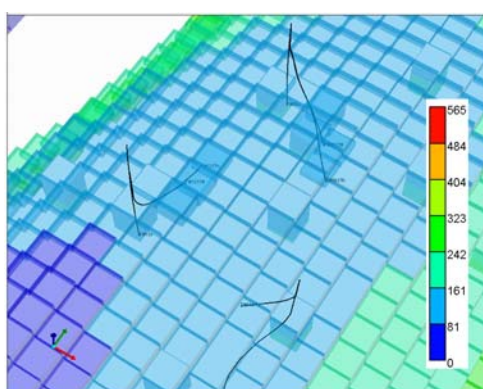


第 67 期：Builder 建模流程高级操作系列（二）

编写人：李罡

Builder/IMEX 2016.10 版

通过本讲义，可学习到使用 Builder 快速创建流体模型方法；利用关系式方法生成相渗曲线；使用向导导入分支井井眼轨迹；井点网格加密；垂直管流曲线表（VFP）生成及应用；同时定义多口井的约束条件以及前处理应用技巧等内容。



目 录

1	油藏描述	2
2	组分定义	3
3	岩石-流体数据	4
4	初始化	5
5	井和动态数据	5
5.1	分支井井眼轨迹导入	5
5.2	井轨迹补心海拔（KB）修正	8
5.3	射孔设置	11
5.4	井点网格加密	12
5.5	垂直管流曲线表（VFP）	14
5.6	井约束条件定义	17
6	数值控制和运行	20

模型简介:

油藏描述	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 模型纵向上分为 30 个小层, 平均顶部深度 236m ◇ 孔隙度 0.3, I 方向渗透率 200mD, J 方向渗透率 200mD, K 方向渗透率 100mD
组分定义	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 用 Builder 快速创建流体模型 ◇ 油藏温度 104.444℃, 原油比重 0.8, 气体比重 0.75
岩石-流体	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 关系式法生成相渗曲线 ◇ 束缚水饱和度 0.2, 残余油饱和度 0.25
初始化	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 重力毛管力平衡法 ◇ 参考压力 20684.3kPa, 参考深度 304.8m, 油水界面 304.8 m ◇ 泡点压力为常数
井和动态数据	◇ 模型共有 16 口生产井, 模拟周期 10 年

本讲义根据 CMG2016.10 版软件编写, 建模过程需要的数据文件, 参考随文发布的 REQUIRED DATA 文件夹, 创建的模型文件, 可参考 SOLUTION MODEL 文件夹。

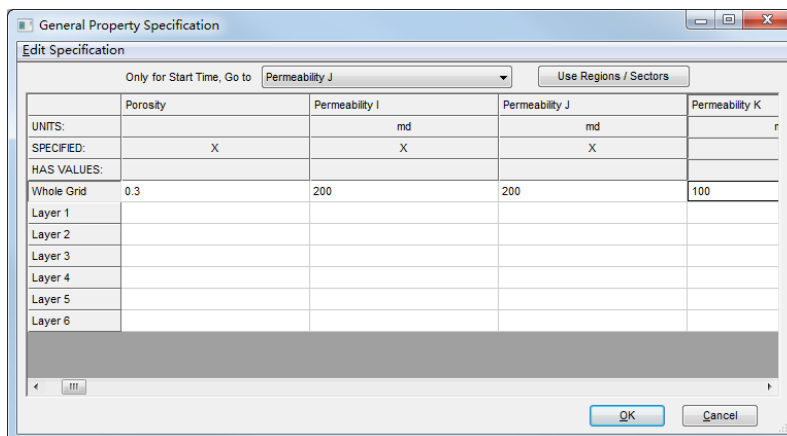
1 油藏描述

打开 **Launcher**, 将 REQUIRED DATA 文件夹中模型 “cart_SI.dat”拖至 **Builder** 打开模型文件, 遇到提示 (缺少岩石-流体部分关键字), 点击 OK, 该模型只包含 10800 个网格, 没有输入其他属性, 将模型另存为 exercise2.dat。

在 **Builder** 界面, 点击 **Specify Property**, 选择孔隙度以及 IJK 三个方向渗透率, 输入以下数据:

Porosity	0.3	
Permeability I	200	(mD)
Permeability J	200	(mD)
Permeability K	100	(mD)

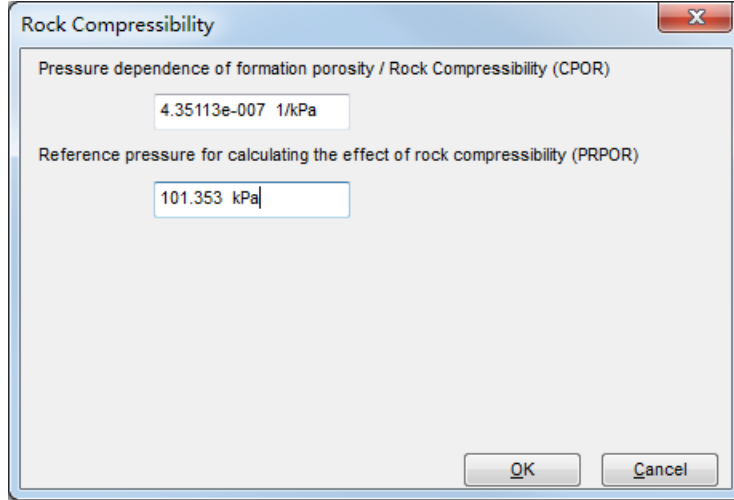
如下图所示, 然后点击 OK, 再次 OK。



点击 **Reservoir |Rock Compressibility**, 输入岩石压缩系数:

CPOR 4.35113e-007 (1/kPa)
 PRPOR 101.353 (kPa)

如下图所示, 完成后, 点击 OK, 保存文件。



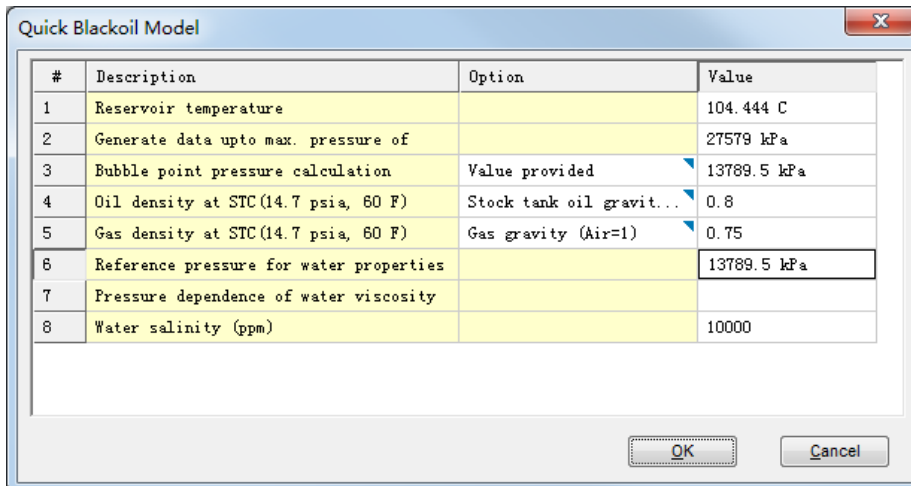
2 组分定义

通过快速创建流体模型的方法完成组分的定义。

在 Builder 界面, 点击 **Components|Quick Fluid Model**, 选择 BLACKOIL 选项 (缺省), 点击 OK。输入以下数据, 快速创建 PVT 表。


