BP神经网络模式识别方法及应用

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、应用流程及实例

1.启动及流程
2.沿层属性提取
3.样本集建立
4.属性优选
5.模式识别原理及应用效果

03 三、注意事项及推荐流程

一、研究背景

GeoEast解释系统地震属性：沿层属性+体属性+属性分析

沿层属性

- ◆ 瞬时类（21种）
- ◆ 子波类（4种）
- ◆ 振幅统计类（13种）
- ◆ 功率谱类（10种）
- ◆ 自相关类（4种）
- ◆ 其他类（3种）
- ◆ 相干层面类
- ◆ 地层真厚度
- ◆ 单频类
- ◆ 地层统计类
- ◆ 用户自定义

(13类96种)

体属性

◆ 传统体属性提取：
- 瞬时类体属性
- 子波类体属性
- 统计类体属性
- 纯数学公式变换类

◆ 现代属性（油气及储层类）：
- 单频类（流体活动性、高亮体）
- 油气检测
- 叠后地层吸收系数
- 时频分析
- 谱分解（流体活动性）

◆应用类体属性：
- 信噪比分析属性
- 基于沉积模式的地层切片
- 数据比例融合
- 子体
- 属性合并
- 数据体拼接
- 储量计算
- 断层增强（面属性）
- 背景建模

◆非常规类体属性：
- 地层压力预测
- 多属性融合
- 地层压力预测
- 地应力预测
- 脆性预测

(百余种)

一、研究背景

属性分析

地震属性模式识别（10种）：

利用模式识别方法对多属性进行综合分析。

是否用到训练样本：

有监督方法、无监督方法。

方法分类：

统计模式识别方法、神经网络。

是否需要样本分类

无监督模式识别

- 无监督模式识别（UPR）
- 继承性分类（HC）
- 自组织分析SOMA）
- 对手受罚的竞争学习（RPCL）

有监督模式识别

- 有监督模式识别（SPR）
- 自适应增强（AdaBoost）
- 误差反向传播（BP）
- 径向基函数（RBF）
- 支持向量回归（SVR）
- 高斯混合模型（GMM）

按方法分类

统计模式识别

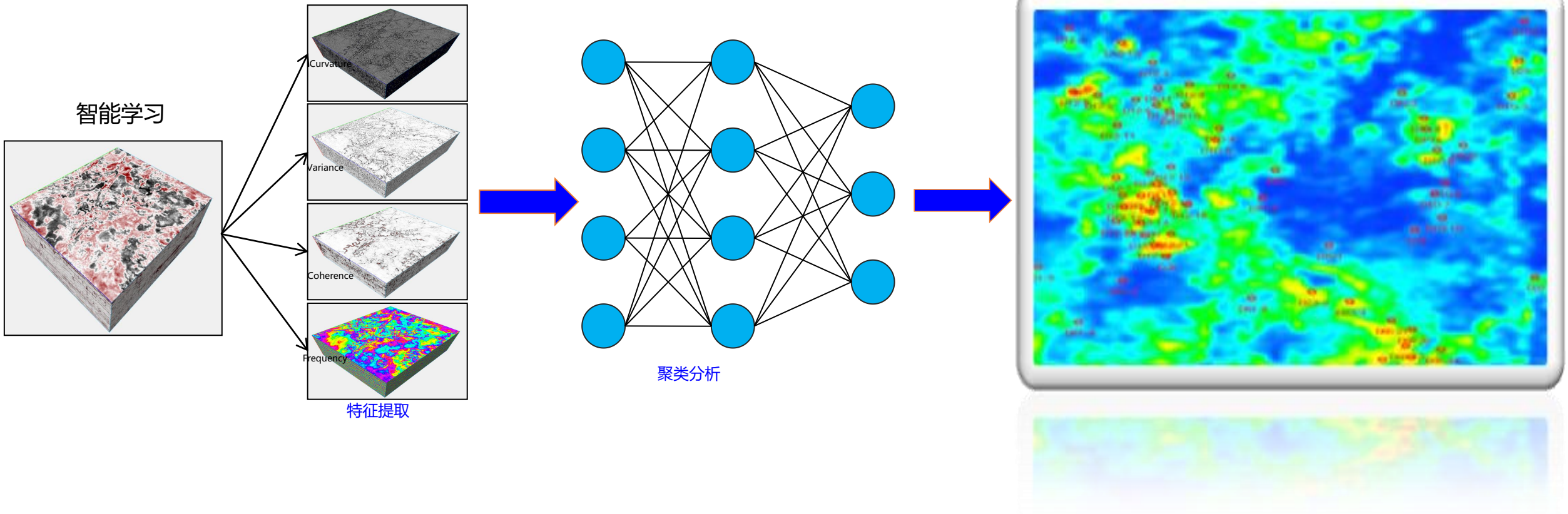
- 无监督模式识别（UPR）
- 继承性分类（HC）
- 有监督模式识别（SPR）
- 自适应增强（AdaBoost）
- 对手受罚的竞争学习（RPCL）
- 高斯混合模型（GMM）

神经网络

- 误差反向传播（BP）
- 径向基函数（RBF）
- 支持向量回归（SVR）
- 自组织分析（SOMA）

一、研究背景

BP神经网络模式识别（有样本监督）



中国石油

CONTENES
目录

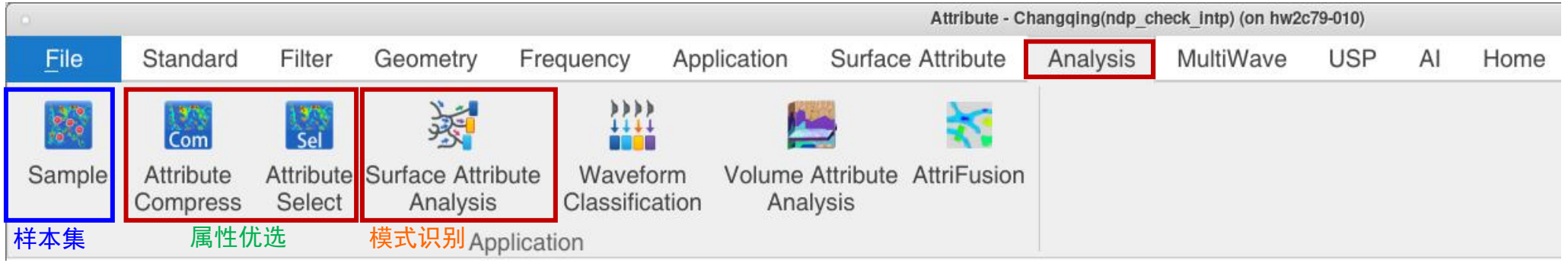
01 一、研究背景

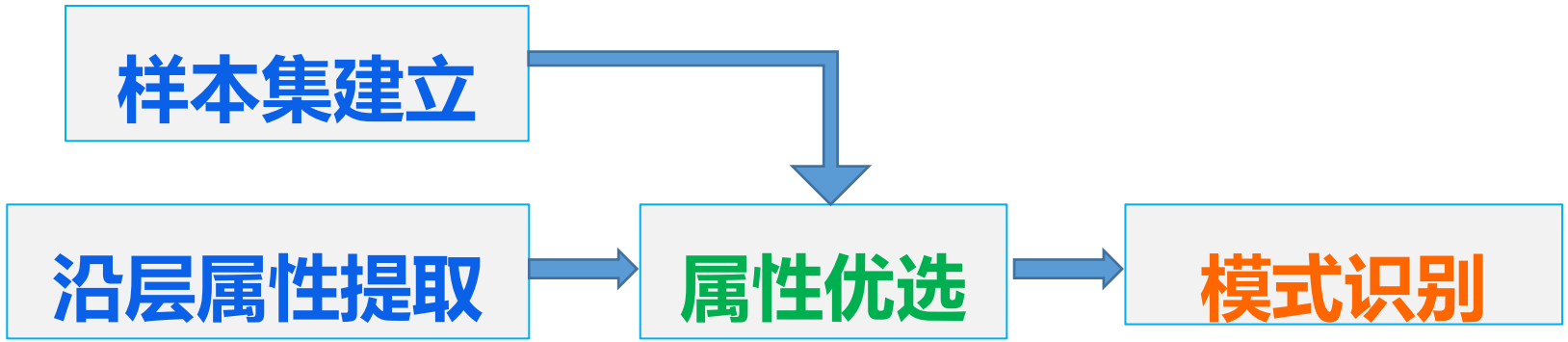
02 二、应用流程及实例

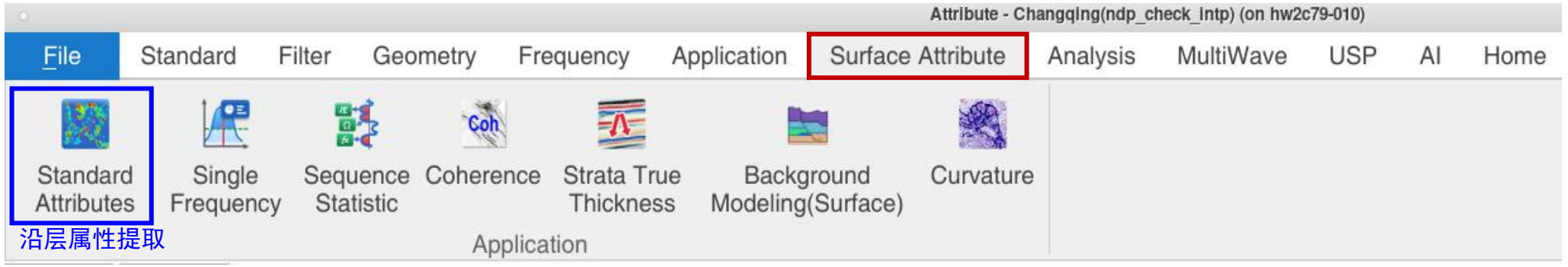
1.启动及流程
2.沿层属性提取
3.样本集建立
4.属性优选
5.BP模式识别及应用效果

03 三、注意事项及推荐流程

1.启动及流程


Attribute - Changqing(ndp_check_intp) (on hw2c79-010)
File
Standard
Filter
Geometry
Frequency
Application
Surface Attribute
Analysis
MultiWave
USP
AI
Home
Sample
Attribute Compress
Attribute Select
Surface Attribute Analysis
Waveform Classification
Volume Attribute Analysis
AttriFusion
样本集
属性优选
模式识别
Application


样本集建立
沿层属性提取
属性优选
模式识别


Attribute - Changqing(ndp_check_intp) (on hw2c79-010)
File
Standard
Filter
Geometry
Frequency
Application
Surface Attribute
Analysis
MultiWave
USP
AI
Home
Standard Attributes
Single Frequency
Sequence Statistic
Coherence
Strata True Thickness
Background Modeling(Surface)
Curvature
沿层属性提取
Application

2. 样本集建立

2. 建立含水饱和度的井点物性样本集



样本集

根据井或已知信息建立的用于学习训练的数据。

类别样本（Assort）

用途：依据流体或岩性类别，如油、气、水、干层等，用于碳烃检测或岩性预测。

适用模块：属性自动选择，有样本的属性压缩及有监督的模式识别中的SPR、AdaBoost和体模式识别中的GMM方法。

物性样本（Attribute）

用途：如砂泥岩百分含量、孔隙度、渗透率、油气饱和度、地层压力、储层厚度等，用于储层物性参数的预测。

适用模块：有监督模式识别中BP方法。

2. 样本集建立

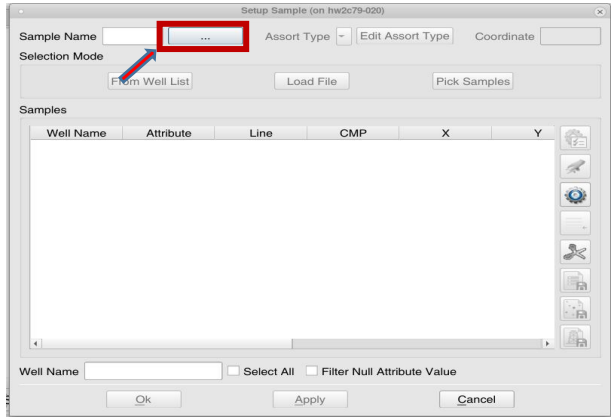
2. 建立物性样本集：
含水饱和度

井少：井点输入

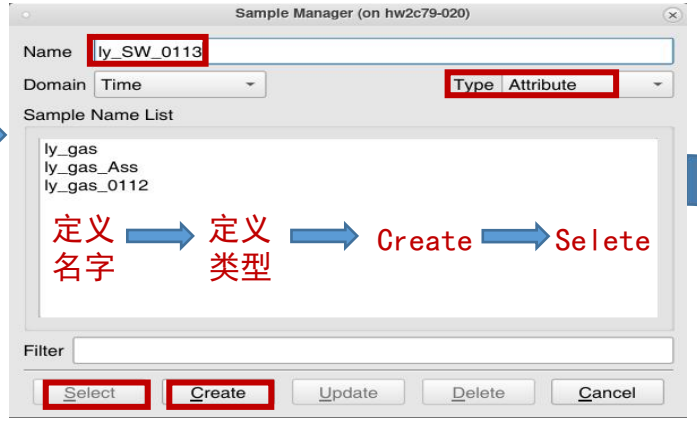
well		
1	DY19	100
2	DY20	45
3	DY23	90
4	DY24	50



