

Petrel 属性建模流程

构造模型建好之后，在此基础上进行属性建模的工作，属性建模包括相建模和岩石物理属性建模两个部分。

主要分为四大步完成：属性数据准备、属性数据粗化、相数据分析及相建模、孔渗饱数据分析及孔渗饱建模。

一、属性数据准备：

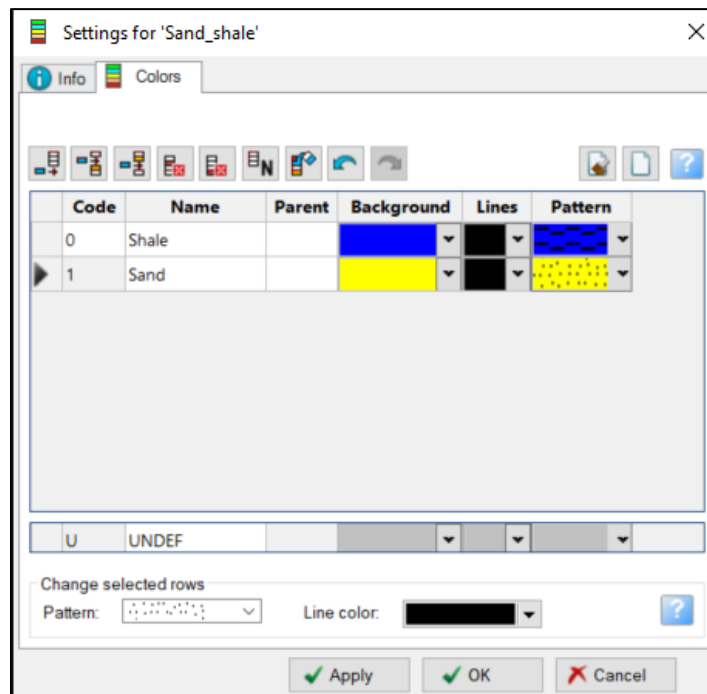
1. 相数据准备

Petrel 里的相解释方法有三种，并计算器计算、人工解释相、神经网络方法解释相。

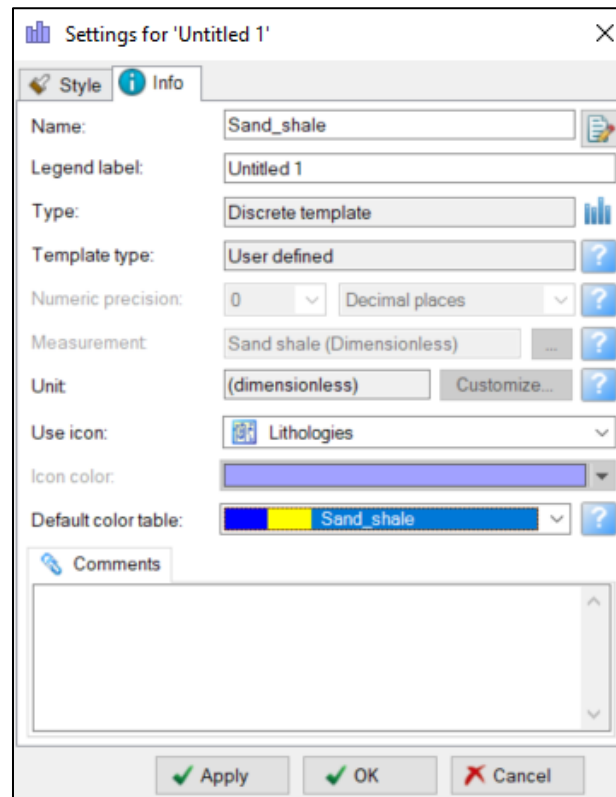
下面主要介绍前两种方法，操作步骤如下：

首先需要定义一个相模板，然后在计算器里基于一个已有测井曲线的判别标准定义一个判别公式得到一个相曲线。步骤如下：

1) 创建相模板：在 Templates 面板下，扩展 Color table 文件夹，在子文件夹 Discrete color tables 上点右键选择 Insert new discrete color table，在该文件夹下新生成一个 Untitled 1，双击 Untitled 1 进入 settings 窗口，在 Info 标签下命名为 Sand_shale。切换到 colors 标签下，输入代码 0 为 shale，代码 1 为 sand，在 background 下分配相颜色，在 pattern 下设置对应的相模式。点击 ok。如下图：