Reservoir temperature 104.444 (°C)
 Max pressure 27579 (kPa)
 Bubble point pressure 13789.5 (kPa)
 Oil gravity (water=1) 0.8
 Gas gravity (air=1) 0.75
 Reference Pressure for water properties 13789.5 (kPa)

如下图所示, 完成后, 点击 OK, 保存文件。



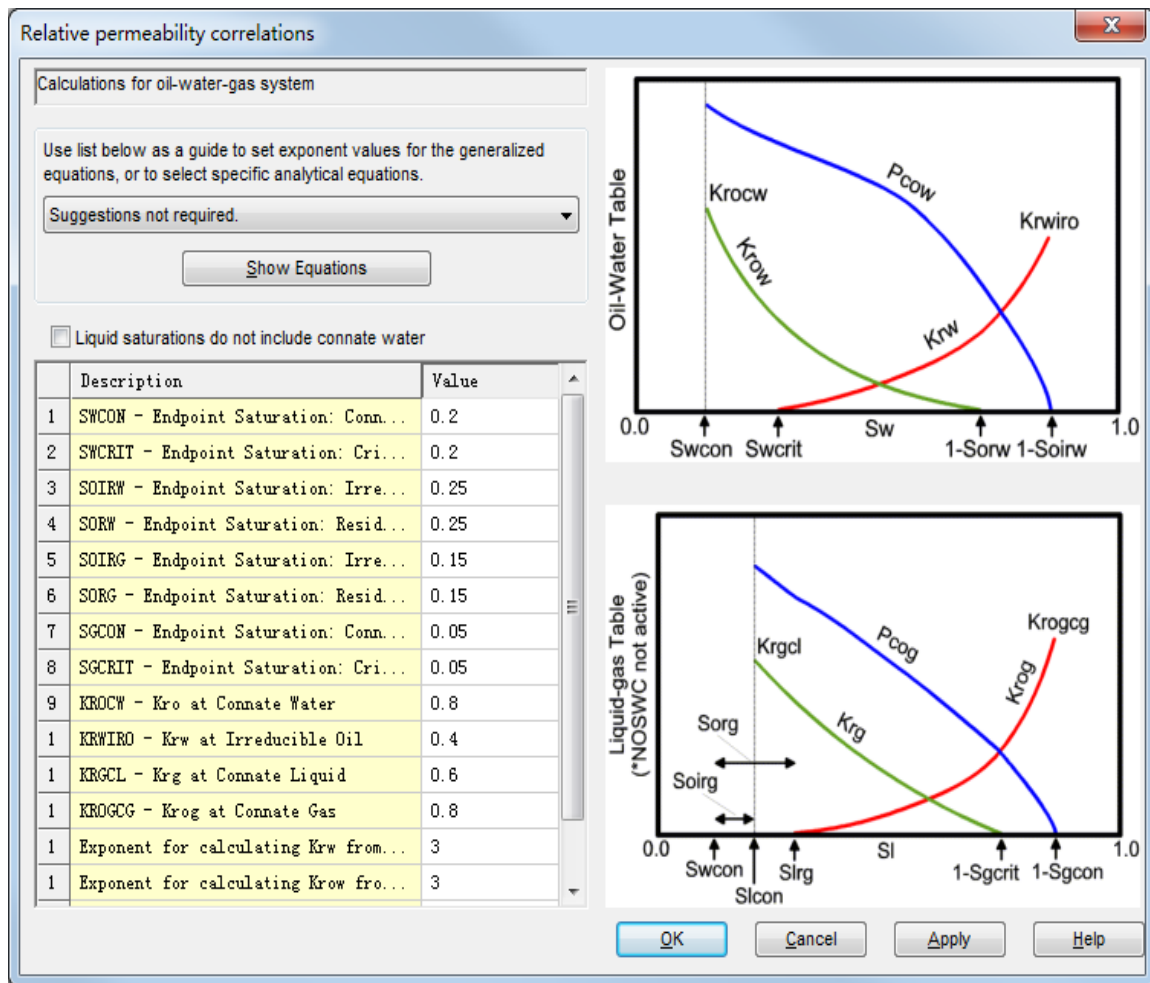
3 岩石-流体数据

通过输入相渗端点值, 利用关系式的方法生成岩石-流体数据。

在 Builder 界面, 点击 **Rock-Fluid|Create/Edit Rock Types**, 点击右箭头 , 选择 **New Rock Type**。在相渗曲线选项卡上, 点击 **Tools**, 然后选择 **Generate Tables Using Correlations**, 输入以下端点值:

SWCON, SWCRIT	0.2
SOIRW, SORW	0.25
SOIRG, SORG	0.15
SGCON, SGCRIT	0.05
KROCW	0.8
KRWIRO	0.4
KRGCL	0.6
KROGC	0.8
所有指数值	3

如下图所示, 完成后, 点击 **Apply**, 然后 **OK**, 再次 **OK**, 最后保存文件。

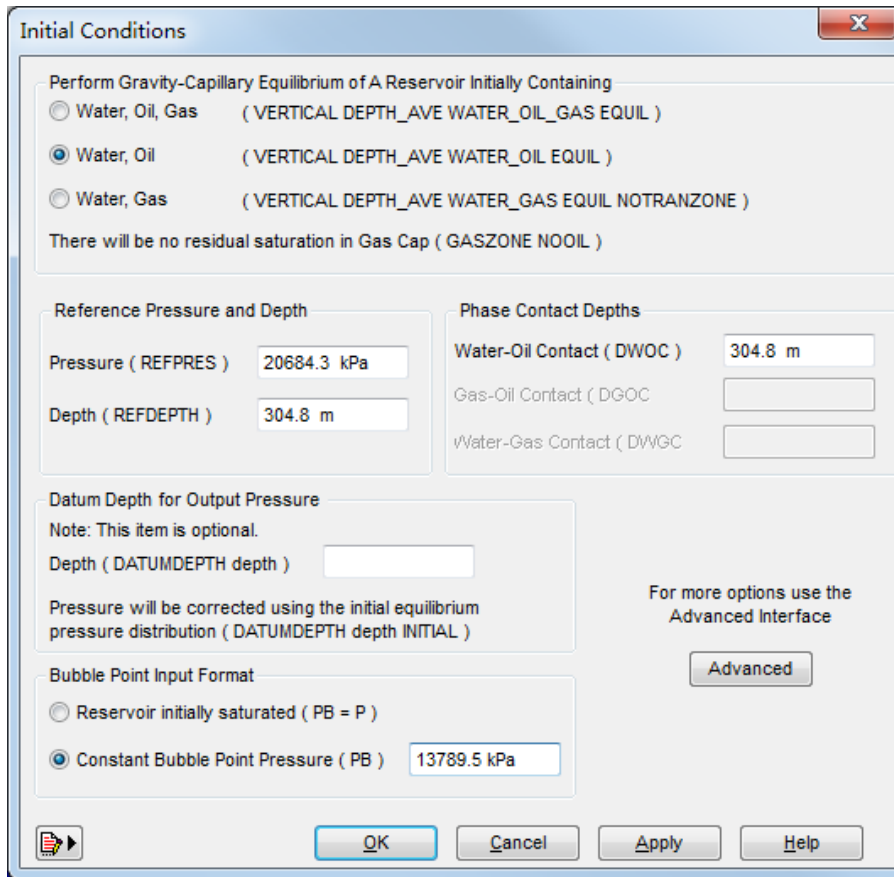


4 初始化

在 Builder 界面, 点击 **Initial Conditions|Initialization Settings** 界面, 选择 **Water,Oil** 执行重力-毛管力平衡计算, 输入以下参数:

参考压力	20684.3	(kPa)
参考深度	304.8	(m)
油水界面	304.8	(m)
泡点压力	13789.5	(kPa)

如下图所示, 完成后点击 Apply, 然后 OK, 保存文件。



5 井和动态数据

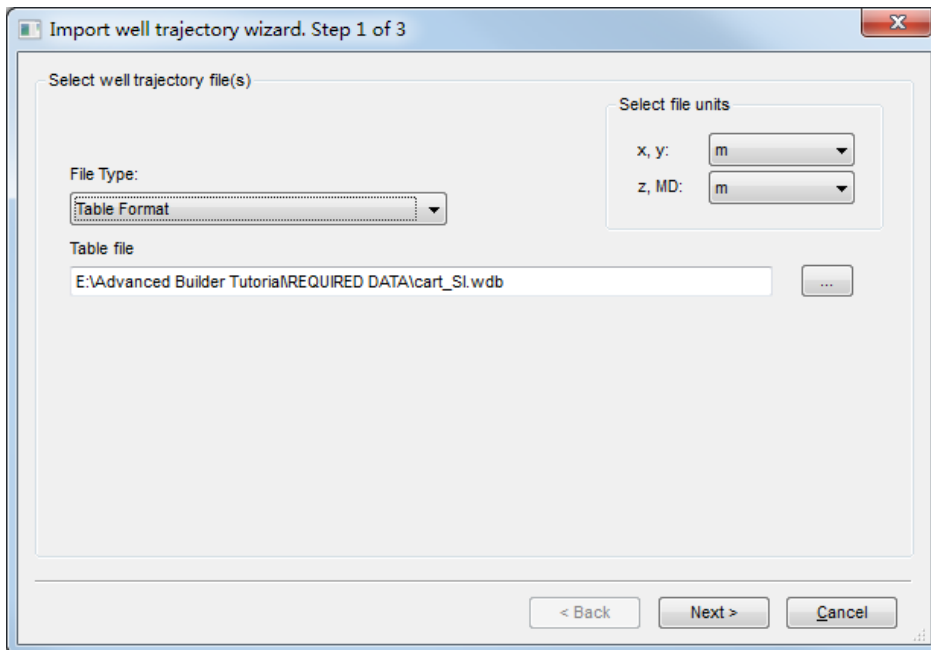
5.1 分支井井眼轨迹导入

在 Builder 界面, 点击 **Well | Well Trajectories | Well trajectories...** 打开井轨迹导入向导。

第 1 步: 选择井轨迹文件 (Select well trajectory file (s))

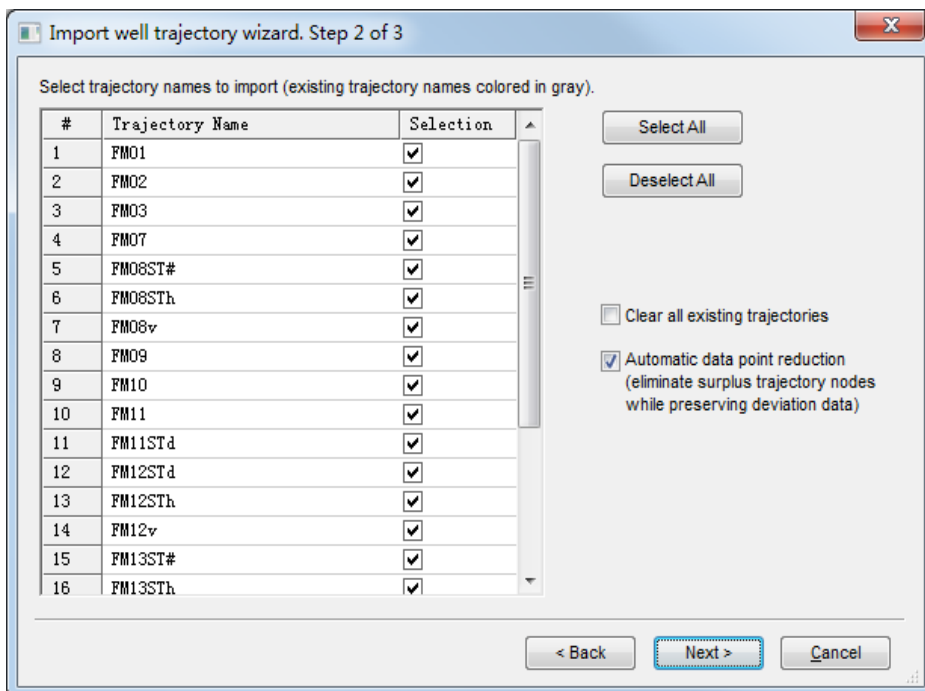
- 选择“Table Format”文件类型;

- 为 x, y 和 z 坐标设置单位 “m”;
- 浏览位于 REQUIRED DATA 文件夹中的文件 “cart_SI.wdb”;
- 点击 Next。



第 2 步: 选择需要导入的井轨迹名称 (Select trajectory names to import)

- 选择所有井轨迹名称;
- 点击 Next。




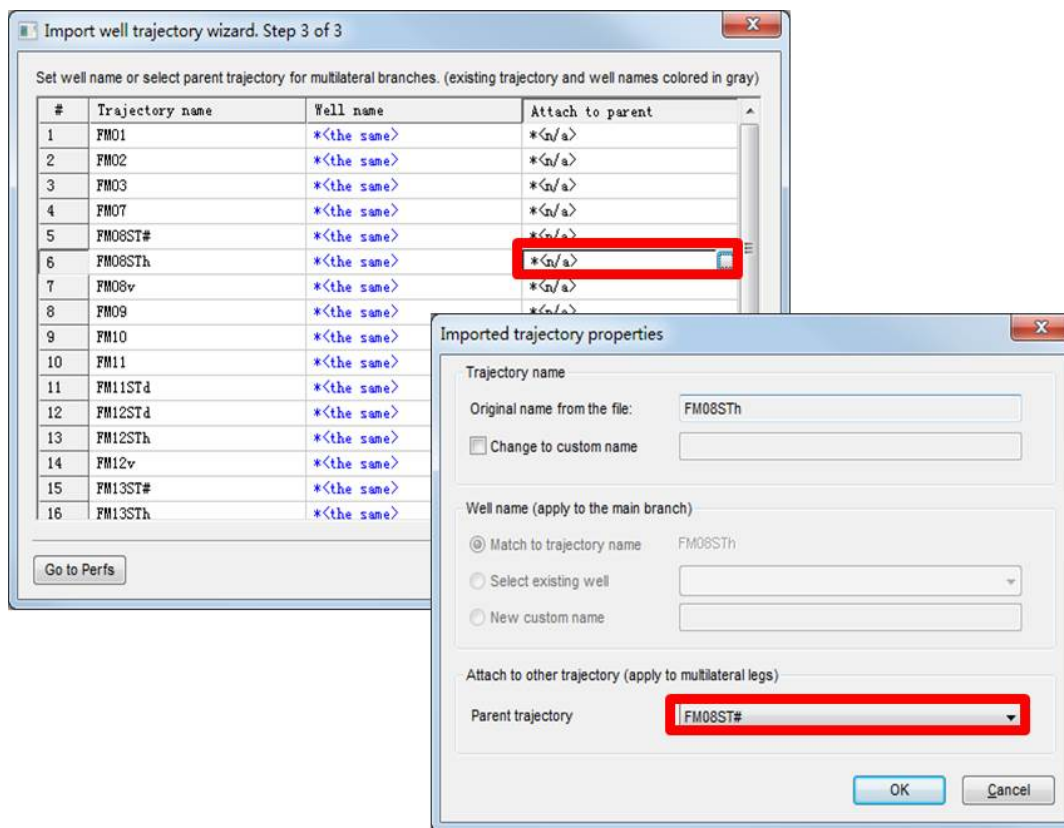
第 3 步: 为多分支井设置井名或选择主井眼轨迹 (Set well name or select parent trajectory for multilateral branches)

