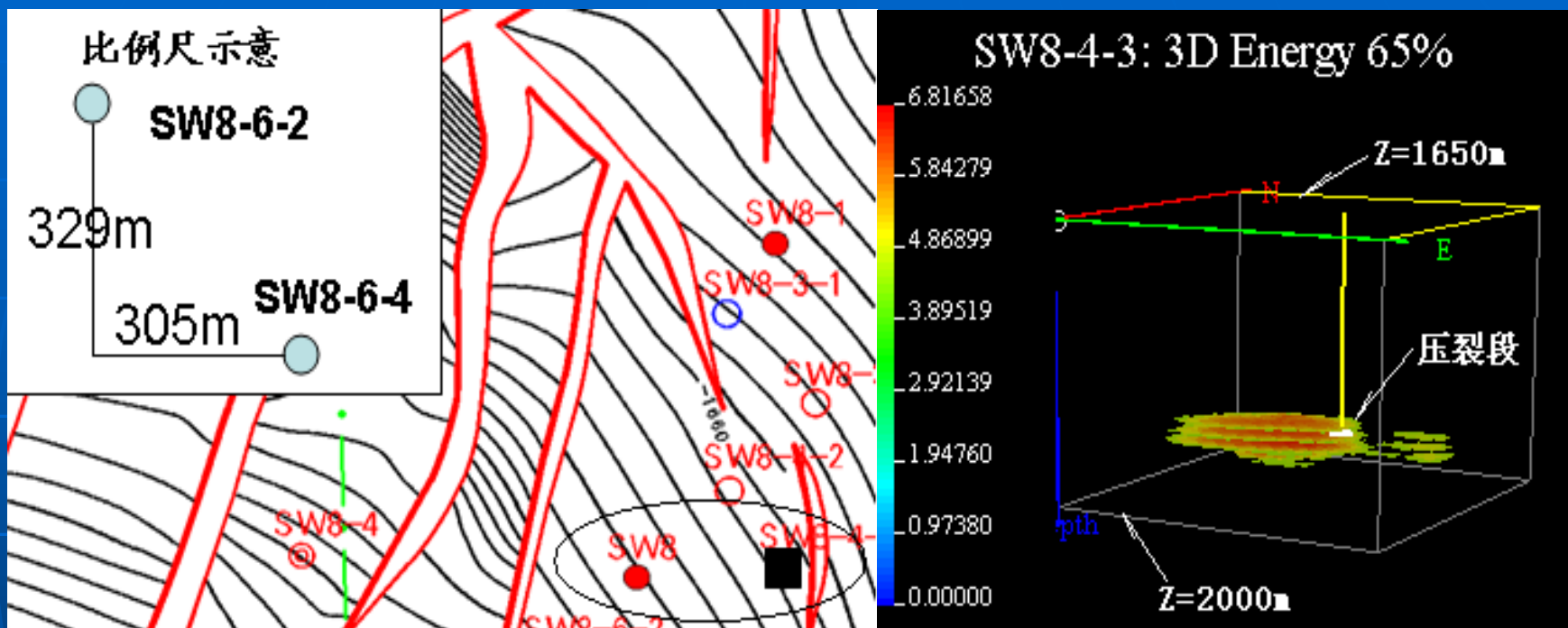




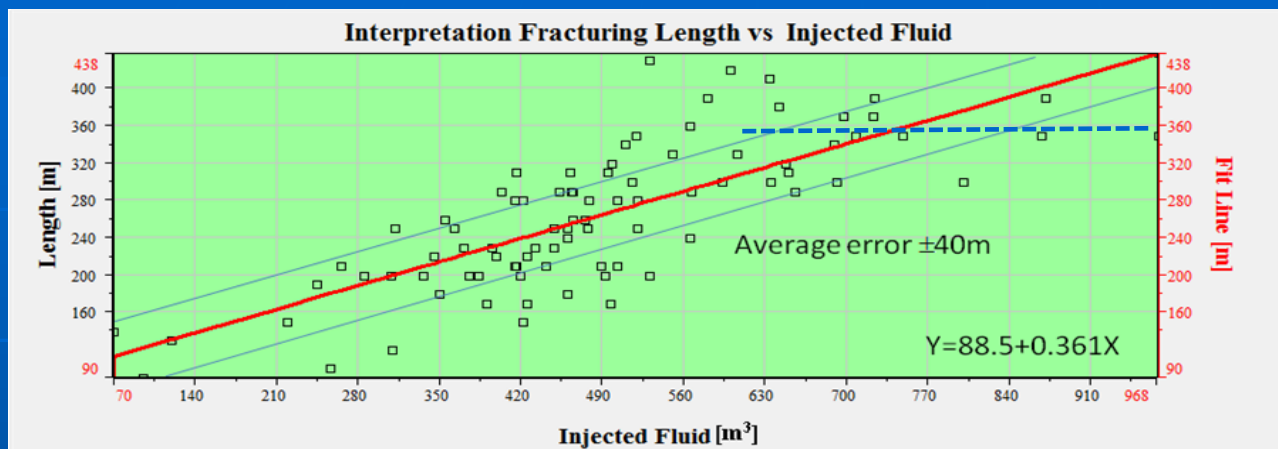
一般的，二次压裂主要的破裂区域，应当在首次破裂的裂缝基础上，有所扩展；由此亦可检验观测技术。水平井分段若很密，常常造成各段裂缝的互相覆盖，或也类似于单段 ≥ 2 次压裂；甚至有时发生“串段”现象。