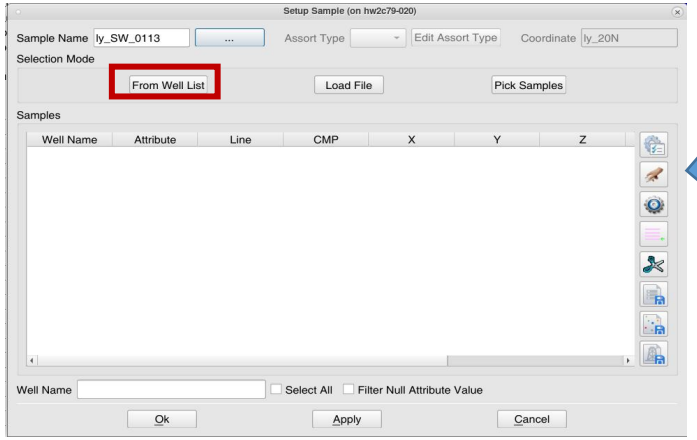
打开样本页



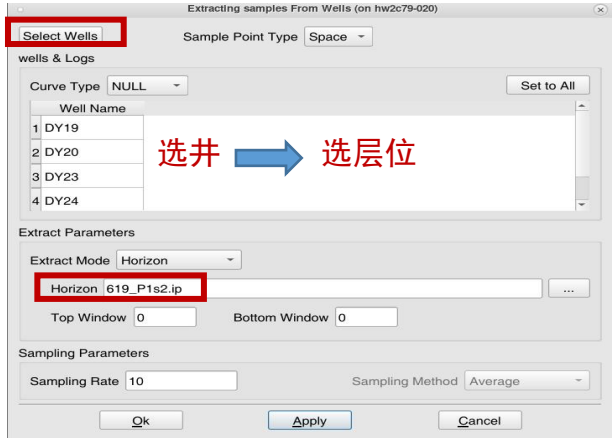
定义样本名字和类型



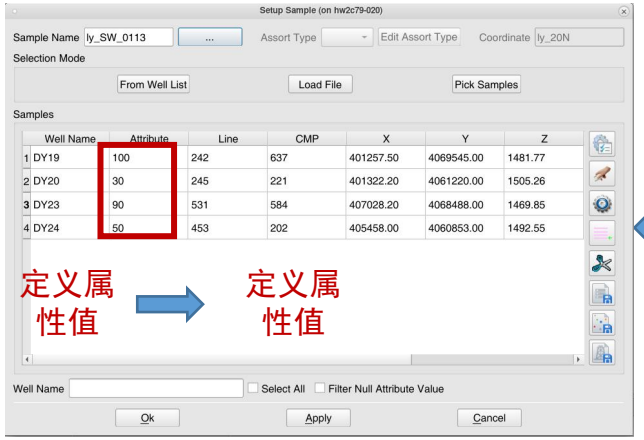
选取建样本方式



设置内容



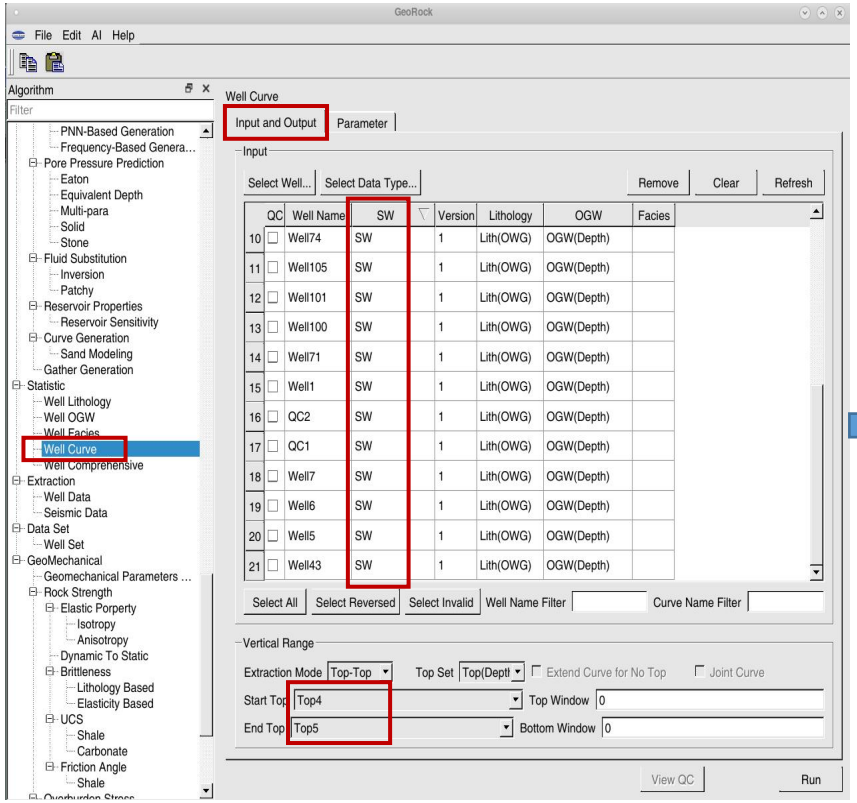
设置属性值

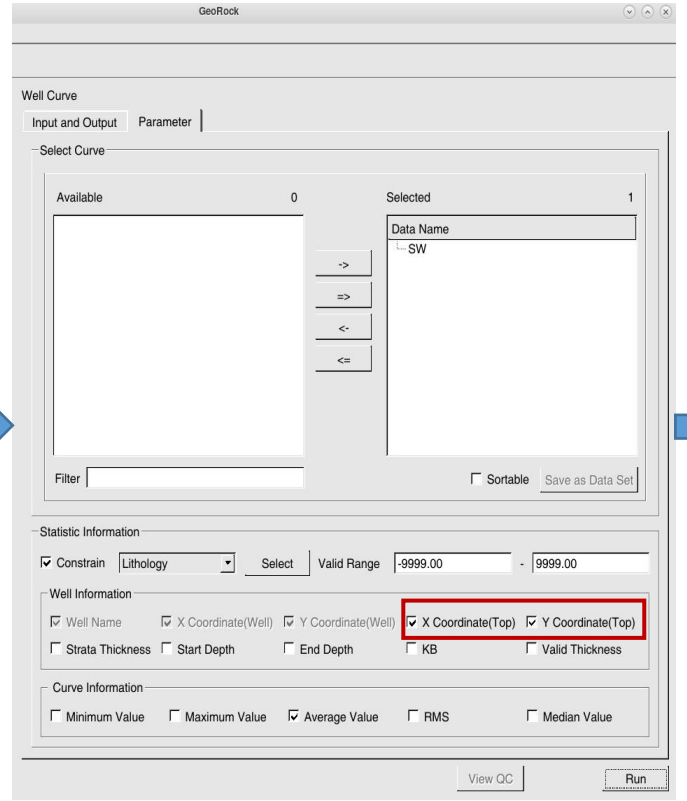


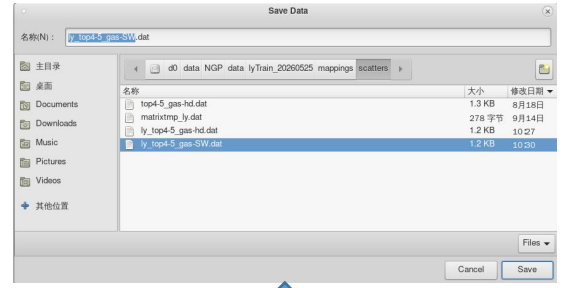
2. 样本集建立（小技巧）

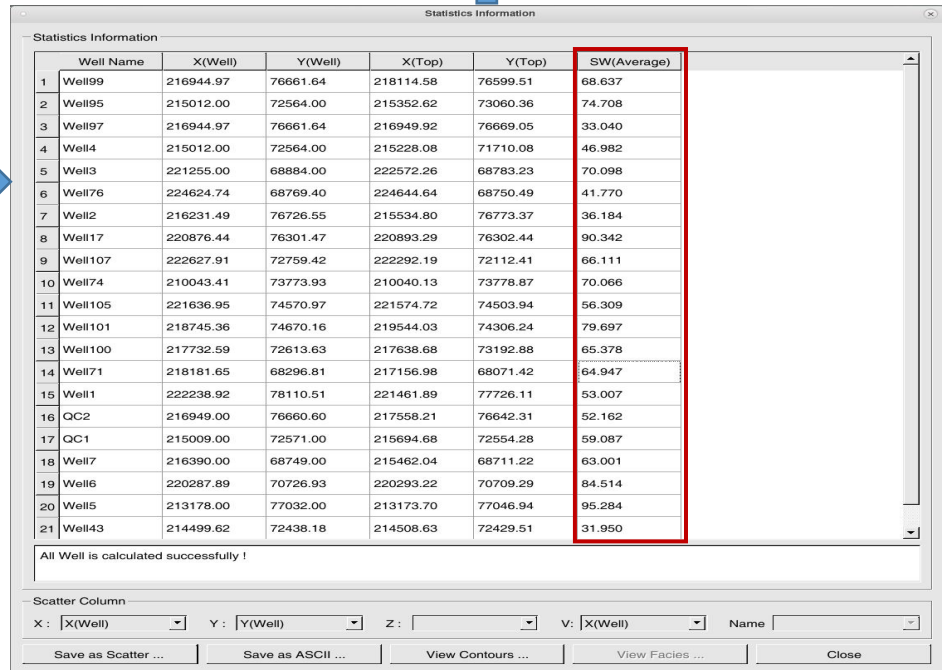
井多：文件输入

岩石物理 → 井样本统计 → 输出ASCII文件 → 文件输入样本







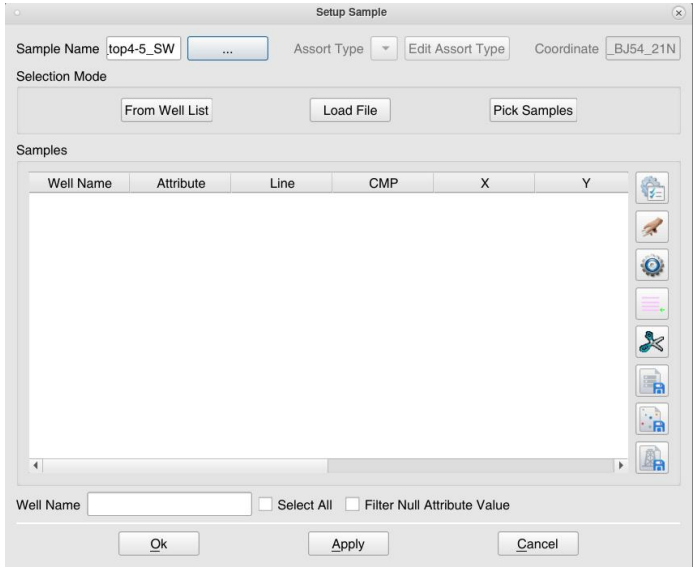


2. 样本集建立（小技巧）

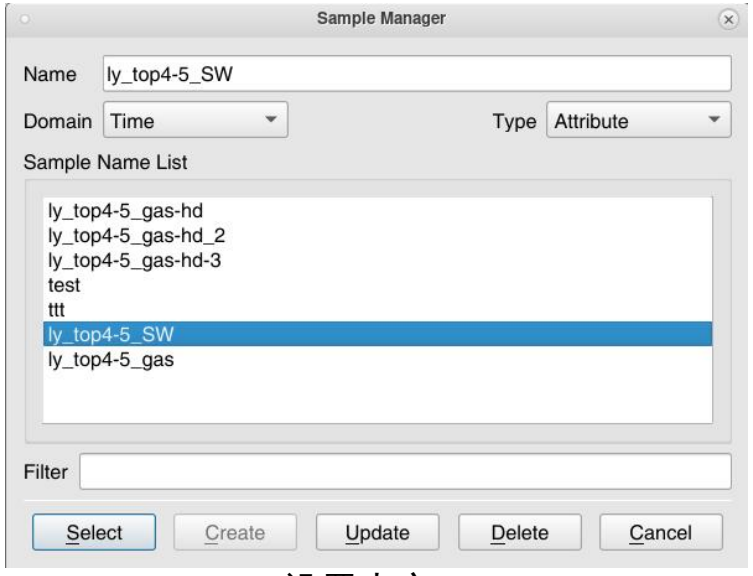
井多：文件输入

岩石物理 → 井样本统计 → 输出ASCII文件 → 文件输入样本

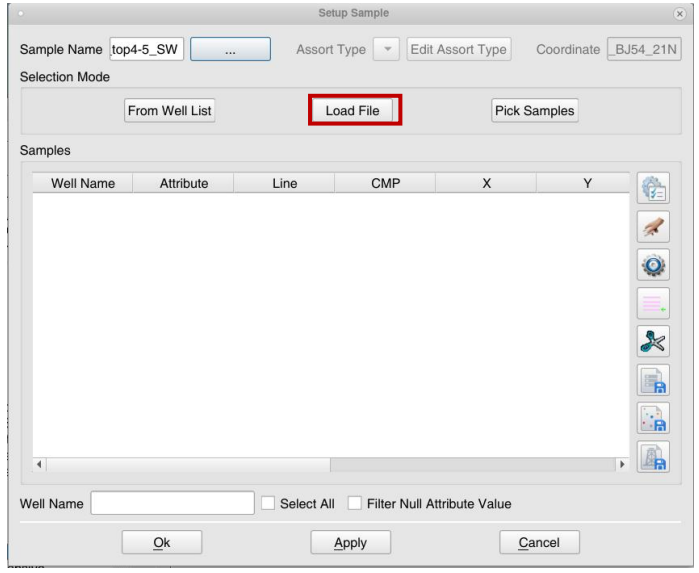
打开样本页



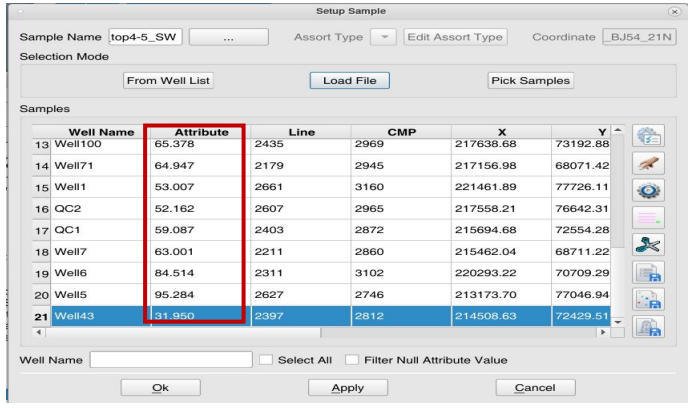
定义样本名字和类型



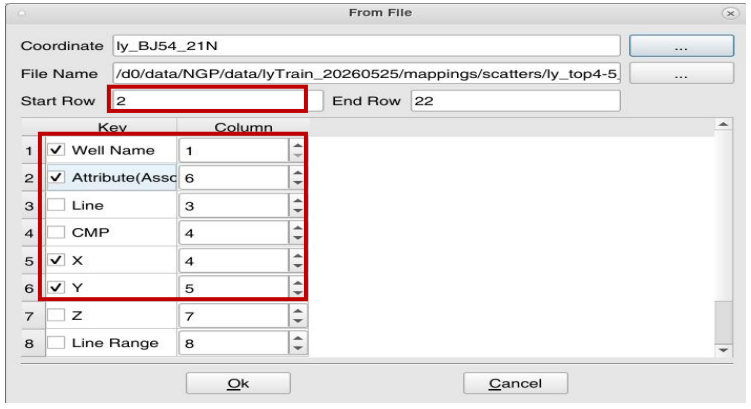
选取建样本方式



完成



设置内容



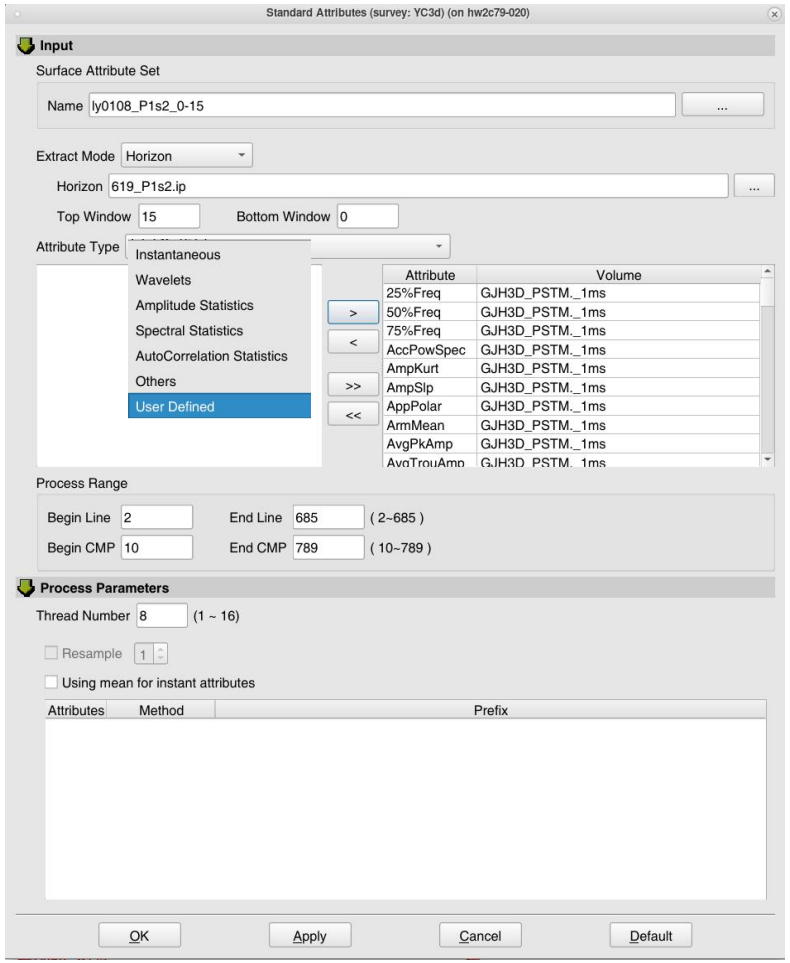
文件内容

```
Well Name        X(Well)  Y(Well)  X(Top)   Y(Top)   SW(Average)
Well99  216944.97  76661.64  218114.58  76599.51  68.637
Well95  215012.00  72564.00  215352.62  73060.36  74.708
Well97  216944.97  76661.64  216949.92  76669.05  33.040
Well4  215012.00  72564.00  215228.08  71710.08  46.982
Well3  221255.00  68884.00  222572.26  68783.23  70.098
Well76  224624.74  68769.40  224644.64  68750.49  41.770
Well2  216231.49  76726.55  215534.80  76773.37  36.184
Well17  220876.44  76301.47  220893.29  76302.44  90.342
Well107  222627.91  72759.42  222292.19  72112.41  66.111
Well74  210043.41  73773.93  210040.13  73778.87  70.066
Well105  221636.95  74570.97  221574.72  74503.94  56.309
Well101  218745.36  74670.16  219544.03  74306.24  79.697
Well100  217732.59  72613.63  217638.68  73192.88  65.378
Well71  218181.65  68296.81  217156.98  68071.42  64.947
Well1  222238.92  78110.51  221461.89  77726.11  53.007
QC2  216949.00  76660.60  217558.21  76642.31  52.162
QC1  215009.00  72571.00  215694.68  72554.28  59.087
Well7  216390.00  68749.00  215462.04  68711.22  63.001
```