注: 分支井指在一个主井眼 (直井、定向井、水平井) 中钻出两个或以上的井眼 (定向井、水平井、波浪式分支井) 的井。

在井轨迹数据文件中, 我们有 4 口分支井, 其井眼轨迹依附顺序:

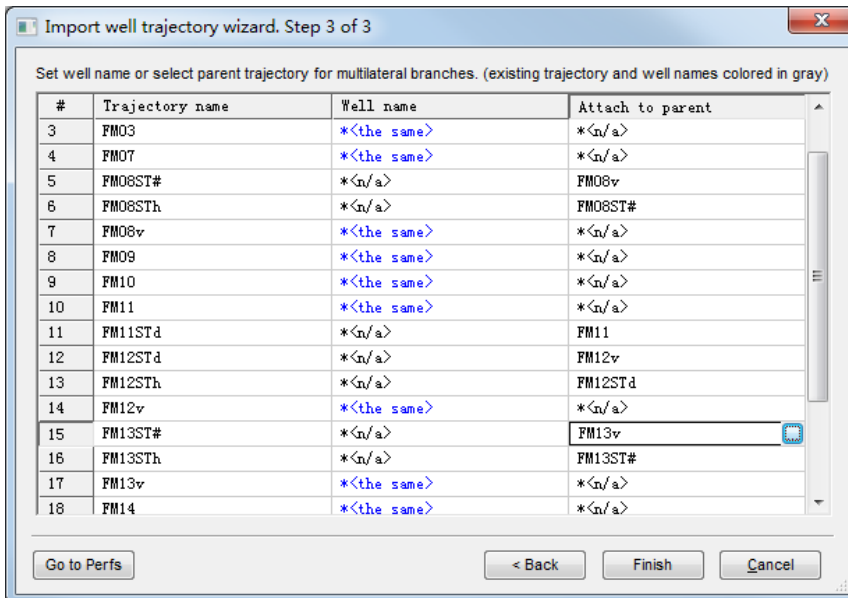
2级		1级		主井眼
FM08STh	->	FM08ST #	->	FM08v
		FM11STd	->	FM11
FM12STh	->	FM12STd	->	FM12v
FM13STh	->	FM13ST #	->	FM13v

为了设置井眼轨迹 FM08STh 的连接, 点击 FM08STh 所在行和 **Attach to parent** 所在列对应的 * $\langle \text{tr/a} \rangle$, 将出现按钮 , 点击该按钮, 在 **Parent trajectory** 后面选择 FM08ST #, 然后点击 OK, 表示井眼轨迹 FM08STh 与 FM08ST # 相连接, 如下图所示。



同样, 点击 FM08STh # 和 **Attach to parent** 对应的 * $\langle \text{tr/a} \rangle$, 在弹出的对话框

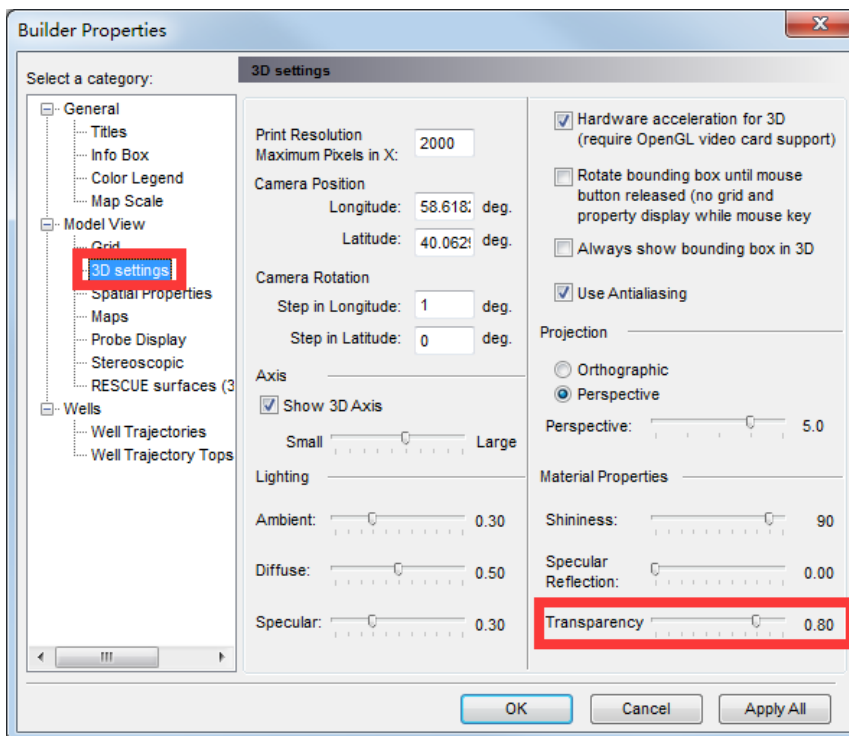
Parent trajectory 后面, 选择 FM08v, 点击 OK, 这样就完整的定义了一口分支井的井眼轨迹。依据上述分支井井眼轨迹依附关系, 重复上面的步骤, 完成其余三口分支井的井眼轨迹导入。完成后, 点击 Finish。