主裂缝的参数确定：

通常使用较高的能量域来确定裂缝带范围，如最高值的60-70%以上（高梯度带隔开），这是压裂裂缝的最大区域。若沿较高能量的峰脊值标出线段，则为压裂裂缝尺度的最小分布；由此也可确认裂缝走向和长度。

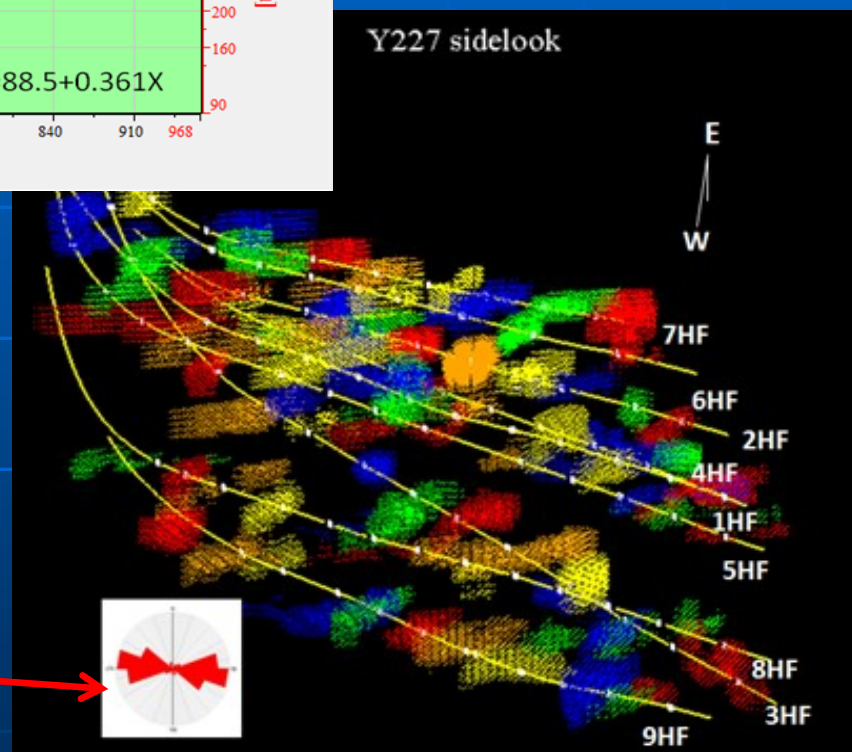


使用已知生产数据验证监测技术—例。在SW油田对SW8-4-3井（黑方块）压裂监测的3D输出。图中物理值为破裂能量。黄线为压裂井，白线为压裂段示意。压裂主裂缝走向近东西，长度>200m。SW8井在SW8-4-3井压裂时喷出压裂砂液。