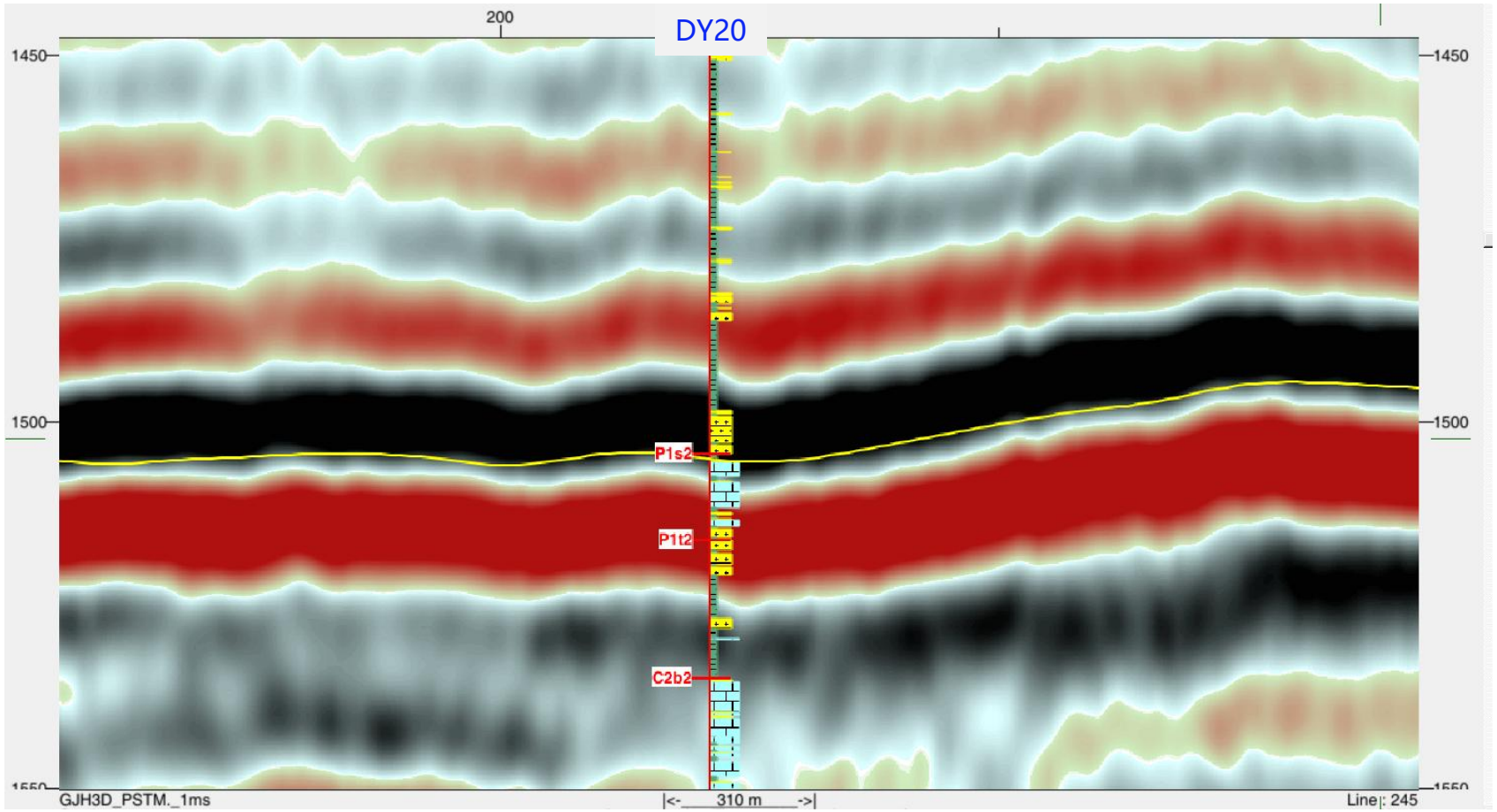
3. 沿层属性提取

3. 沿层属性提取：提取目标层段的沿层属性





提取界面

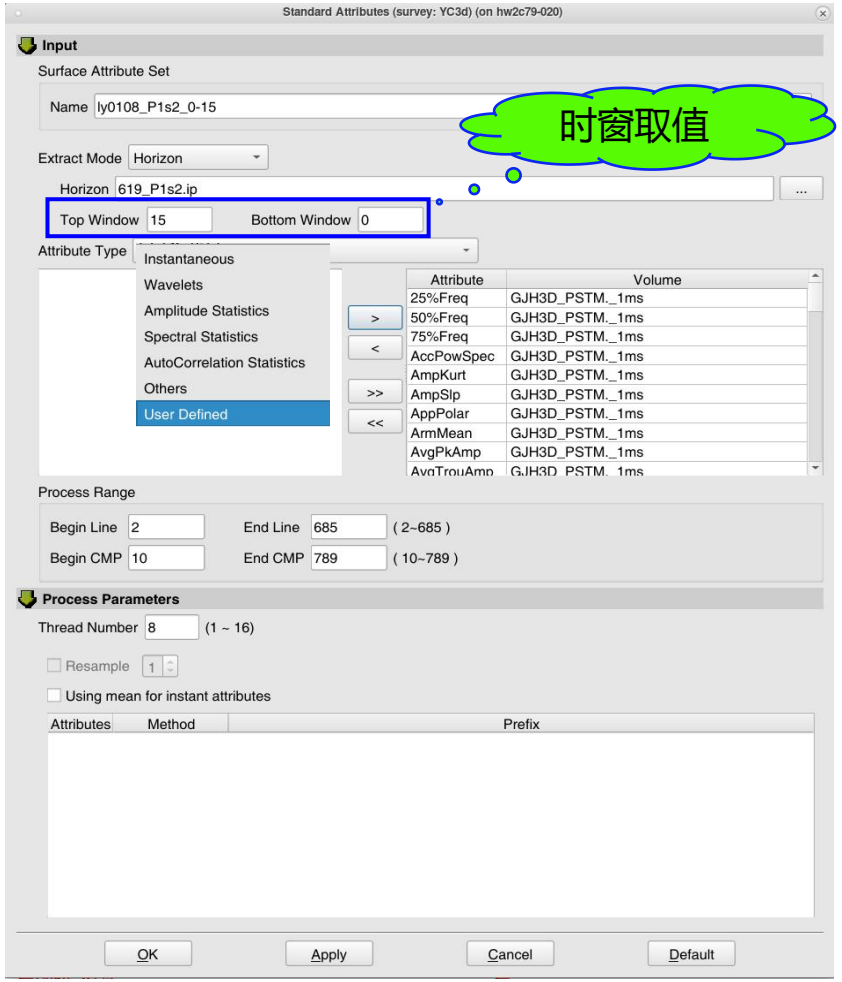


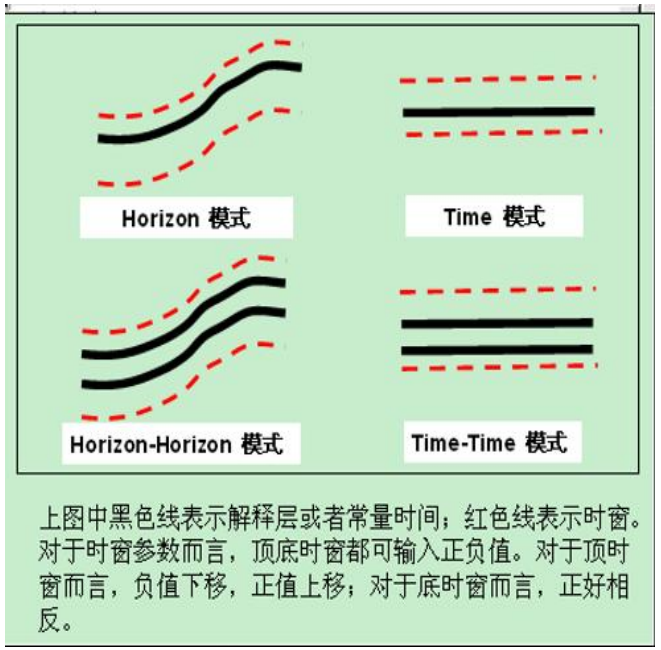
过井剖面

3. 沿层属性提取

中国石油

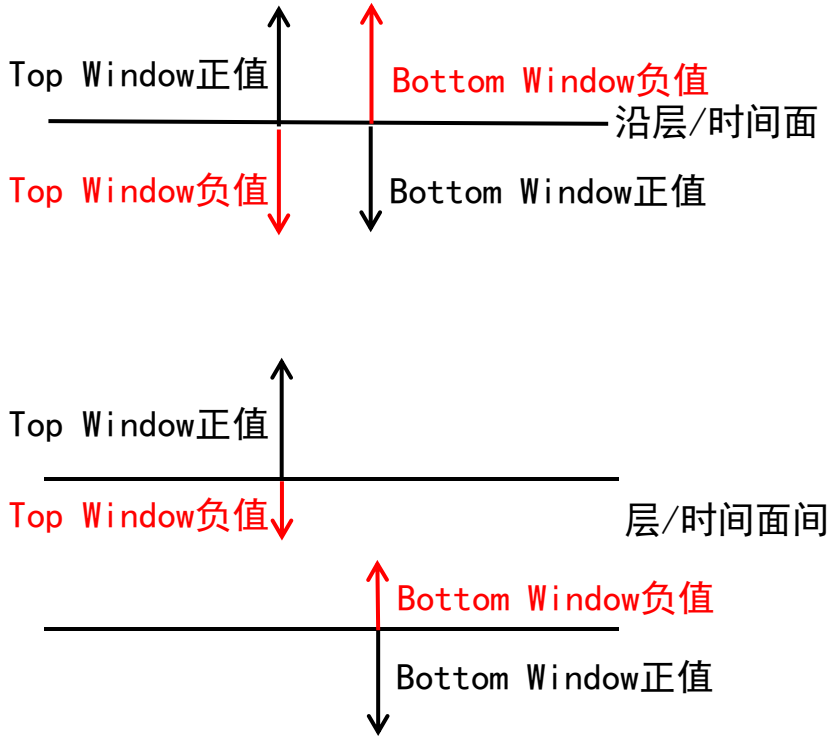
注意事项：定义时窗时，正值为时窗外扩，负值为时窗内收。





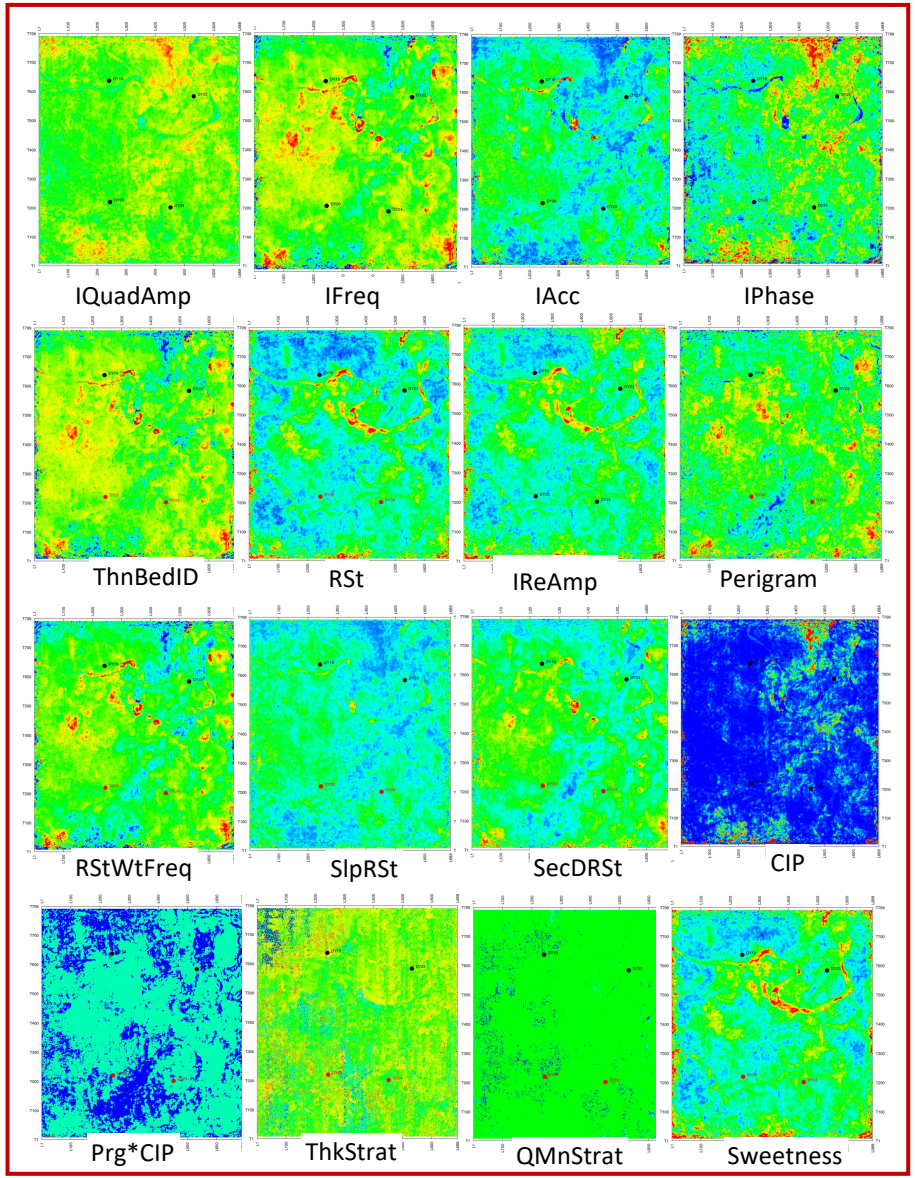
时窗取值示意图

正：向外扩　　负：向内收

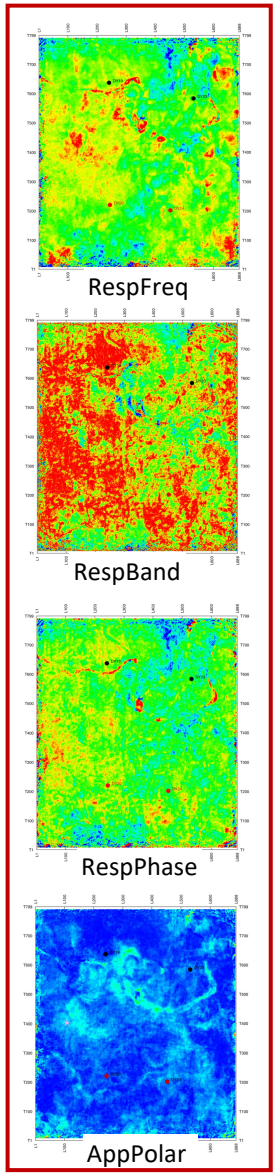


3. 沿层属性提取

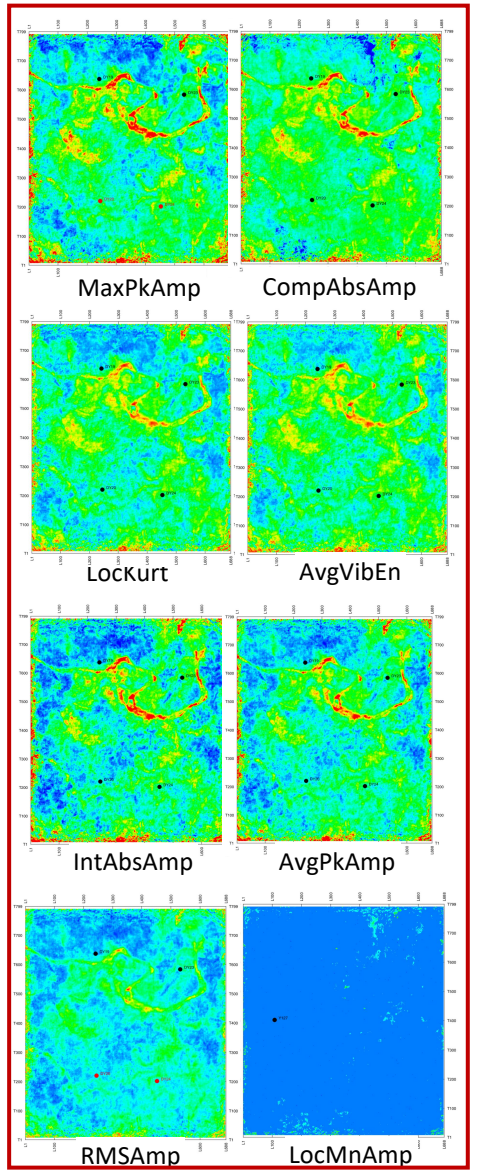
瞬时类



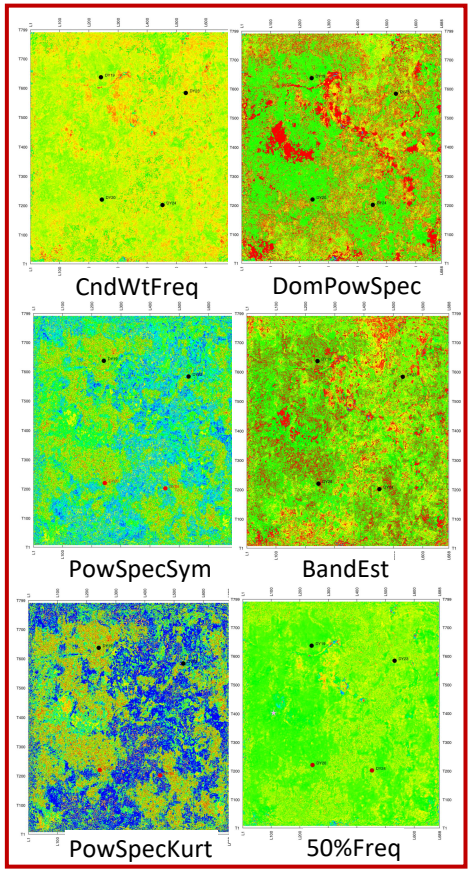
子波类



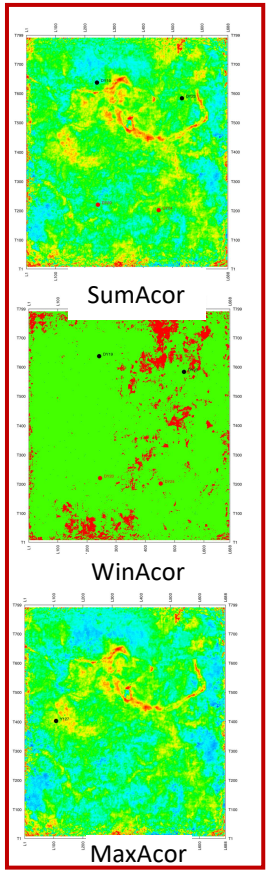