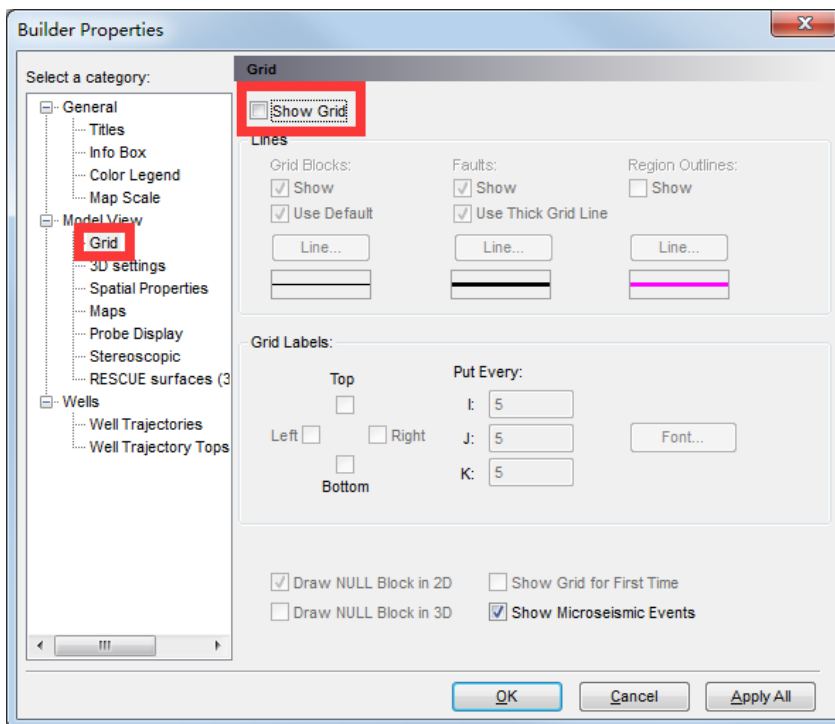
5.2 井轨迹补心海拔 (KB) 修正

1) 在 **Builder** 界面, 切换到 3D View。右键选择 **Properties**:

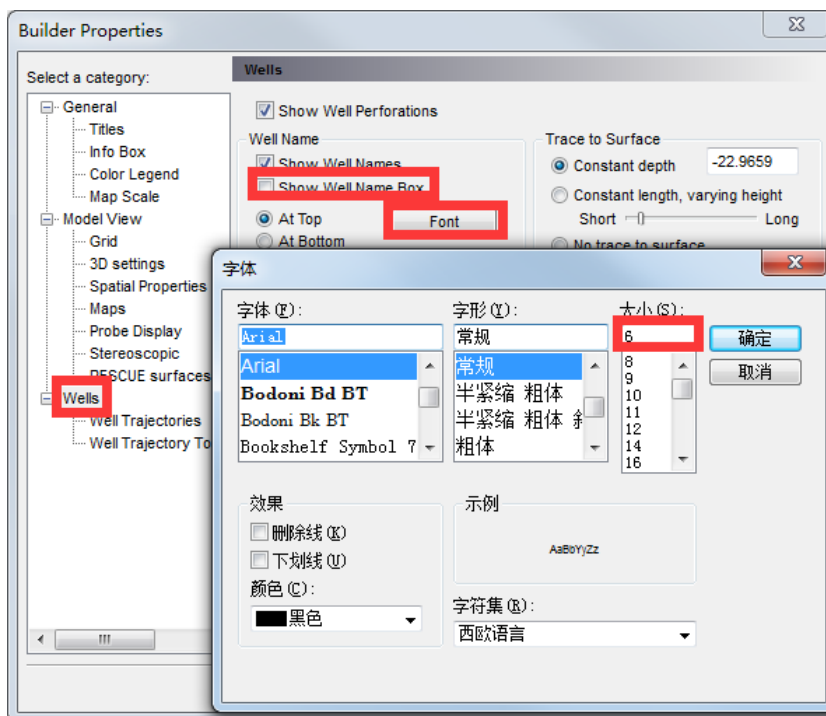
- 在 **3D Settings** 将 “**Transparency**” 调整为 0.8, 如下图所示。



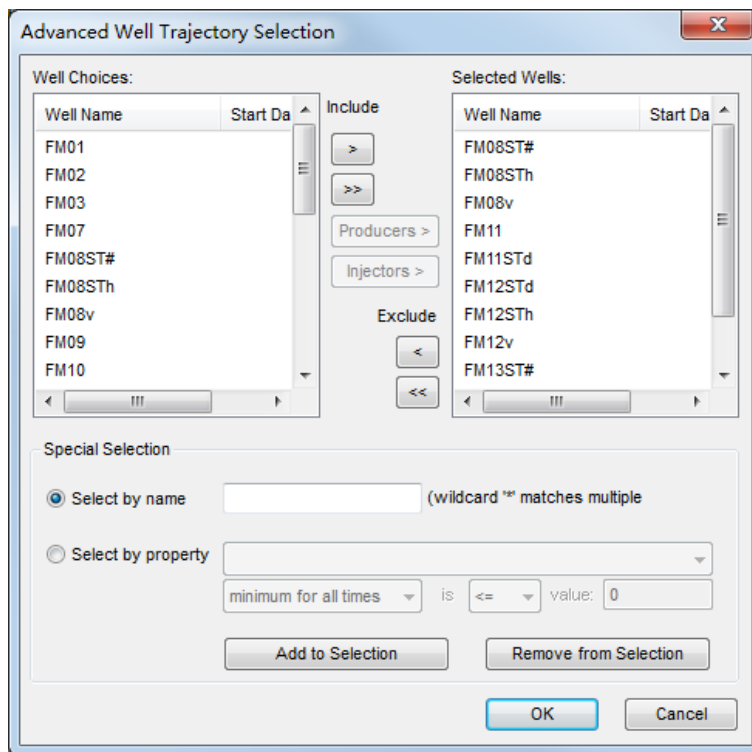
- 点击“Grid”，将 Show Grid 前面复选框中的 √ 去掉，模型不显示网格，如下图所示。



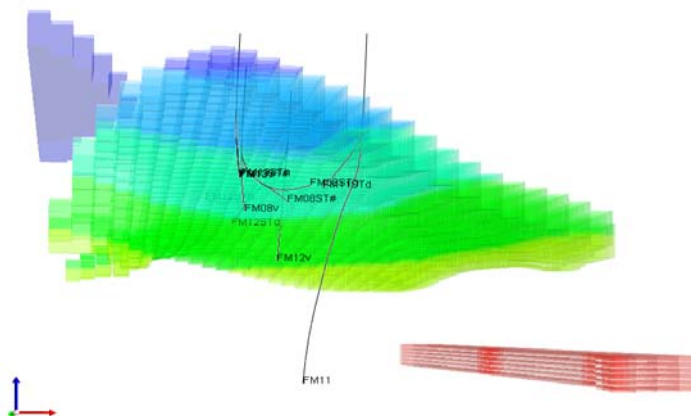
- 点击“Wells”，将 Show Well Name Box 前面复选框中的 √ 去掉，点击 Font，将字体大小修改为 6，如下图所示，点击确定，然后点击 Apply all。



- 2) 为了在模型中只显示分支井井眼轨迹，可以进行以下设置，点击 **Well Trajectories|Advanced Selection**，选择所有分支井井眼轨迹，如下图所示，点击 OK，点击 Apply all，最后点击 OK。