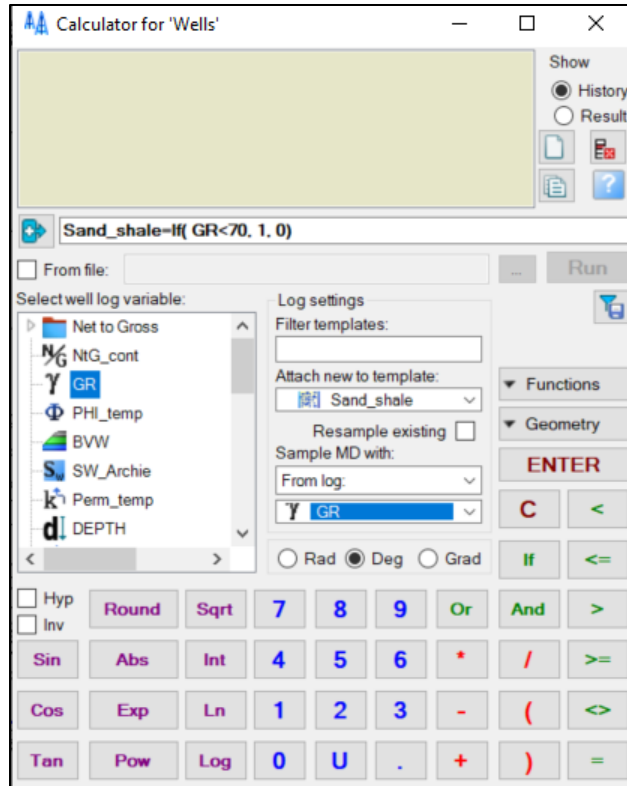
在 Discrete Property templates 文件夹上选择 Insert new property template，在该文件夹下生成一个 Untitled 1 属性，双击 Untitled 1 属性进入 settings 窗口，在 Info 标签下命名为 Sand_shale，在 Use icon 处选择 Lithologies，在 Default color table 处点击下拉菜单选择 more，弹出窗口下选择 sand_shale, 点击 ok。如下图：



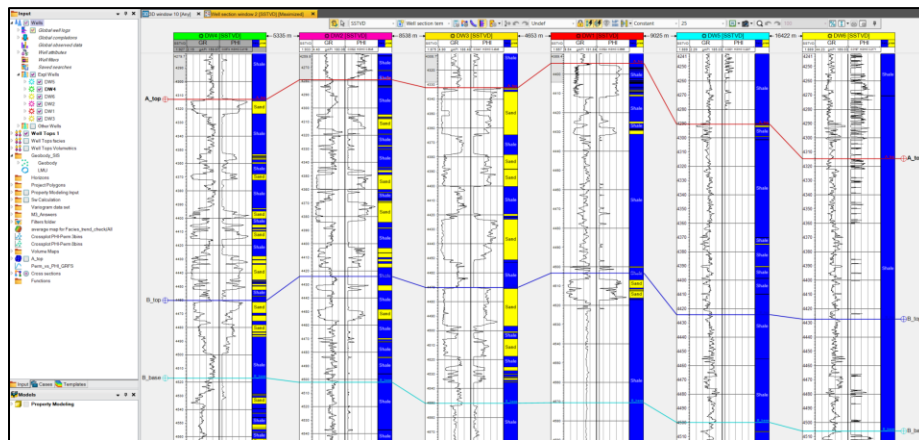
2) 井计算器计算相方法

基于一个测井曲线或多个测井曲线的判别标准（比如 GR）用井计算器计算一个相曲线，此算法能快速地得到井上的相计算结果。

本工区用 GR 曲线作为判别砂泥岩的区分标准计算砂泥岩曲线。在 Input 面板的 Wells 文件夹上点右键选 calculator，弹出窗口下，输入公式 $\text{Sand_shale} = \text{If}(\text{GR} < 70, 1, 0)$ 。选择 sand_shale 作为新生成的曲线模板，sample MD with 选 From log: GR，点击 enter。如下图：