振幅统计类



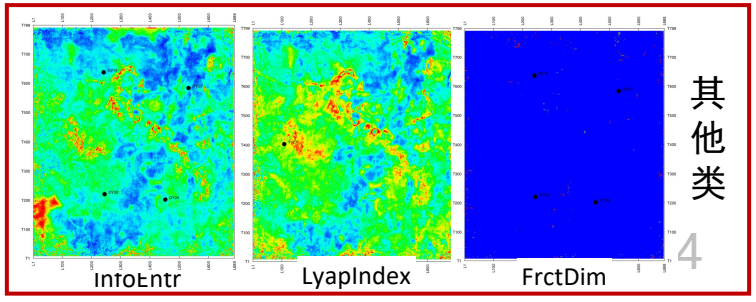
谱统计类



自相关类

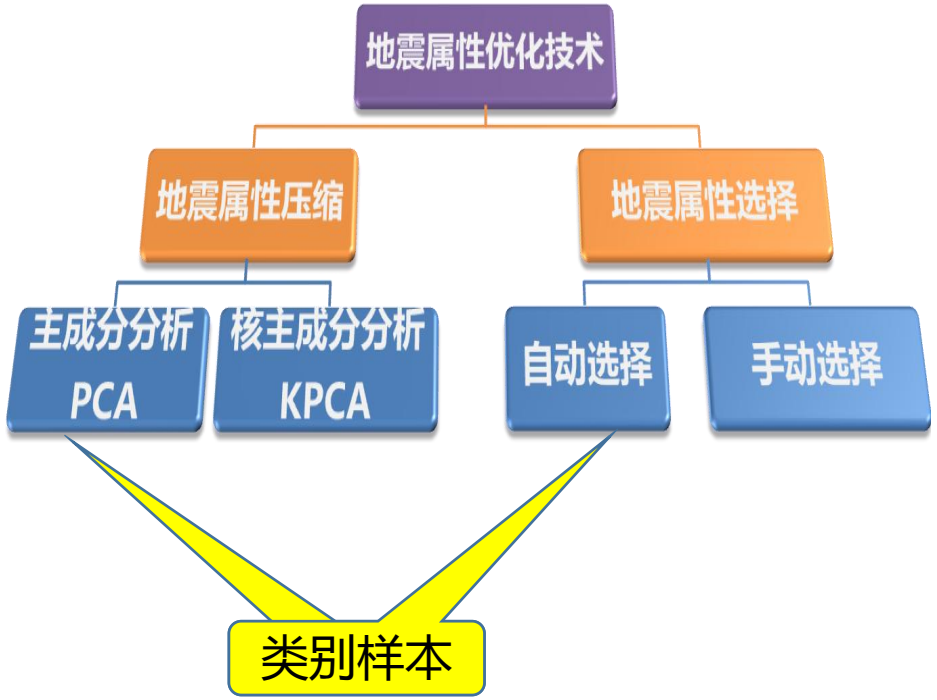


其他类



4. 沿层属性优选





属性选择

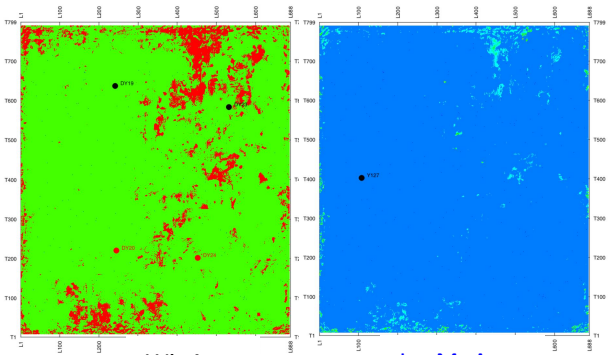
- 利用数学优选方法或专家经验，对提取的地震属性进行选择，找出最优的属性组合。

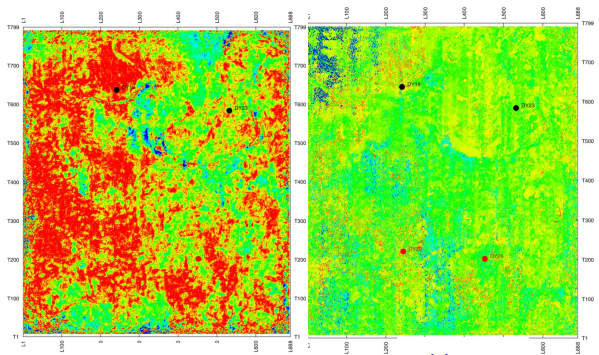
属性降维映射

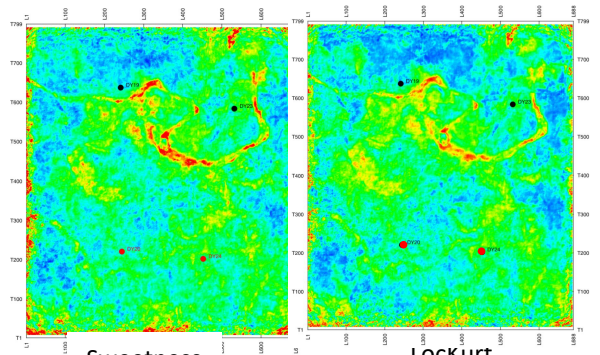
- 通过数学变换，对地震属性进行压缩，把原始属性压缩成数目较少、彼此独立的几种混合属性，已经没有实际物理意义。

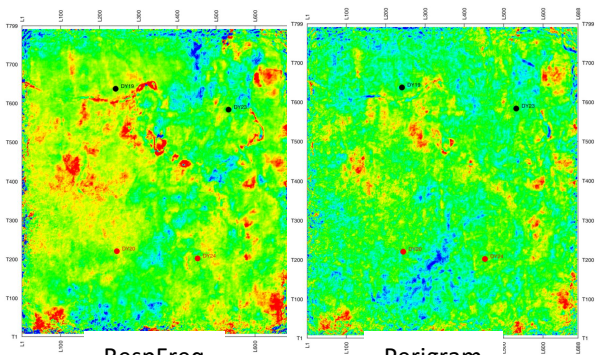
4. 沿层属性优选

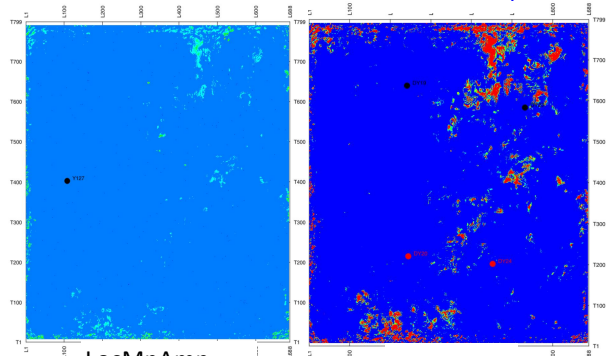
1）去除杂乱、无规律的属性； 2）去除样本不相关的属性； 3）交会图去除冗余属性。