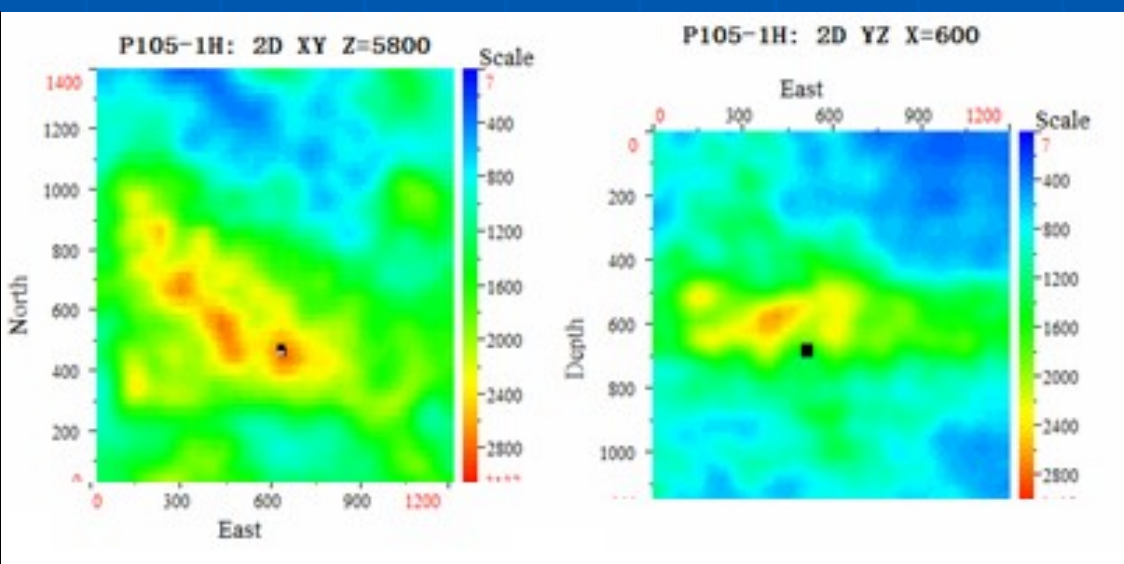
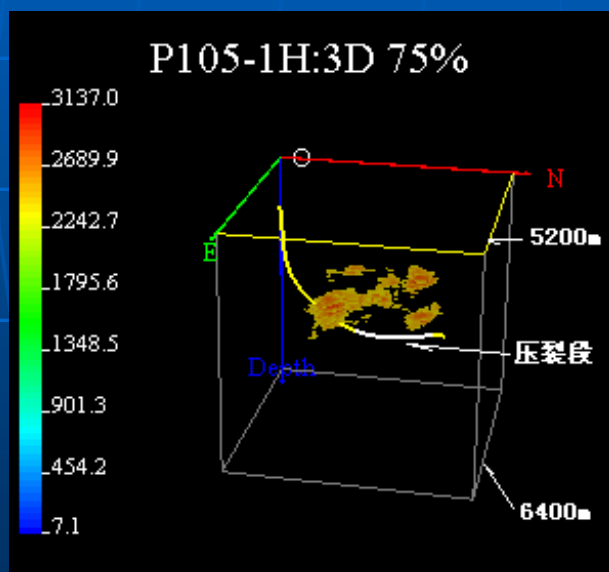
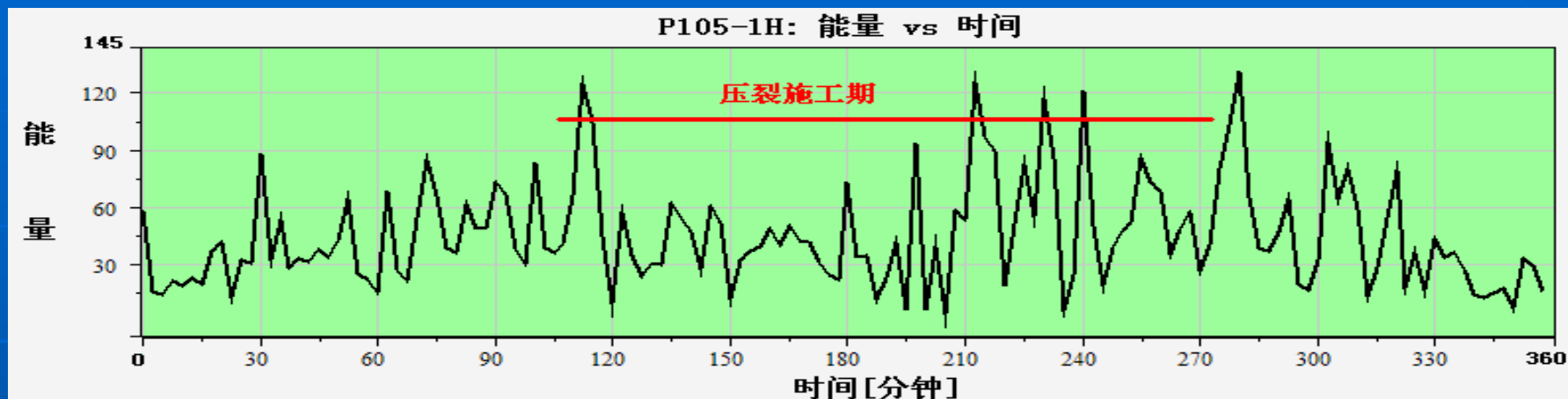
Y227区块86段砂砾岩压裂的泵入液量（横轴）和监测解释裂缝长度（纵轴）的关系拟合。红线为数据拟合关系，其上下两条蓝线为平均误差范围。注意图中近水平的蓝色虚线，它表示当泵入液量达约600方以上时（排量4-6方/分钟），裂缝长度不再增长。这种关系可用于将来检查类似岩体的压裂过程、改善压裂设计、和评价区块储层构造特性。