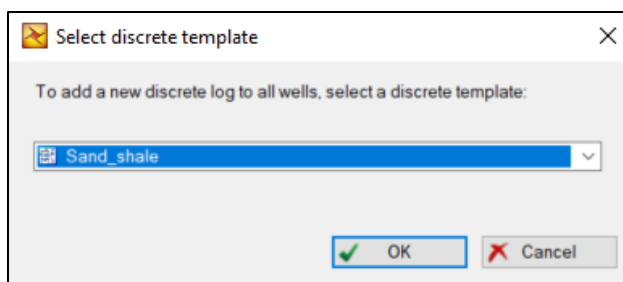


生成的砂泥岩相曲线 Sand_shale 保存在 Global well logs 文件夹下。

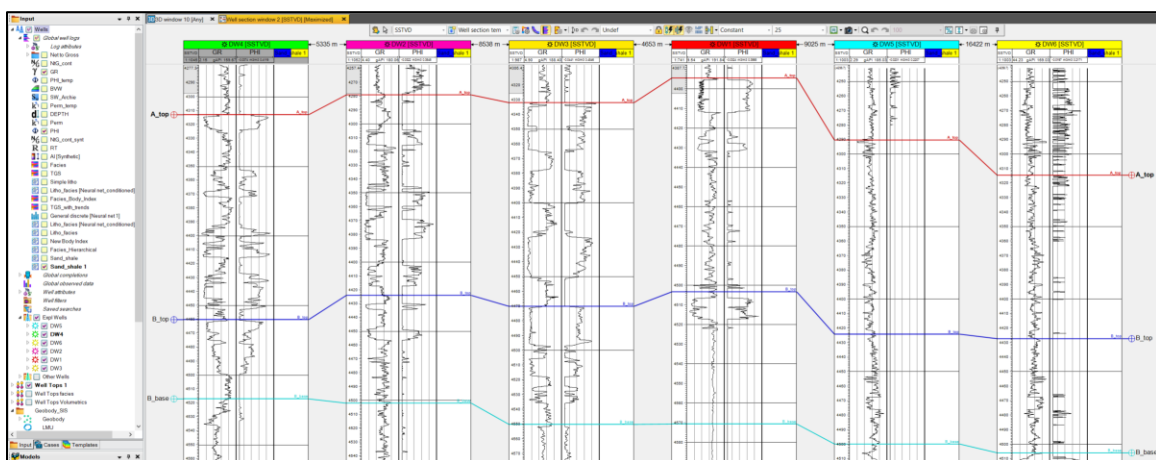



3) 人工相解释：通过测井曲线的特征手动解释砂泥岩相。

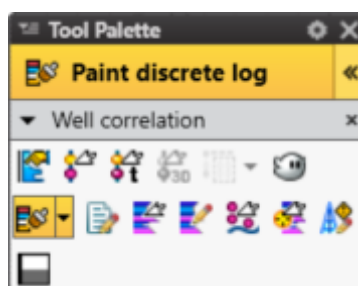
在 well section window 下，在 Input 面板下的 wells 文件夹下勾选要进行相解释的井，投上测井曲线，井分层，选上 Stratigraphy tab, 在 Manual logs group, 点击 New discrete log. 选择 Sand_shale 作为离散的相模板，点 ok。