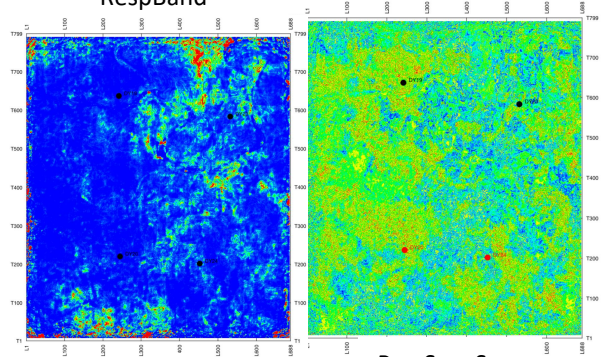


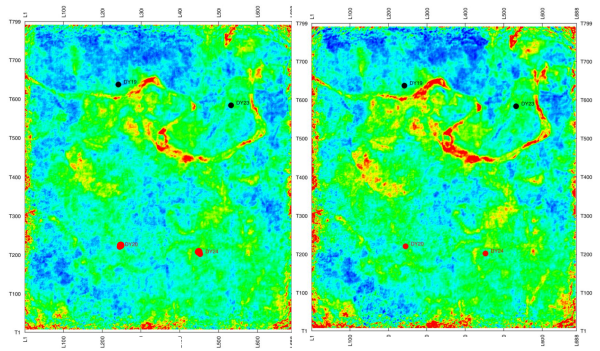


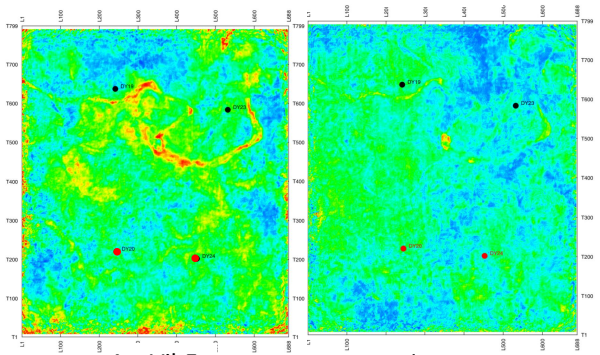


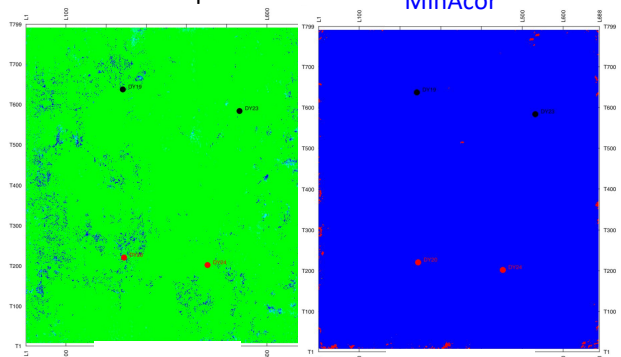


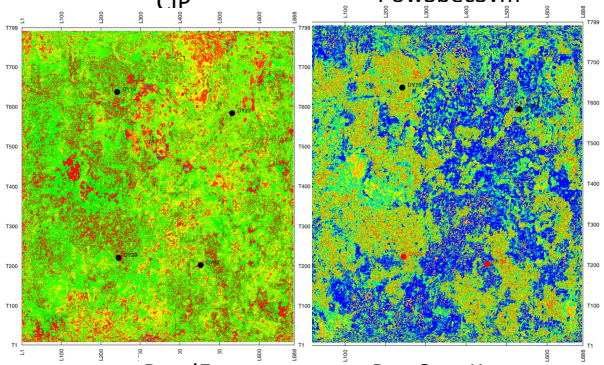


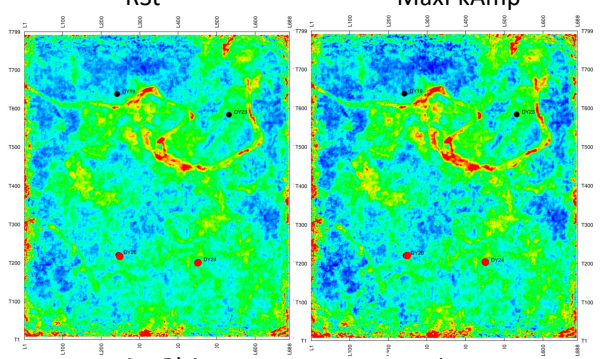


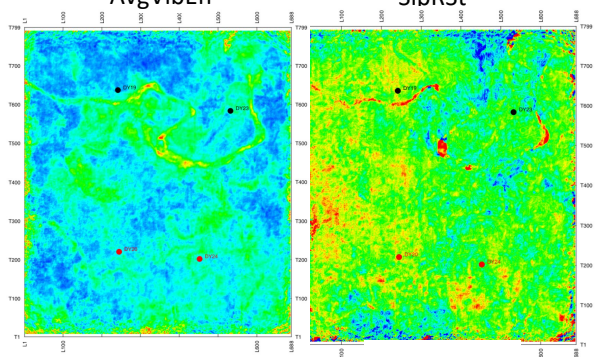






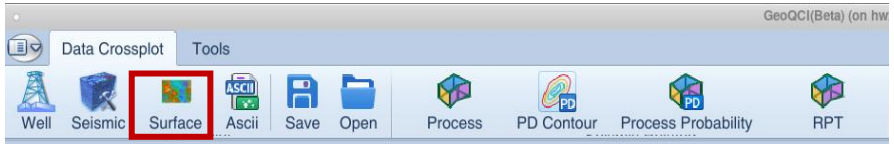


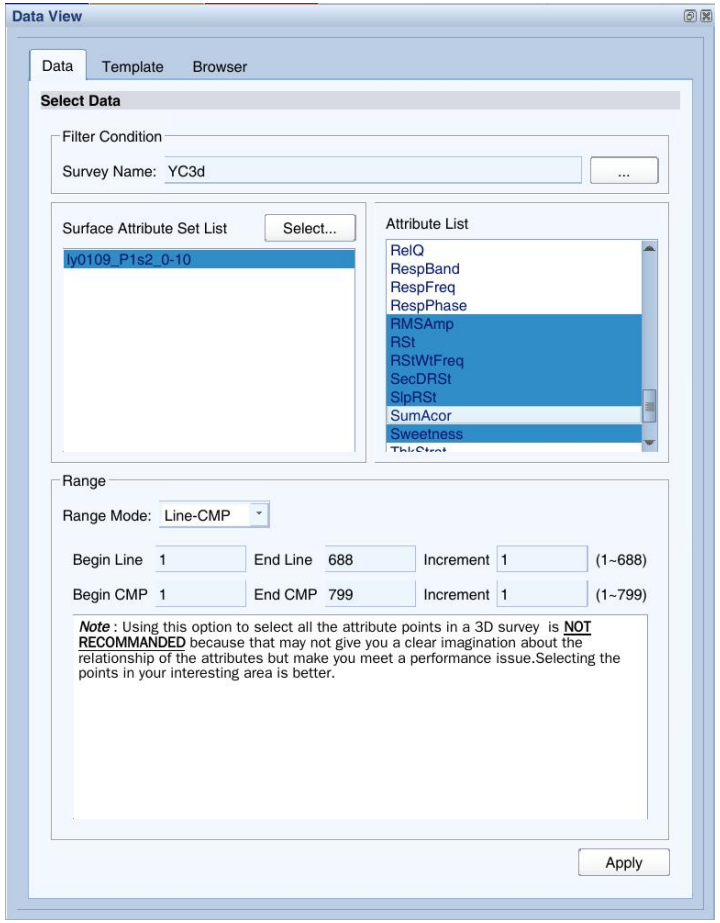




4. 沿层属性优选

1）去除杂乱、无规律属性； 2）去除样本不相关的属性； 3）交会图去除冗余属性。





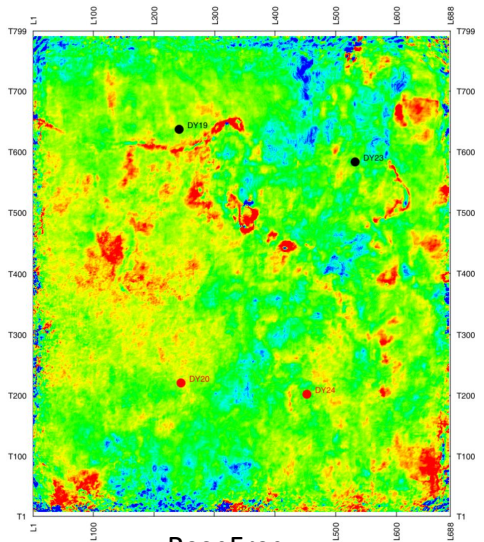
交会图分析法是从交会图提供的相关系数分析图和多属性交会图上，根据相关系数值的大小，查看属性之间，属性与样本之间的相似程度。

	IDomFreq	IntAbsAmp	MaxAcor	MaxPkAmp	IReAmp	AvgVibEn	AvgPkAmp	AmpSlp	CompAbsAmp	RMSAmp	RSt	RStWtFreq	SecDRSt	SlpRSt	Sweetness
IDomFreq	1.0000														
IntAbsAmp	0.1991	1.0000													
MaxAcor	0.0065	0.8122	1.0000												
MaxPkAmp	0.1669	0.8855	0.7803	1.0000											
IReAmp	0.2144	0.9594	0.8051	0.8266	1.0000										
AvgVibEn	0.0155	0.9355	0.9520	0.9032	0.9036	1.0000									
AvgPkAmp	0.1075	0.9816	0.8135	0.9270	0.9343	0.9370	1.0000								
AmpSlp	0.5259	0.1667	0.0802	0.1941	0.3087	0.0586	0.0745	1.0000							
CompAbsAmp	0.3421	0.7632	0.7100	0.9464	0.6622	0.8174	0.8369	0.3247	1.0000						
RMSAmp	0.0606	0.9820	0.8229	0.9542	0.9269	0.9495	0.9858	0.0168	0.8577	1.0000					
RSt	0.0446	0.9567	0.8422	0.9583	0.9303	0.9528	0.9661	0.0252	0.8760	0.9839	1.0000				
RStWtFreq	0.9504	0.0992	0.1010	0.2460	0.0967	0.0794	0.0110	0.4798	0.4117	0.0339	0.1574	1.0000			
SecDRSt	0.6213	0.2809	0.4278	0.5657	0.3217	0.4301	0.3312	0.5016	0.5771	0.4019	0.5133	0.7228	1.0000		
SlpRSt	0.5408	0.0201	0.0306	0.3402	0.1219	0.0748	0.0595	0.9311	0.4111	0.1298	0.1379	0.5280	0.6747	1.0000	
Sweetness	0.1931	0.9961	0.8236	0.8847	0.9671	0.9406	0.9783	0.1884	0.7600	0.9798	0.9620	0.0879	0.2960	0.0404	1.0000

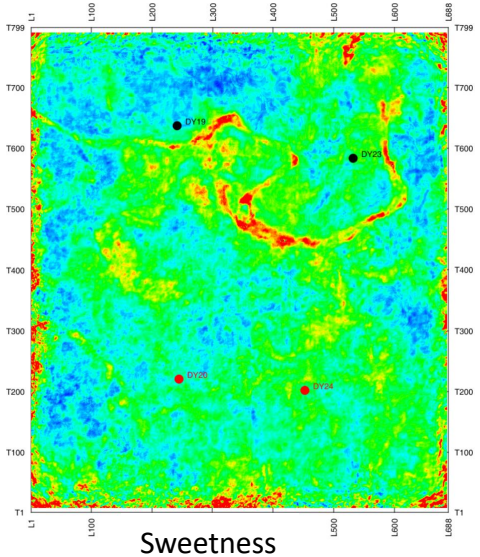
	IDomFreq	IntAbsAmp
MaxPkAmp	0.1669	0.8855
IReAmp	0.2144	0.9594

4. 沿层属性优选

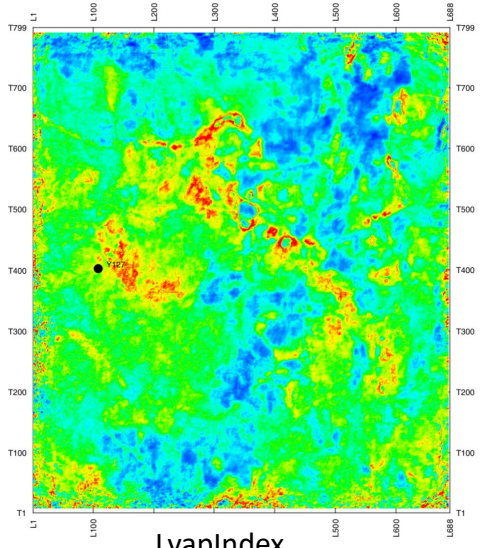
属性优选结果



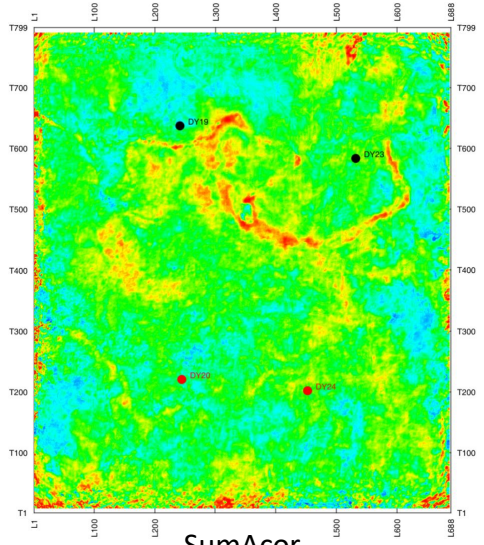
RespFreq



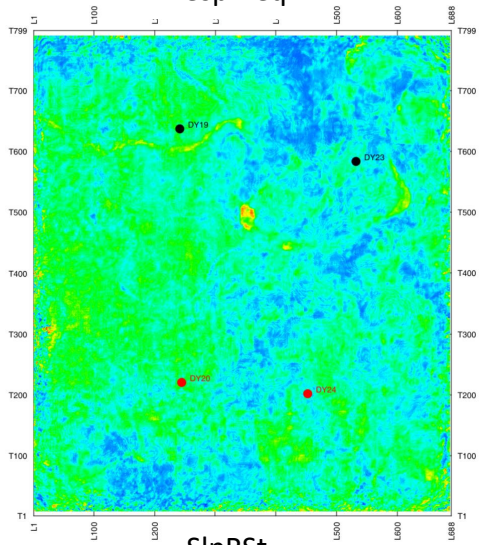
Sweetness



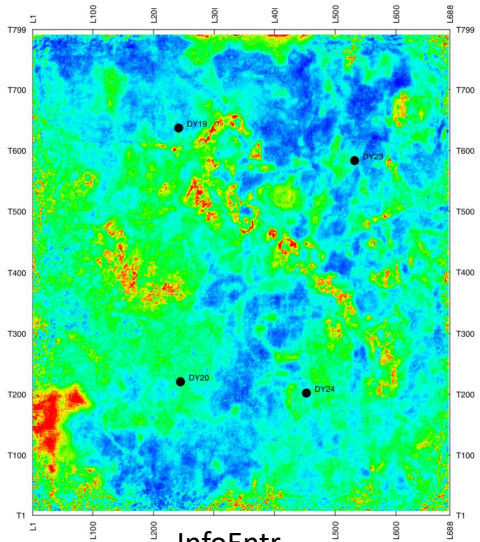
LyapIndex



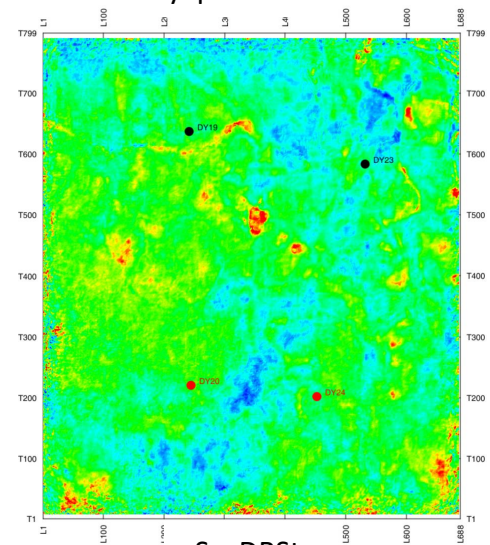
SumAcor



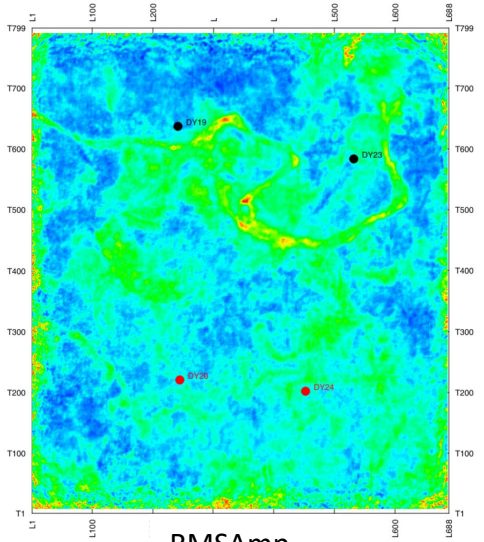
SlpRSt



InfoEntr



SecDRSt



RMSAmp

5. BP属性分析

简介

- 误差反向传播（BP - Back Propagation）是一种有监督神经网络方法，实现已知物性样本情况下的储层物性参数的估算，用这种方法需要首先建立物性样本。BP网络能够通过样本学习实现复杂的非线性映射关系。