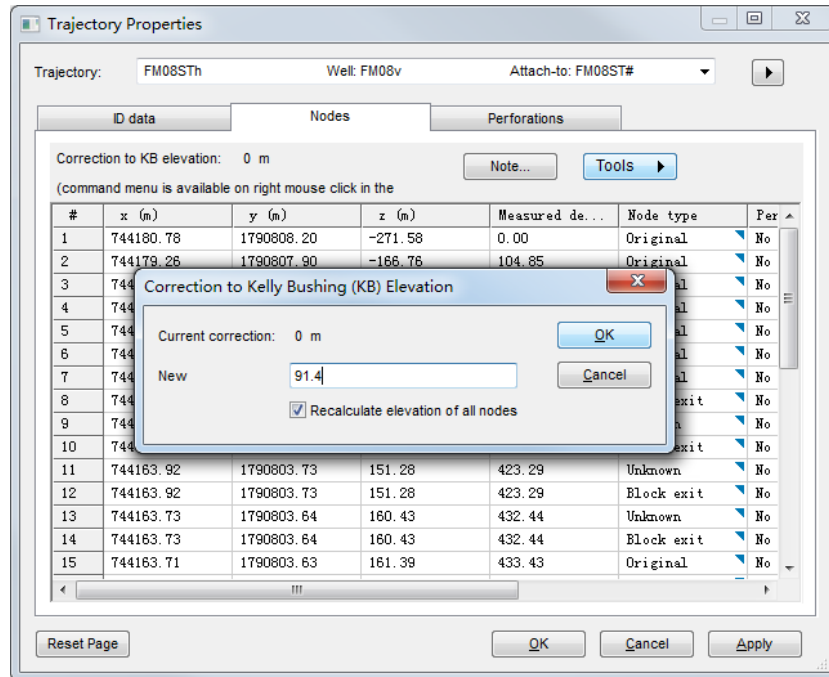
- 3) 旋转模型，注意 FM08 和 FM13 分支井眼轨迹位于模型网格下面，如下图所示。我们将修正井轨迹补心海拔，以便将井眼轨迹放入模型网格。



- 4) 在 **Wells&Recurrent** 树状图中点击 **Wells** 显示所有井。点击 FM08v 前面的“+”号，双击“Trajectory FM08StH”，打开 **Trajectory Properties** 界面(或使用菜单项 **Well | Well Trajectories | Trajectory Properties** 打开)。

1. 点击第二个选项卡 **Nodes**;

2. 点击 **Tools** 按钮, 然后选择 **Set correction to KB elevation**;
3. 输入修正值 91.4 米, 点击 OK。

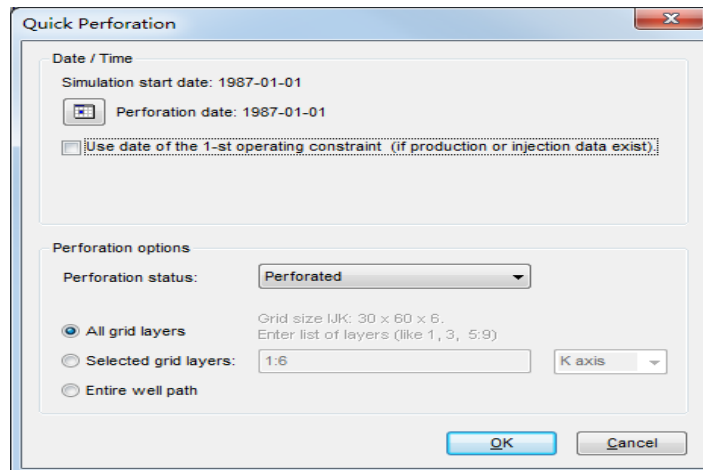


注意, 轨迹 x, y, z 坐标已更新。同样的方法为其他分支 FM08ST#, FM08v, FM13STh, FM13ST# 及 FM13v 设置相同的 KB 校正。

5.3 射孔设置

井轨迹导入完成后, 需要进行射孔。


- 1) 在 Builder 界面, 点击 **Well|Well Trajectory|Trajectory Perforation Intervals**, 提供了多个选项来为选定的轨迹添加射孔数据;
- 2) 点击 **Quick Perf**, 在 **all grid layer** 添加射孔, 如下图所示;

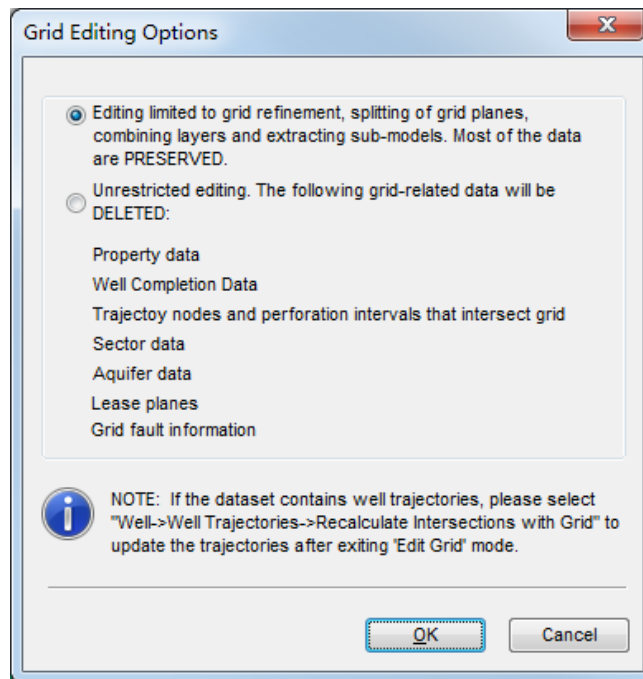


3) 点击两个窗口中的 OK, 完成射孔输入。

5.4 井点网格加密

通常情况下, 为了更加精确地模拟井所在网格压力和饱和度等属性参数的变化, 通常对井所在网格进行加密。

- 1) 在 Builder 界面, 首先将 3D View 调整为 IJ-2DAreal, 然后显示网格, 将井名大小修改为 8 (具体操作可参考 1.2 小节), 点击 **Edit Grid** ;
- 2) 在出现的对话框中, 选择第一个选项 (缺省), 然后点击 OK;

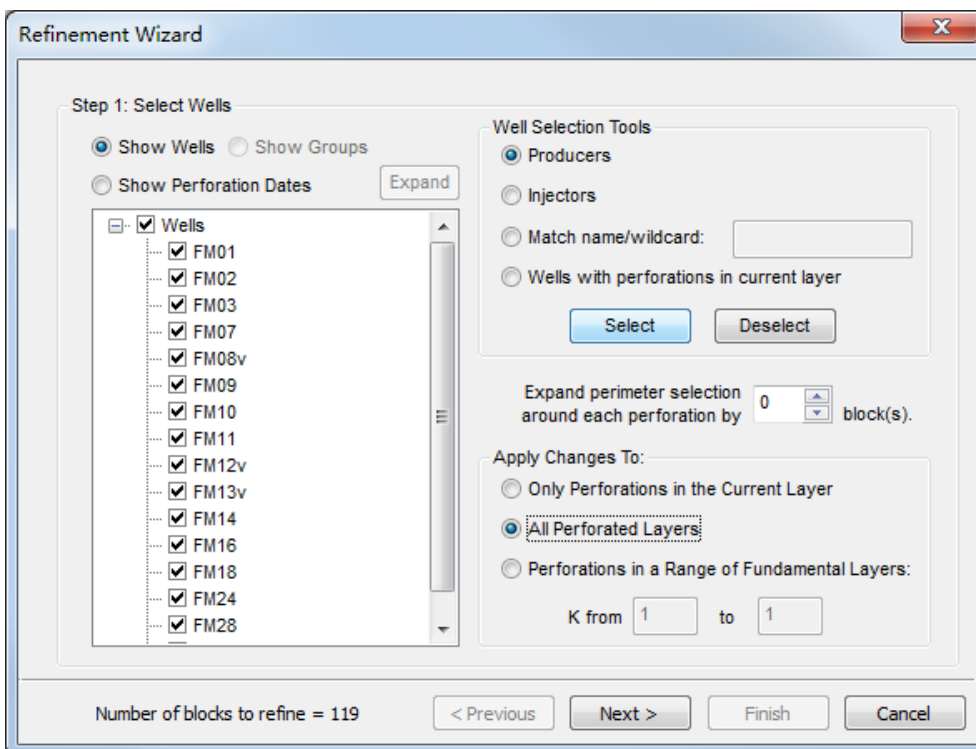


3) 在 **Reservoir** 菜单中选择 **Edit Grid | Refine Wells...**

4) 在出现的 Refinement Wizard 对话框中:

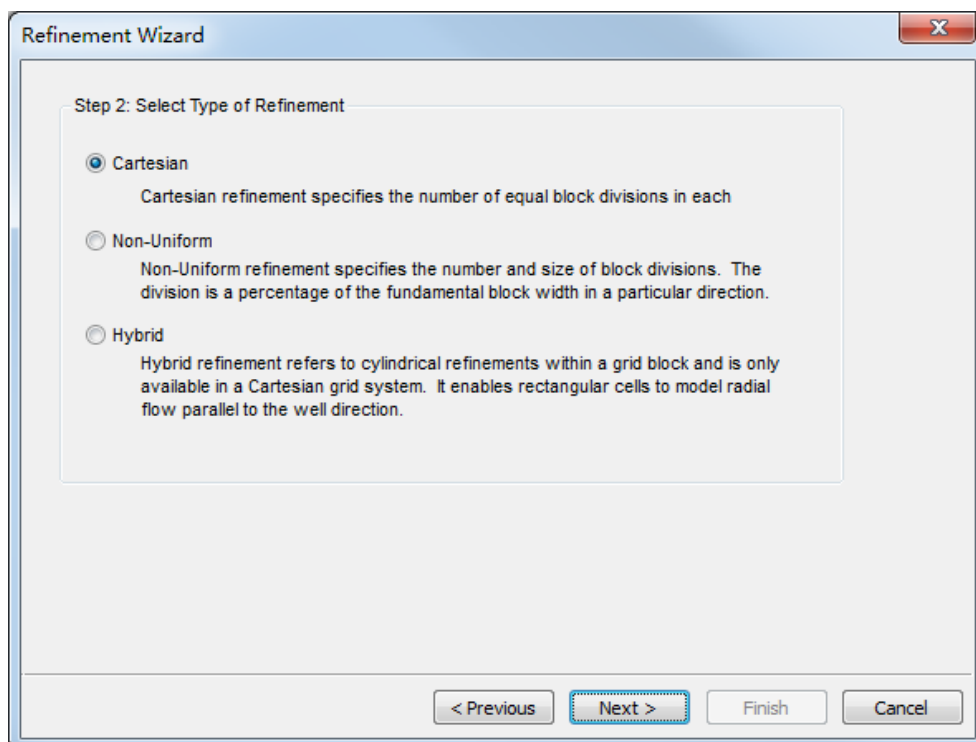
第 1 步: 选择井 (Select Wells)

选择所有井并选择 All Perforated Layers 选项, 然后点击 Next。



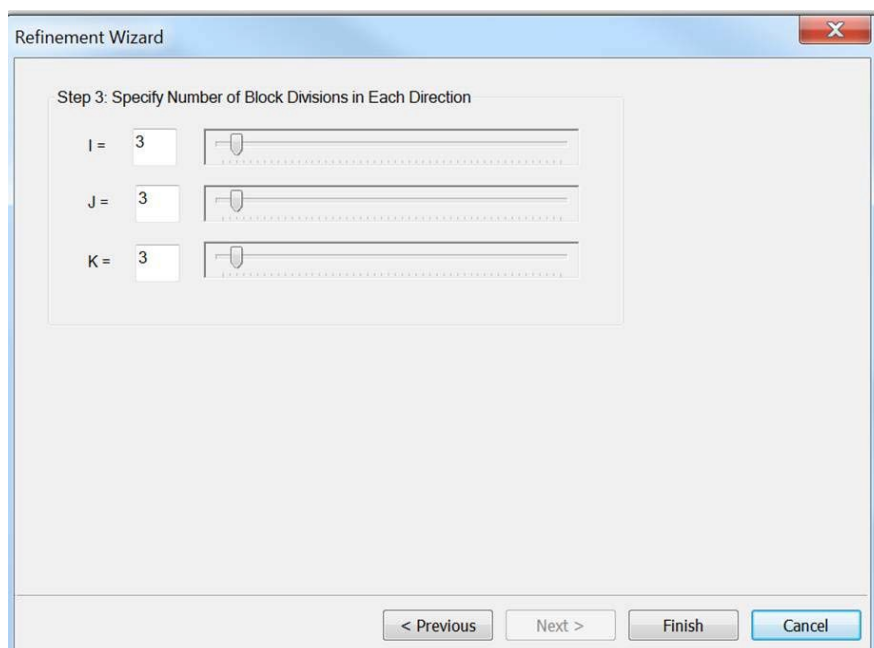
第 2 步: 选择加密类型 (Select Type of Refinement)


选择 Cartesian, 然后点击 Next。

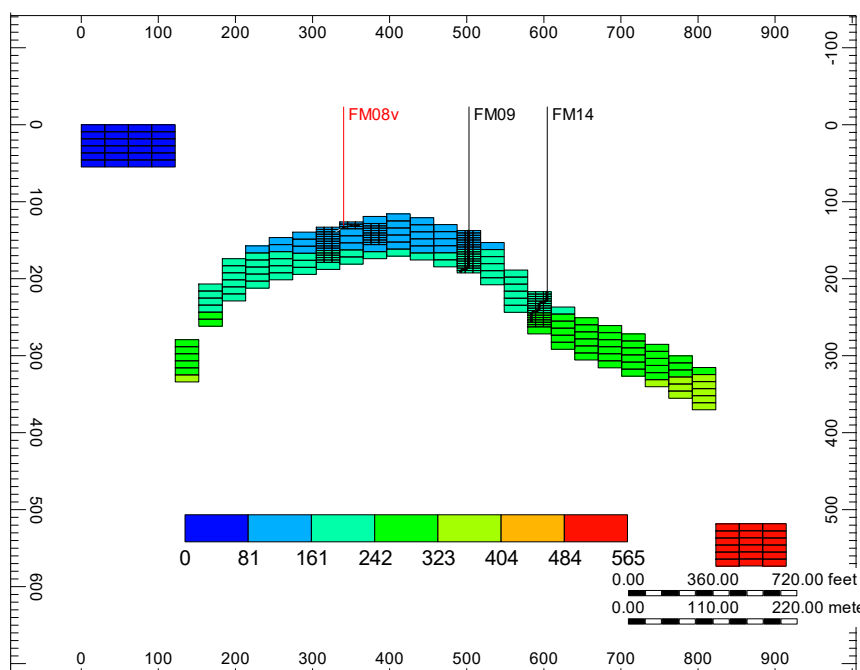


第 3 步: 定义加密级数 (Specify Number of Block Divisions in Each Direction)