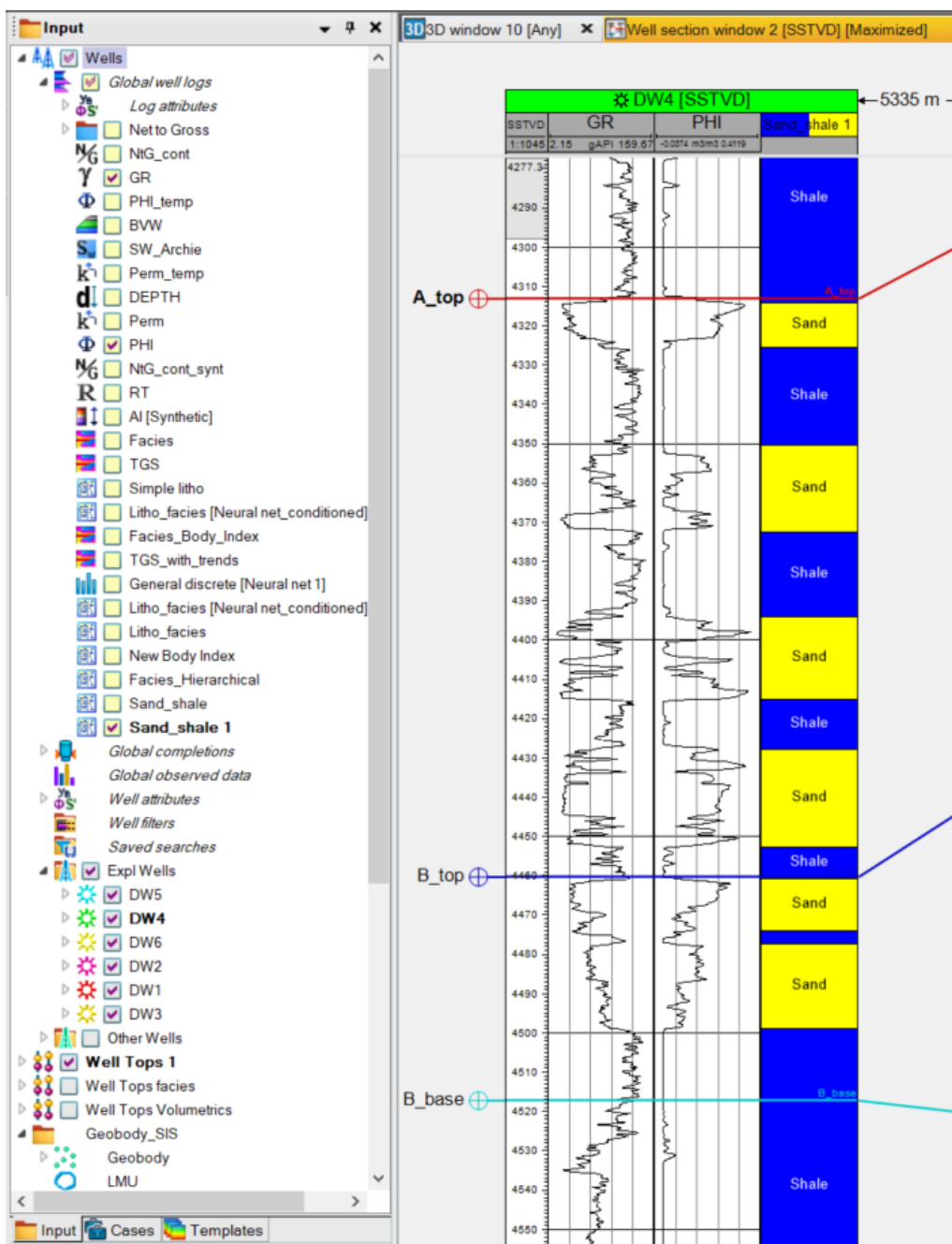
在 global well logs 下生成一个 sand_shale 1 的砂泥岩相曲线，同时在 well section window 下的井上新生成一空的曲线道 sand_shale 1。如下图：



在 Stratigraphy 标签下的 Well correlation 组点击 Edit well tops，弹出 Well correlation 工具栏。在该工具栏，点击 Paint discrete log 图标 ，如下图：