Y227 sidelook



裂缝走向统计。同当地断层系走向一致。多同最大主压应力方向（EW）成较小夹角，并在此方向附近摆动。

2 发展适于油气生产、地质灾害微震监测的系统—微破裂向量扫描 2.5 解释

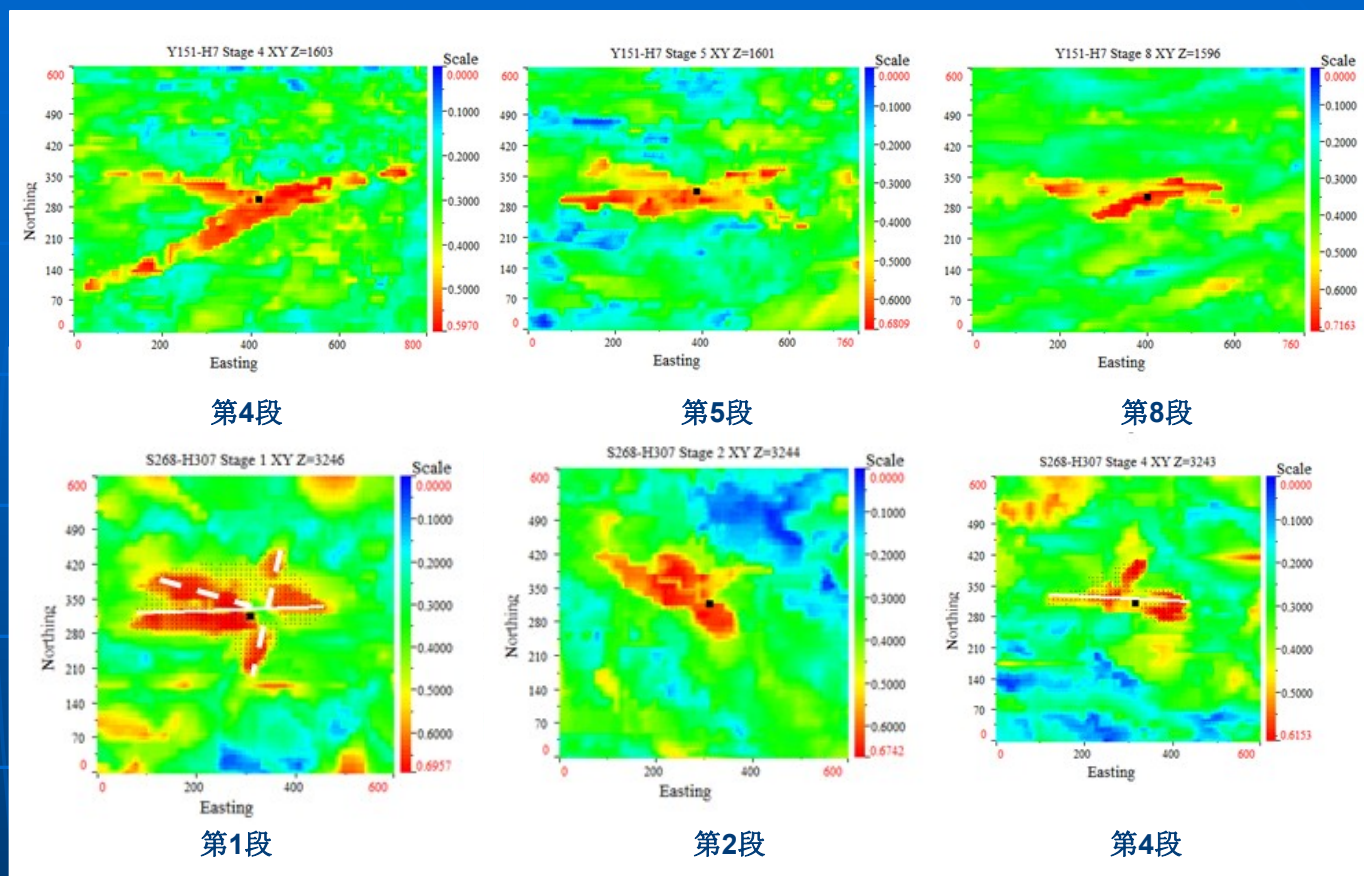


压裂段北部先使用了暂堵剂!