算法

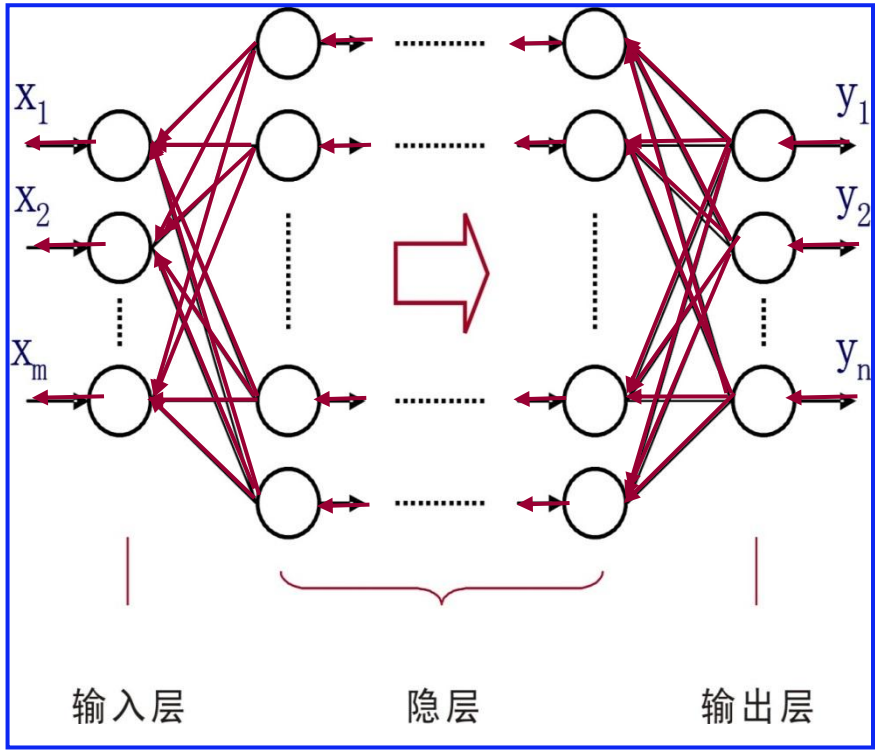
- BP方法进行储层参数估算的过程是：选取若干口具有典型性的已知井；然后用井旁道的地震属性作为训练样本，以井的储层参数作为训练的期望输出，进行学习直至收敛（训练得到分类器）；用学习到的映射关系求取未知地区的储层参数值（待分类数据预测）。

适用条件

- 适合于有一定已知井的情况下对储层物性参数进行定量分析和预测。

5. BP属性分析

BP算法的基本思想：学习过程由正向传播和反向传播两个过程组成。正向传播时，输入样本从输入层经过隐单元一层一层进行处理，传向输出层；若输出层的实际输出与期望输出不符，则转入误差反向传播阶段。误差反传是将输出误差以某种形式通过隐层向输入层逐层反传，并将误差分摊给各层的所有单元，从而获得各层单元的误差信号，此误差信号即作为修正各单元权值的依据。



BP神经网络结构示意图

5. BP属性分析

关键参数

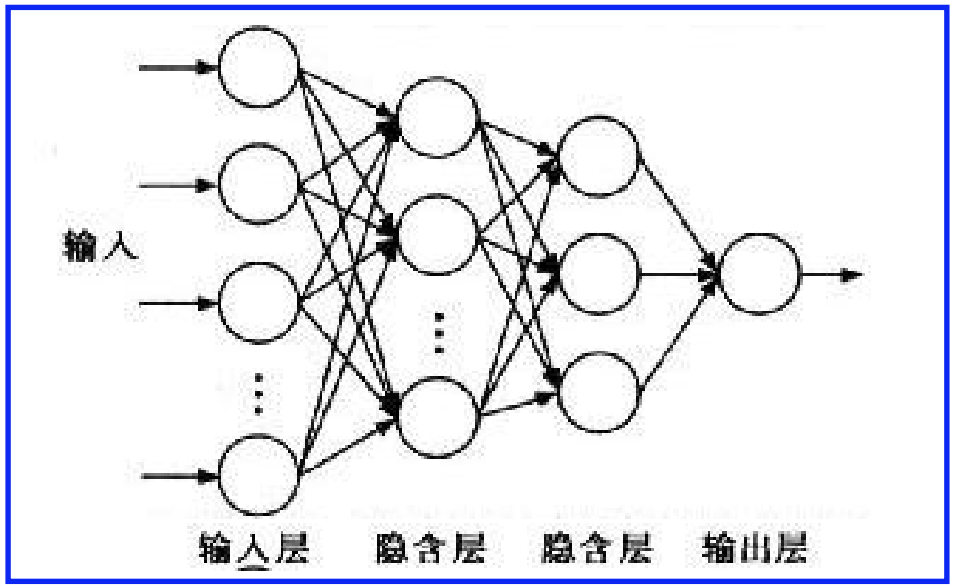


BP模式识别界面

参数（1）：

1. Analysis Method：BP有监督神经网络分析
2. Layer Nodes：(隐)层节点数
3. Training Sample：物性样本
4. Advanced Parameters：BP分析的高级参数设置。
5. Result Name：BP分析结果数据名

BP关键参数1-隐层数

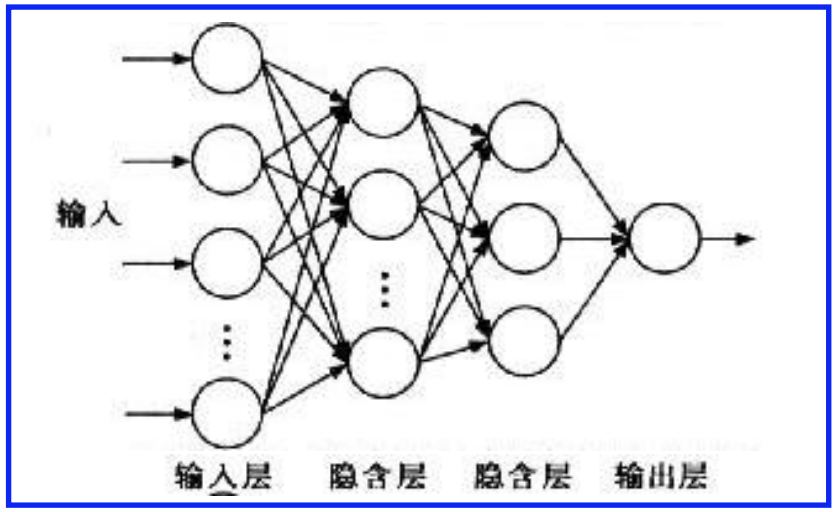


BP神经网络（四层）结构示意图

理论分析证明，一个隐层可以映射所有连续函数，只有当学习不连续函数时，才需要两个隐层，所以BP网络最多只需要两个隐层。

经验表明，采用两个隐层时，如在第一个隐层设置较多的隐节点而第二个隐层设置较少的隐节点，则有利于改善BP网络性能。

BP关键参数2-隐层节点数



BP神经网络（四层）结构示意图

根据经验，确定隐层节点数的公式：

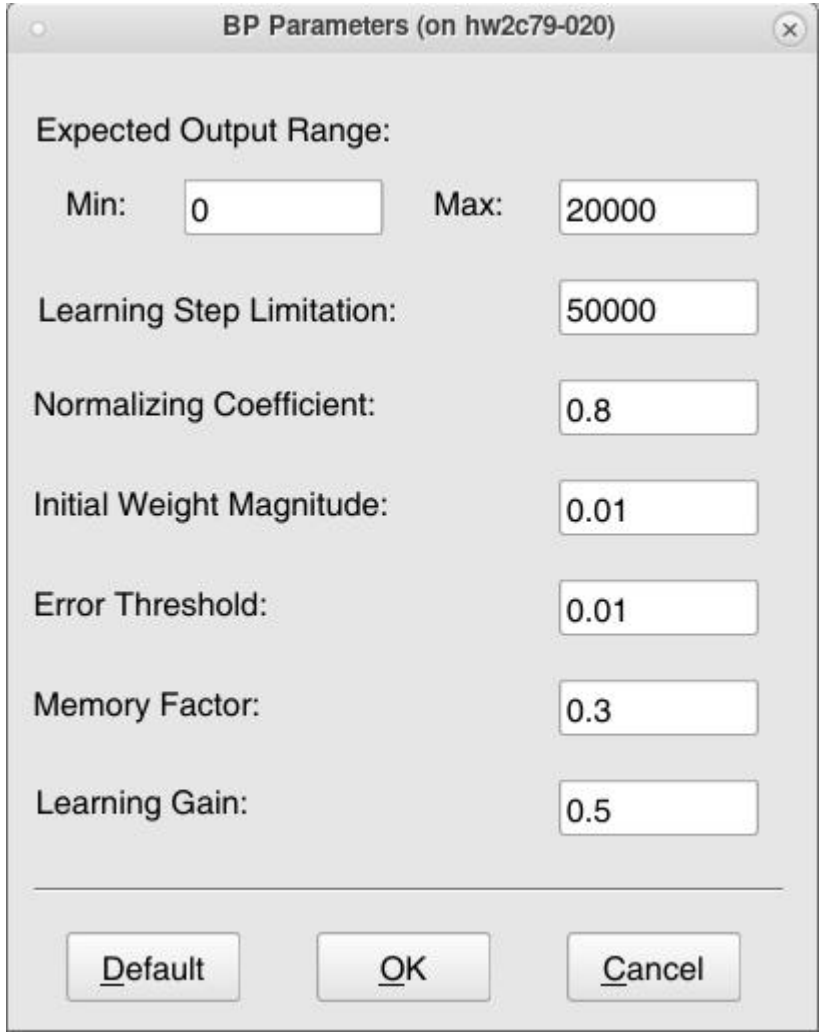
$$m = \sqrt{n + l} + a$$

其中m为隐层节点数，n为输入层节点数，l为输出层节点数，a为1-10之间的常数。

隐层节点数太少，网络从样本中获取的信息能力就差，不足以概括和体现训练集中的样本规律；隐层节点数过多，又可能把样本中非规律性内容（如噪音）也学会牢记，从而出现所谓的“过度吻合”。另外，隐层节点数过多还会增加训练时间。

5. BP属性分析

关键参数



BP方法高级参数

- Expected Output Range：期望输出值范围
  a) Min：期望输出最小值，该值应该设置为小于或等于训练样本点中的最小值。会根据建立的样本自动统计
  b) Max：期望输出最大值，该值应该设置为大于或等于训练样本点中的最大值。会根据建立的样本自动统计