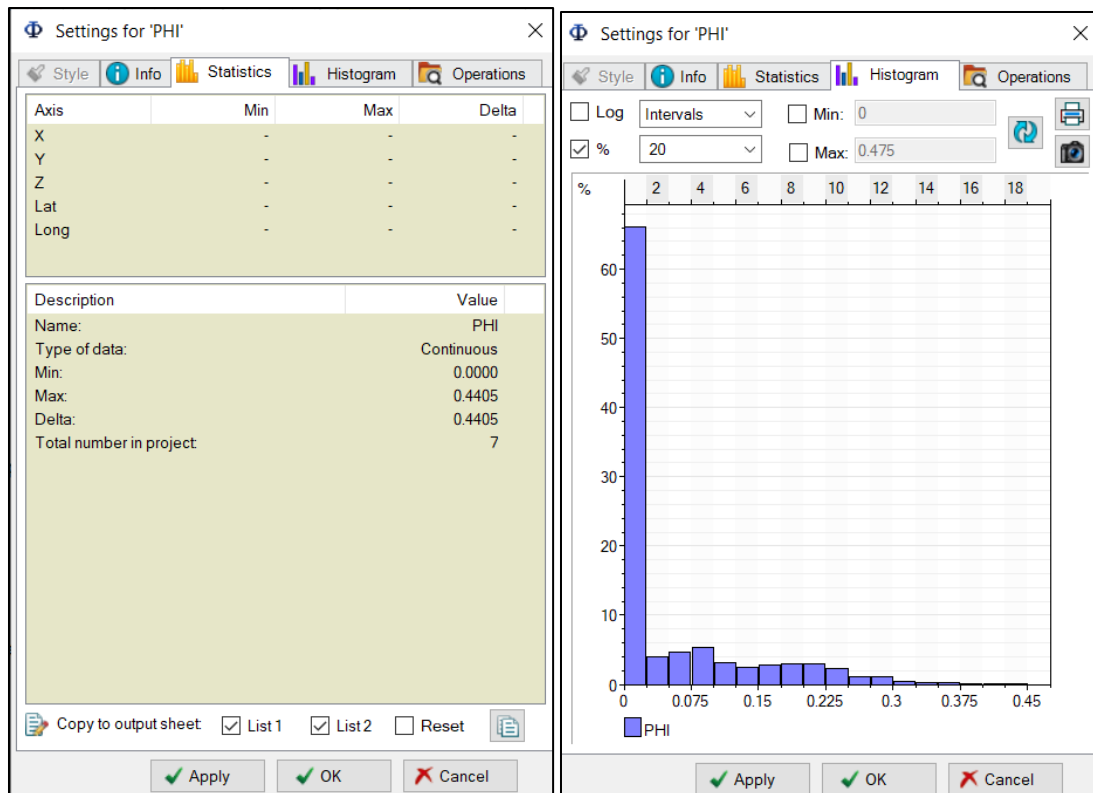
在 sand_shale 1 曲线道，点鼠标右键选择要解释的相类型，比如 sand，然后在该道按照测井曲线特征划分砂岩，砂岩解释完以后，在该道点右键选择 shale 解释泥岩，如下图：



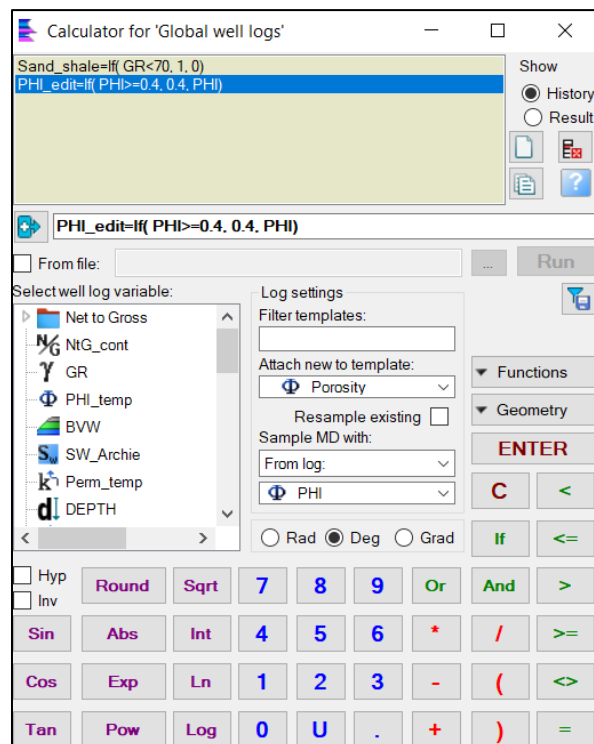
该井解释好砂泥岩后，依此类推，在其它井上把目的层段的砂泥岩相都解释出来。

2、孔隙度、渗透率、饱和度数据准备及 QC

孔隙度、渗透率、饱和度数据一般通过测井软件进行测井二次解释得到，加到 Petrel 里的 wells 下的 global well logs 下，然后通过这些属性的 settings 窗口下的统计标签、直方图标签的信息进行 QC。如下图：