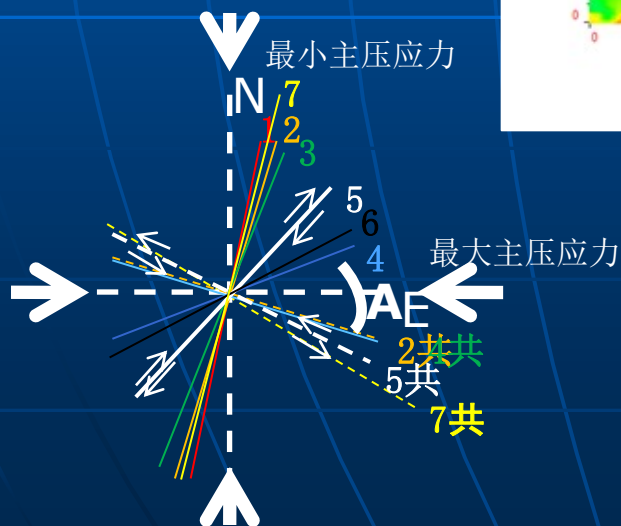
压裂深度: 5800m

X型或Y型（发育不完整的X型）裂缝：

例12：大庆油田
Y151-P7。 2015.11



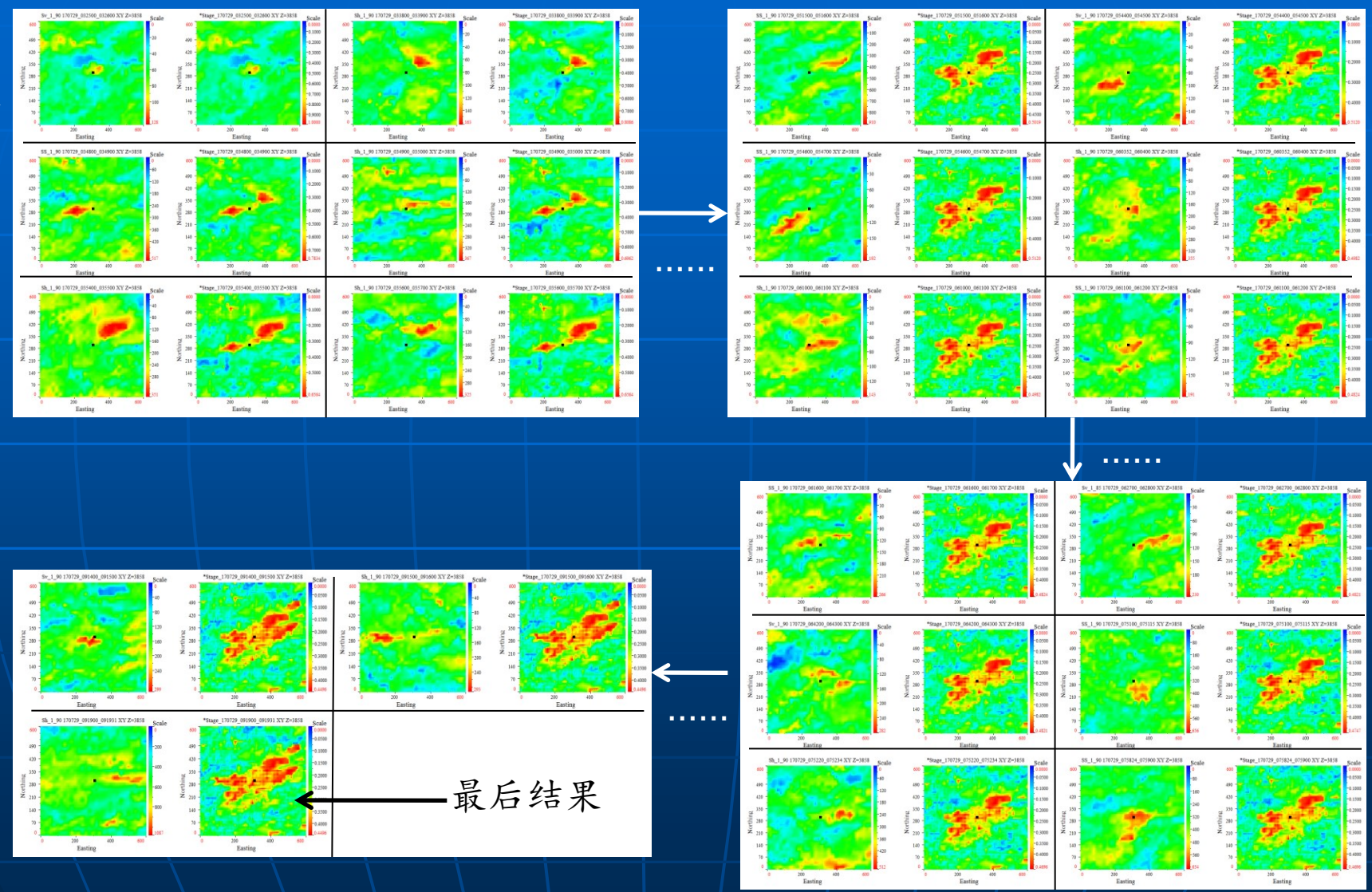
例13：辽河油田
S268-H307。 2016.08



例14：浙江油田J23H1。 2017.08

在约6小时的主压期间（不含中途暂停了约20分钟），共发现39个井边有高破裂能量的重要时段。它们以及相应的到一个重要时段为止的所有重要时段的累积效应（2个图一组）近实时（10-20分钟）报给甲方

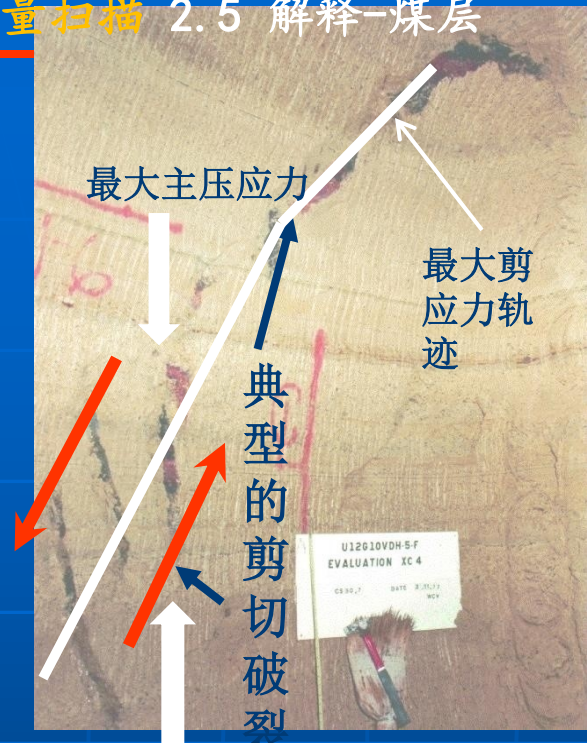
开始压裂



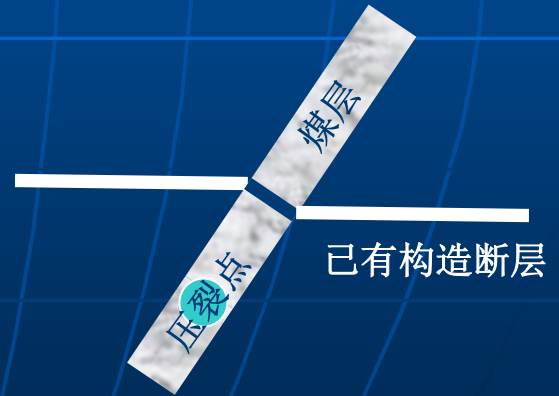
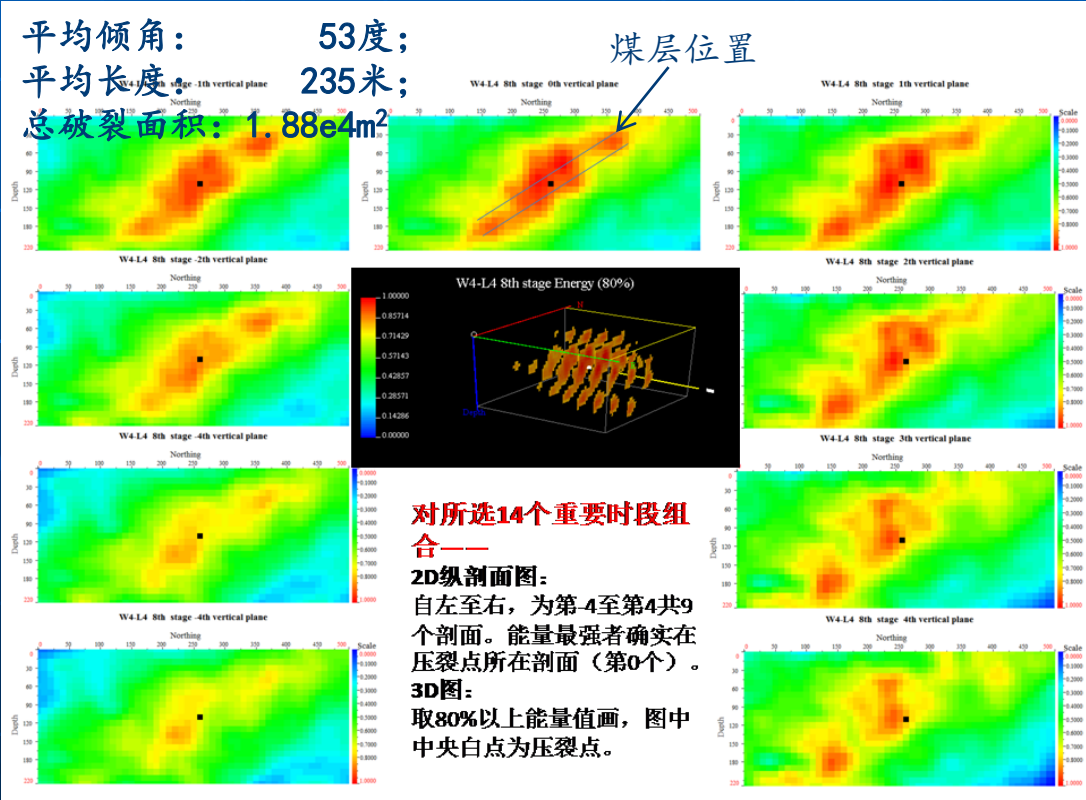
最后结果