②Learning Step Limitation：最大学习步长，控制BP迭代分析结束条件之一，该值一般设置为数千到数万次。

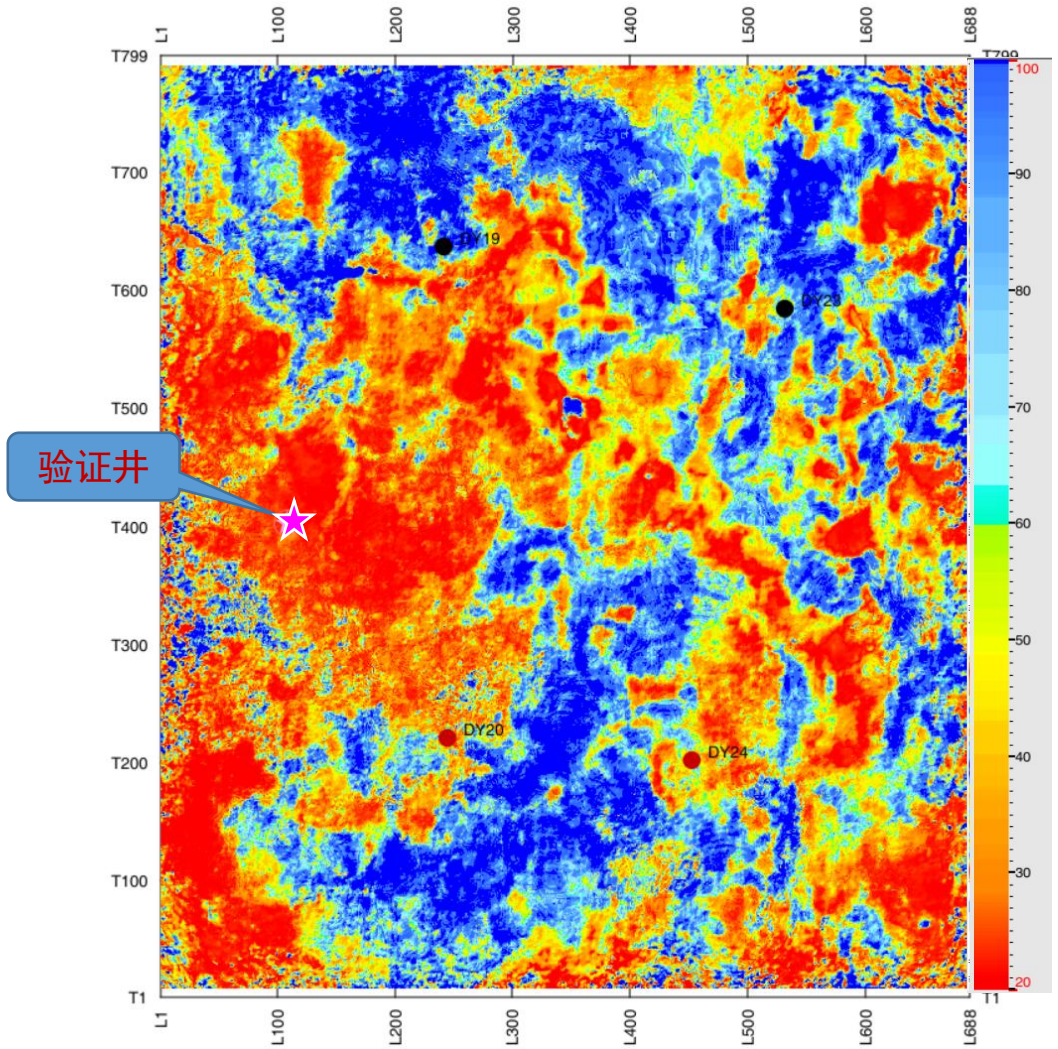
③Error Threshold：误差阈值，控制BP迭代分析结束条件之一，该值为相邻前后两次迭代结果的误差百分比，一般设置为0～0.2之间一个较小的值。

④Learning Gain：学习率α。该参数设置过大，容易造成学习迭代的发散或震荡，设置太小则学习过程太慢，学习次数增多。一般可设置此参数为0.5~10，根据训练样本属性数据的不同，有时可更大或更小。

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) - \eta \cdot d_i^k \cdot X_j^{k-1}$$

各层的学习误差d_i^k

5. BP属性分析



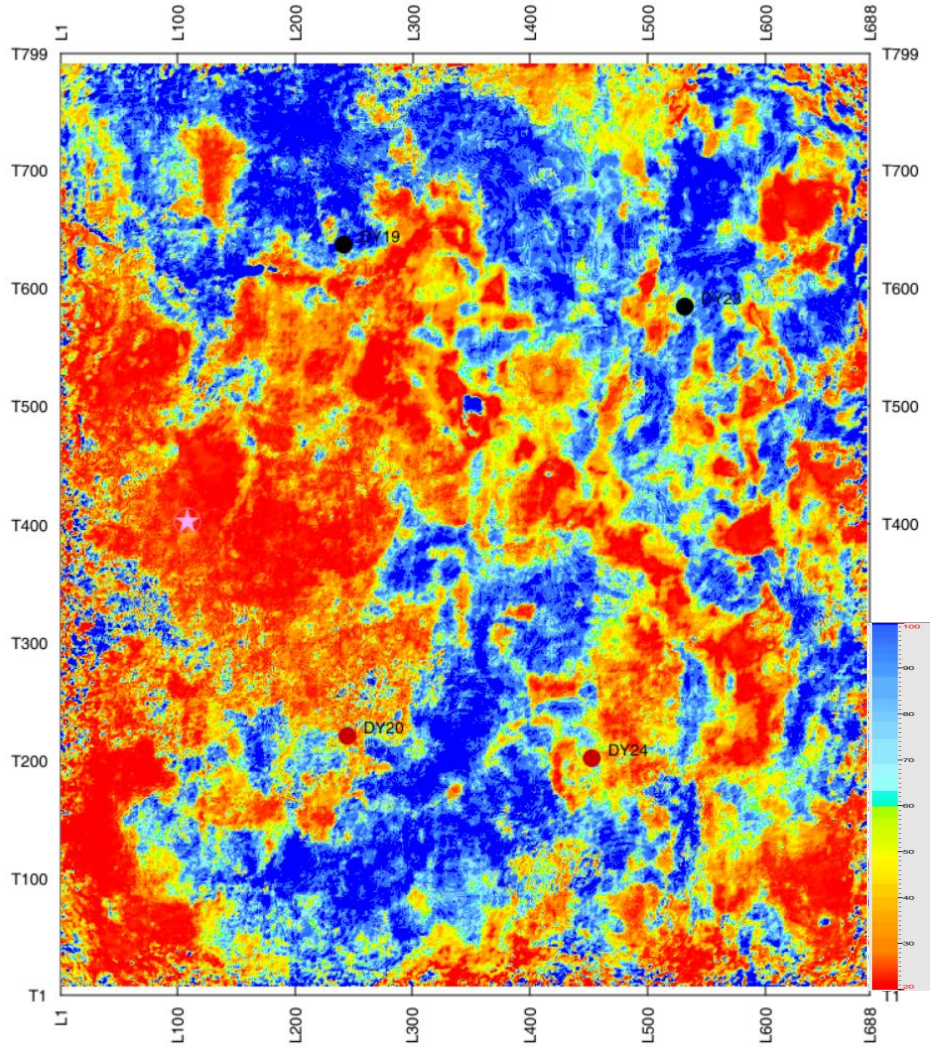
BP预测结果

验证井无阻流量120万方/天，位于预测结果的有利区域

well		
1	DY19	100
2	DY20	45
3	DY23	90
4	DY24	50

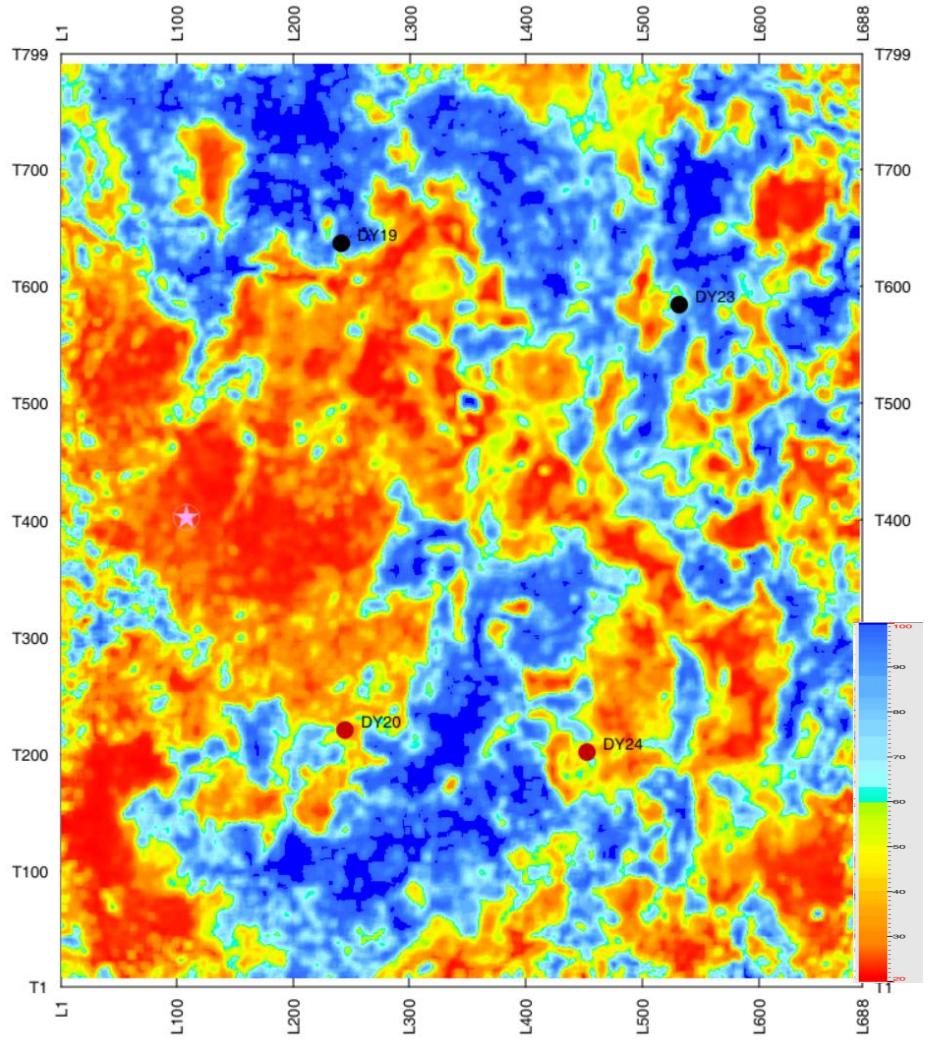
5. BP属性分析

后处理



BP预测结果（原始）

平滑



BP预测结果（平滑）

中国石油

CONTENES
目录

01 一、概研究背景

02 二、应用流程及实例

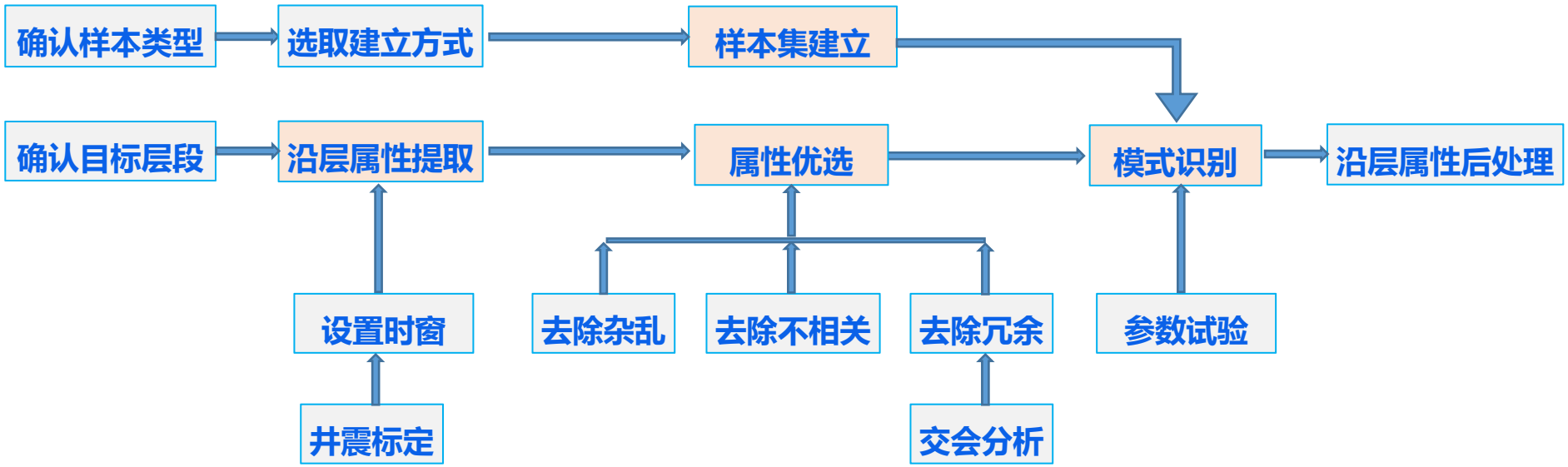
1.启动及流程
2.沿层属性提取
3.样本集建立
4.属性优选
5.BP模式识别及应用效果

03 三、注意事项及推荐流程

注意事项

1. 提取沿层属性定义时窗时，时窗范围包含目标层段；
2. 属性提取时窗的定义原则：正值为时窗外扩，负值为时窗内收。
3. 样本集：BP方法进行物性参数预测时，样本类型需设置为Attribute类型，井多时可以采用文件输入方式提升效率；
4. 属性优选时需去除杂乱无章属性及与样本无关的属性；
5. BP方法预测结果可以进行适当的后处理，改善显示效果。

推荐流程


确认样本类型
选取建立方式
样本集建立
确认目标层段
沿层属性提取
属性优选
模式识别
沿层属性后处理
设置时窗
去除杂乱
去除不相关
去除冗余
参数试验
井震标定
交会分析

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