如果发现孔隙度曲线数据有异常值，通过井计算器进行处理。如下图：



上述公式通过处理异常孔隙度值，生成一个新的孔隙度曲线 PHI_edit，该曲线保存在 global well logs 文件夹下。


依此类推，对渗透率曲线和饱和度曲线做 QC。

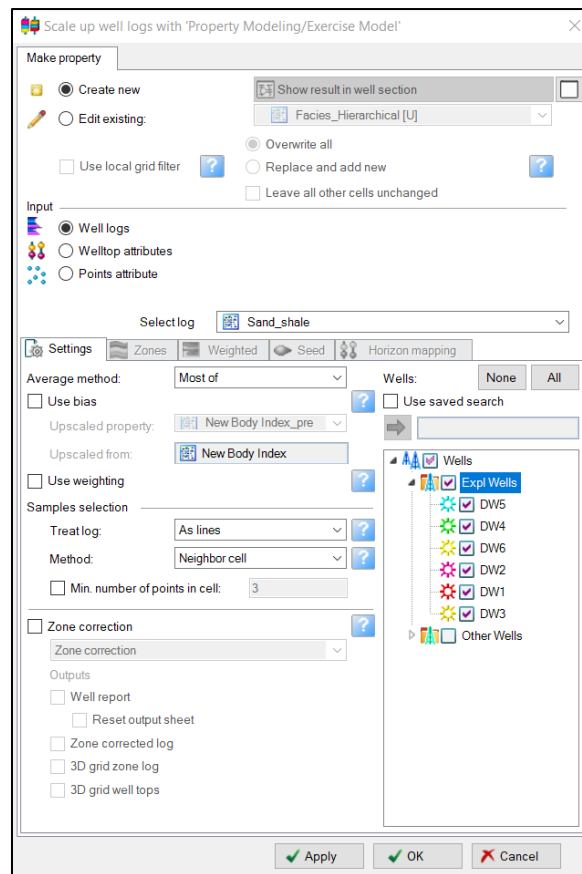
二、属性数据粗化


1、相数据粗化

1) 在 models 面板下，激活三维模型 Exercise model。

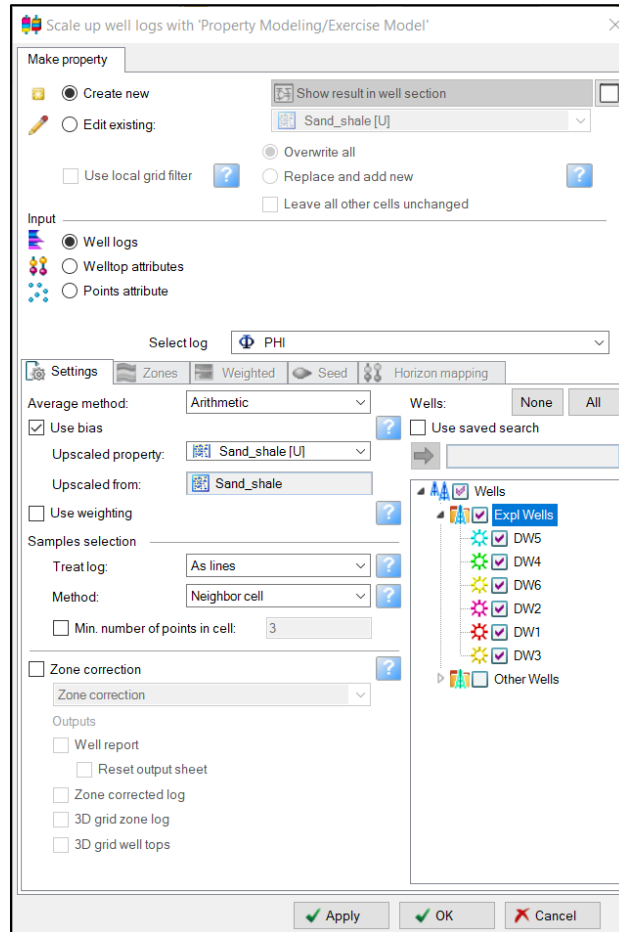
2) 粗化相曲线：选上 property modeling 标签，在 Data preparation 组，点击 Well log

upsampling 图标 ，弹出曲线粗化窗口。选择 create new，Input 处选择 well logs 类型，在 select log 处选择砂泥岩相 sand_shale，Average method 选择 most of，wells 处只选择 expl wells 文件夹下的井。如下图：

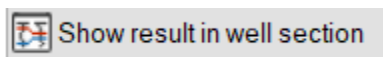


点击 Apply，粗化的 sand_shale 曲线保存在 Exercise Model/Properties 文件夹下。点击粗化井曲线窗口上方的图标  Show result in well section 新生成一个 well section 窗口并在该窗口下显示粗化的砂泥岩相曲线和原始的相曲线，进行粗化前后对比及 QC。