煤层的压裂破裂可能不完全受构造应力场控制（右两图）。若视煤层为已有断层，可能

- a. 破裂沿煤层延展（下图）；
- b. 若存在其它已有断层裂隙，可能按照油储层破裂规律发展，沿其破裂；
- c. 沿两个方向破裂。



典型的油储压裂裂缝岩石样品

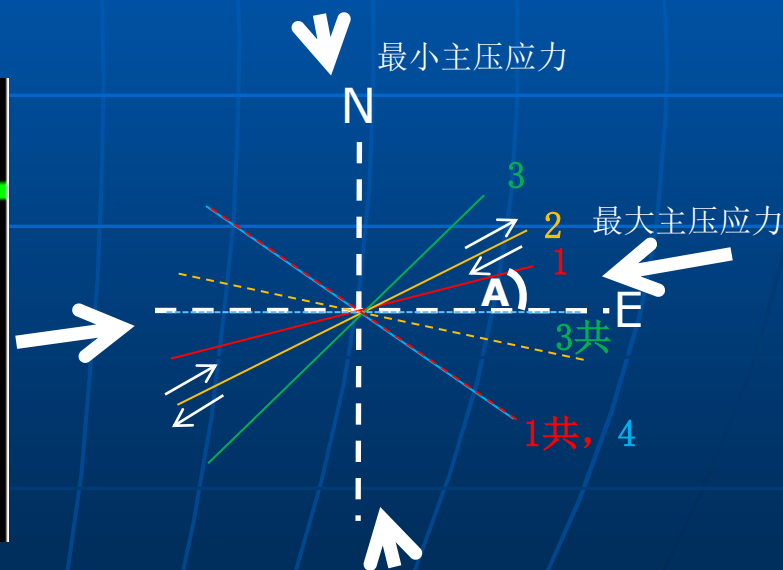
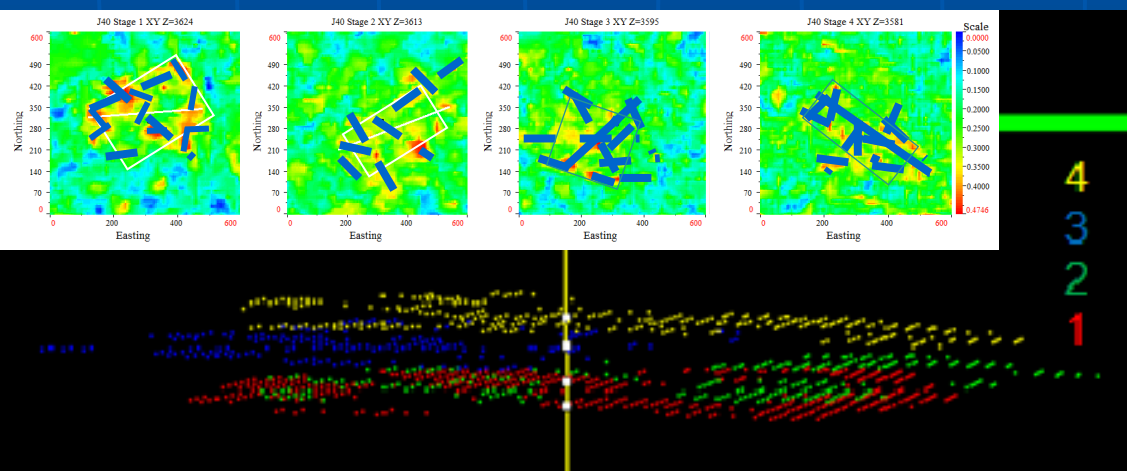


煤层和其它已有断层均存在时，沿两个或任一方向破裂的可能性

2 发展适于油气生产、地质灾害微震监测的系统—微破裂向量扫描 2.5 解释

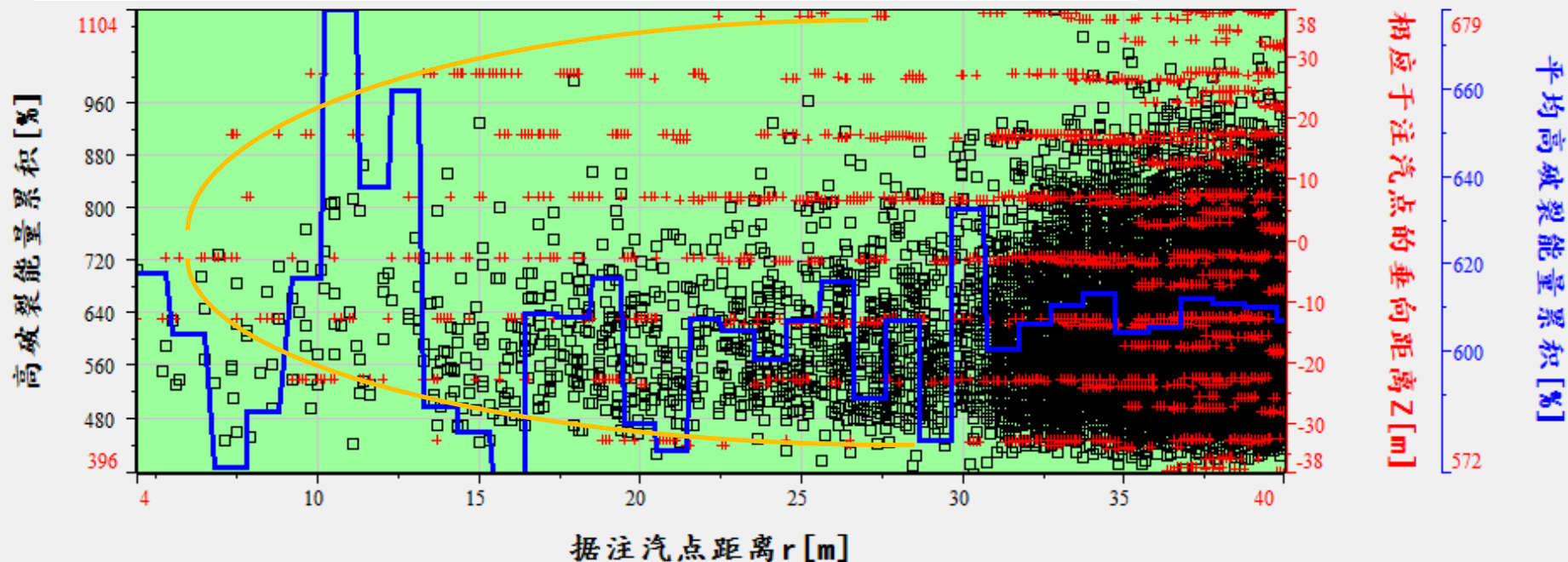
压裂层	主走向 NE[度]	裂缝长度 ≥[m]	X共轭裂缝走向 NE[度]	共轭裂缝长度 ≥[m]	面积 [10 ⁵ m ²]	简要描述
1	85	360	130	350	0.74	两翼，有一条较明显的共轭缝
2	70	400			0.45	两翼，有共轭缝（群）
3	45	330	90	300	0.53	两翼，有一条较明显的共轭裂缝
4			130	440	0.61	两翼，有共轭缝（群）
平均	65	360	115	360	0.58	有些层有多解的可能