3) 粗化孔隙度曲线：在粗化井曲线窗口下继续选择 create new，在 select log 处选择 PHI，Average method 选择 Arithmetic，勾选 Use bias，Upscaled property 处选择 sand_shale，wells 处只选择 expl wells 文件夹下的井。如下图：



点击 Apply，粗化的 PHI 曲线保存在 Exercise Model/Properties 文件夹下。同样点击图标



在 well section 窗口下查看粗化前后的孔隙度曲线并 QC。


4) 粗化渗透率曲线：如果油藏水平方向上比较均质，垂向上的非均质性强，渗透率粗化方法选 Harmonic，如果油藏各个方向非均质性都很强，粗化方法选 geometric，其它参数设置和操作同孔隙度，点击 Apply。


5) 粗化饱和度曲线：粗化步骤同第 3) 步孔隙度曲线粗化过程。

三：相数据分析及相建模

1、相数据分析：

1) 在 models 面板，激活三维模型 Exercise model。


2) 选上 **Property Modeling** 标签, 在 **Data preparation** 组, 点击图标  , 选择要分析的属性为 **sand_shale**。点开锁图标, 选择要分析的 **zones**: **zoneA**, 切换到 **Variograms** 标签下, 选择要分析的相, 开始 **vertical** 方向的变差函数分析。

3) 用预估圆锥体参数的选项  得到初始的变差函数参数设置, 随后根据实际数据可以手动修改参数。

4) 分析垂向变程, 在垂向样品变差函数图上拟合变差函数模型, 得到有效的垂向变程范围。



5) 继续在水平方向的 **major direction** 和 **minor direction** 上分析有效的水平主方向和次方向变程范围。
分析完成后点击 **ok** 保存变差函数分析结果。

2、相建模

在 **property modeling** 组选择 **facies** 图标  , 弹出相建模窗口, 选择要模拟的相: **sand_shale**, 选择要模拟的 **zones**, 比如 **zoneA**, 点开锁, 选择 **Sequential indicator simulation** 算法, 在 **facies** 标签下把要模拟的相选上, 点击兰箭头送入右边的模拟窗口。在 **Variogram** 标签下把分析的变差函数的变程范围按照主变程、次变程和垂向变程依次输入, 如果分析的结果不合适, 按照经验参数设置。设置主变程的方向 **Azimuth**。设置好后切换到 **Fraction/Trends** 标签下, 在 **Trends** 下勾选 **Horizontal**, 从 **Input** 下选上水平方向上的砂岩趋势平面图, 点蓝色箭头放入, 勾选 **Trust fraction/trends**, 点击 **ok**。
生成的 **sand_shale** 模型保存在 **models** 面板下激活的三维模型下的 **Properties** 文件夹下。

四、孔渗饱数据分析及孔渗饱建模

1、孔渗饱数据分析

在 **property modeling** 组选择 **petrophysical** 图标  , 弹出岩石物理属性建模窗口下在 **edit existing** 处选择粗化的 **PHI** 孔隙度数据, 点击图标  打开数据分析窗口, 选择要分析的层 **zones**, 比如 **zoneA**, 点开锁, 点击 **Facies**, 选择 **sand_shale**, 分砂泥岩相分别对孔隙度进行分析。在 **Transformations** 下选择 **normal score** 做正态得分转换得到正态分布图, 在 **variograms** 标签下分析变差函数在垂向上、水平主方向和次方向的变程范围。点击 **Apply** 保存。依次分析渗透率和饱和度数据的变差函数变程范围, 都分析完后点击 **ok** 保存退出。

2、孔渗饱模型建立：在 Petrophysical modeling 窗口下点击锁，选择模拟的 zones，点击 facies，选择 sand_shale 做相控，算法选择 Gaussian random function simulation，在 Variogram 标签下，按照孔隙度数据分析结果设置三个变程范围，在 Major direction orientation 下的 Azimuth 处设置主物源方向。在 Distribution 标签下在 output data range 点击 estimate，得到输出数据范围，如有数据不合适，可以手动修改。其它参数保持默认参数，点击 apply，计算完成后在 properties 文件夹下生成了孔隙度模型。依次类推，在 Petrophysical modeling 窗口下选上 Perm 渗透率粗化数据，设置相关参数进行模拟，选上 Sw 含水饱和度粗化数据，设置相关参数进行模拟。模拟完后在 Properties 文件夹下依次生成了渗透率模型和饱和度模型。这样岩石物理属性建模工作完成。