注：走向近似到5度，长度近似到10米。



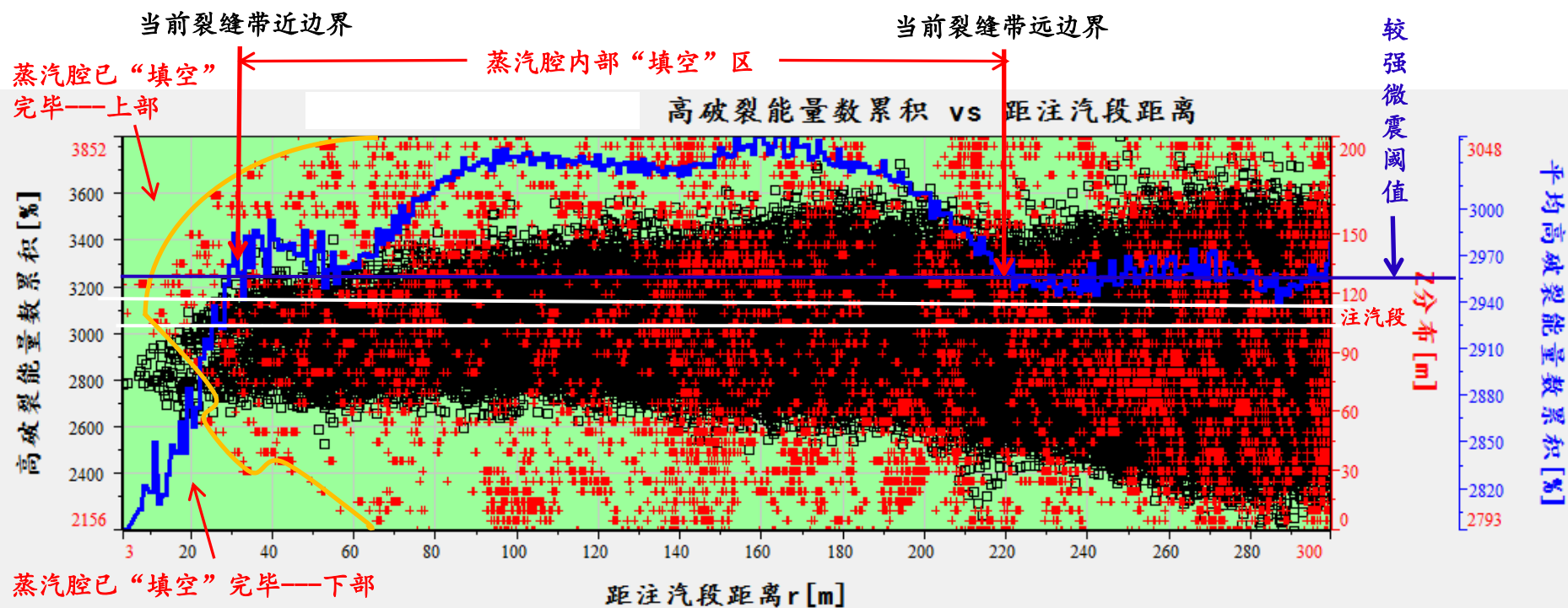
利用X型破裂走向反演最大主压应力方向

38-43个月



- 在 $r=15\text{m}$ 之后，有三个平均高破裂能量累积峰值点， $r=19\text{m}$ 、 26m 、以及 30m ；
- 这类井组的蒸汽腔边界的推进速率应显著大于 $6\text{m}/\text{年}$ （表2-6-1）；于是应当从 26m 和 30m 两个候选者选取；
- 由于 30m 处的平均高破裂能量累积峰值， 633 ，显著大于 26m 处的 616 ，且 30m 距两井组的重叠区（ $\sim 35\text{m}$ ）仍有一段距离，未受到井间效应的影响，我们倾向 $r=30\text{m}$ 是这个时长井组的热蒸汽腔最远推进边界；
- 不排除这个边界（较高热应力或 dT 区）在 $18\text{--}30\text{m}$ 的范围内；
- 故热蒸汽腔边界平均推进速率为 $0.45\text{--}0.75\text{m}/\text{月}$ 。
- 其余垂向上 Z 分布、沙漏（为已经基本“填空”完毕的微震空区）、高强度填空区同总体分析。

2 发展适于油气生产、地质灾害微震监测的系统—微破裂向量扫描 2.5 解释



- SAGD (长热线源) 的热蒸汽腔范围和推进速率应比 CSS (短线源或点源) 的大得多, 但这里就是用距注汽段最近的 40m 处的 E_0 作为腔远边界也不合注汽腔的延展常理。
- 根据这个 CSS 生产参数, 注汽压力达到了常规压裂的水平 (11MPa), 这里即, 是注热蒸汽的 CSS, 也是一个长期的、缓慢的、反复多次的轮回压裂过程。换句话说, 压裂产生的裂缝 (带) 生长不论多慢, 已经成为此井热蒸汽推进的主要通道, 而这些压裂裂缝达到的边界, 成为了热蒸汽腔的远边界。这也能够解释, 为何 F3316 监测的地面背景噪声水平高于重 18 和重 45 井区的, 但扫描结果却显示了较高的信噪比; 也就是说, 这里有压裂破裂的成分。
- 那么我们选定 220m 为当前的注热蒸汽腔的远边界。从 $r=30$ m (腔近边界) 到 220m 应当是当前的注热蒸汽腔的边界范围。
- 也可说, 腔的边界在 $r=220$ m。腔内分为两部分, 一部分是已“填空”完毕区 (两条黄线左侧的沙漏形状区), 另一部分是还在大规模地“填空”区, 延展到 $r=220$ m。
- 注汽段上下 (两白线的上下) 微震强度类似。
- 沙漏形状是: 颈部半径 10m, 上部半径约 50m, 下部半径约 60m。远大于常规的注汽井区的沙漏。

3 判断和监察微地震监测方法

A) 明确方法的局限性，如

- (A) 井中邻近压裂监测距检波器阵几百米外传统定位一般不可能；
- (B) 地表监测若用P波传统定位一般要有千以上的检波器，且成功率 (<10%) 较低。

B) 检查野外数据，这是当前监测的最大问题，如

- (A) 等距排列布台，且未经数值定义是否安静，一般>60-70%有强大干扰记录；
- (B) 距压裂车1km内布台，记录和扫描的输出是压裂车振动为主；
- (C) 检查原始数据，如传统定位要有 ≥ 3 台的可见的几乎同时的凸显到时波形；检查各台的平均振幅，若其中含有较大振幅和/或“葫芦状”者，为干扰记录。

C) 对比，如

- (A) 使用井中邻近几百米内可靠的监测对比地表监测结果；
- (B) 使用生产已知数据检查监测结果；
- (C) 使用示踪剂、测温、地质雷达影像等判断（初始）走向；等等。

D) 检查其原理是否考虑了压裂微震特性，如

- (A) 是否考虑了剪切特性；
- (B) 如叠加扫描者检查其使用的波型，使用单分量或P波的一般很难成功。

E) 检查监测结果，如

- (A) 走向长度等太规则一致，裂缝参数太细，如长度277.7米，要打问号；
- (B) 传统定位点点画圈，却没有震级大小，如此形成裂缝模型不可靠；
- (C) 可不给压裂施工曲线（除必要参数外）。验收时检查结果和施工过程的关联；等等。

.....