设置 I = 3, J = 3, K = 3, 然后点击 Finish。



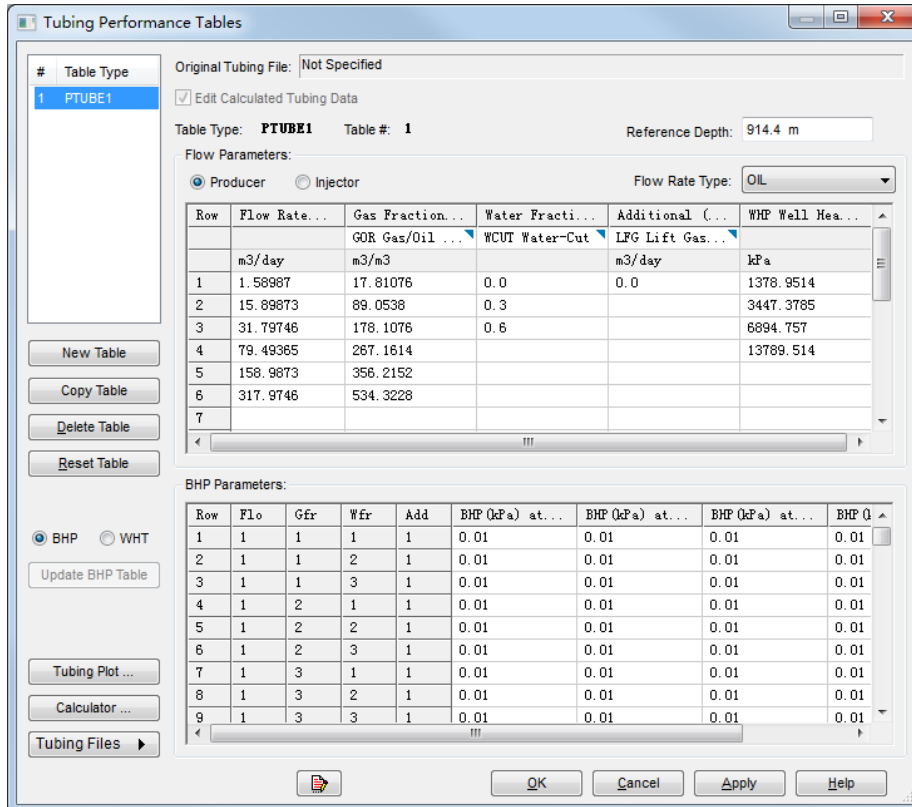
- 5) 点击按钮 **probe Mode** , 然后将视图更改为横截面视图(IK-2D X-Sec 或 JK-2D X-Sec), 找到任意一口井以验证井网格加密。



5.5 垂直管流曲线表 (VFP)

CMG 井筒计算器可以根据流动参数生成垂直管流曲线表 (**Well | Tubing Tables|Calculator**), 也可以从具有 CMG 或 Eclipse (VFP) 格式的数据文件导入垂直管流曲线表。

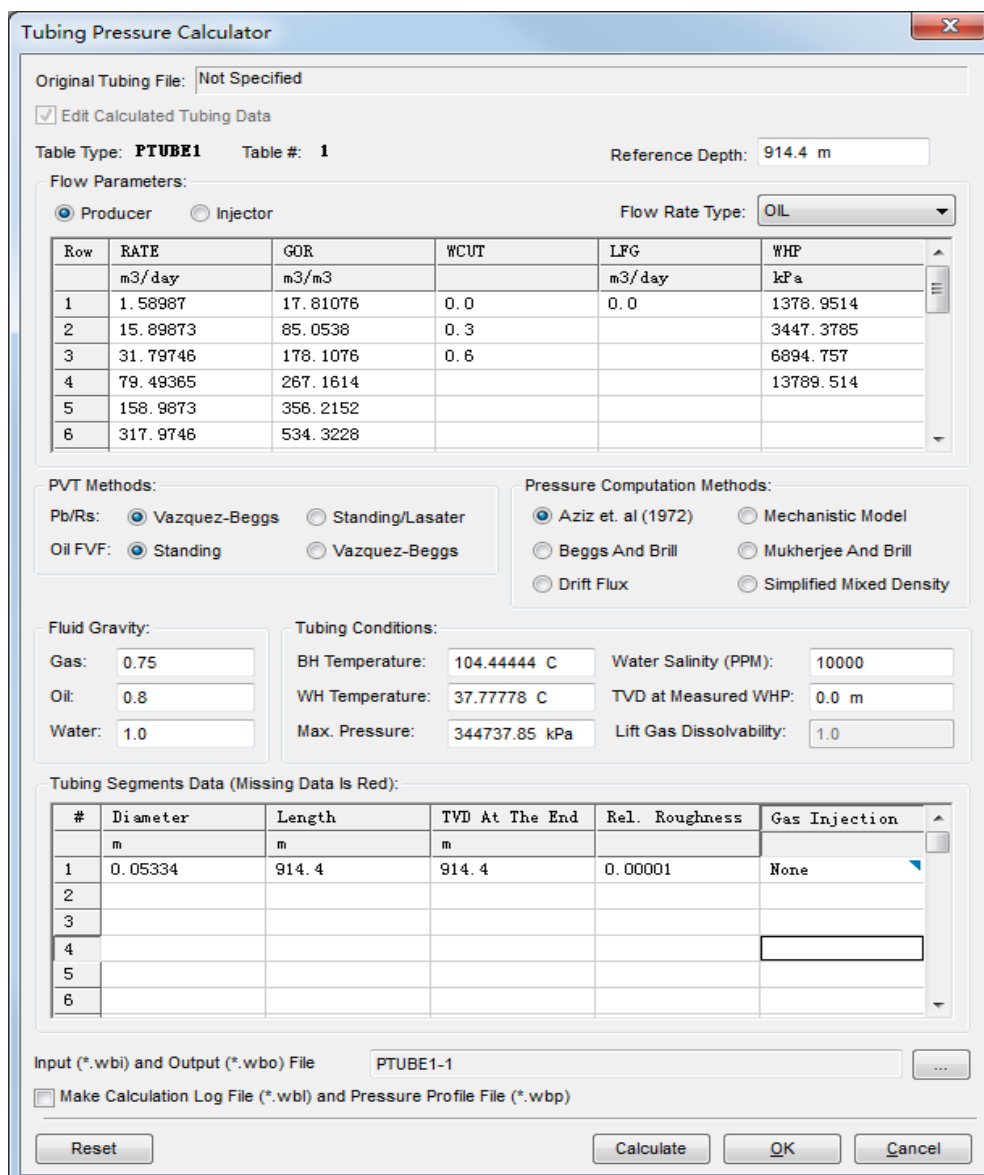
- 1) 在 Builder 界面, 点击 **Well | Tubing Tables ...**
- 2) 点击 **New Table**;
- 3) 输入参考深度 (Reference Depth): 914.4 m, Flow Rate Type 选择 Oil;
- 4) 输入 Flow Rate, GOR, WCUT, LFG Lift Gas 和 WHP 的流量参数, 如下图所示;
- 5) 点击 **Update BHP table**;



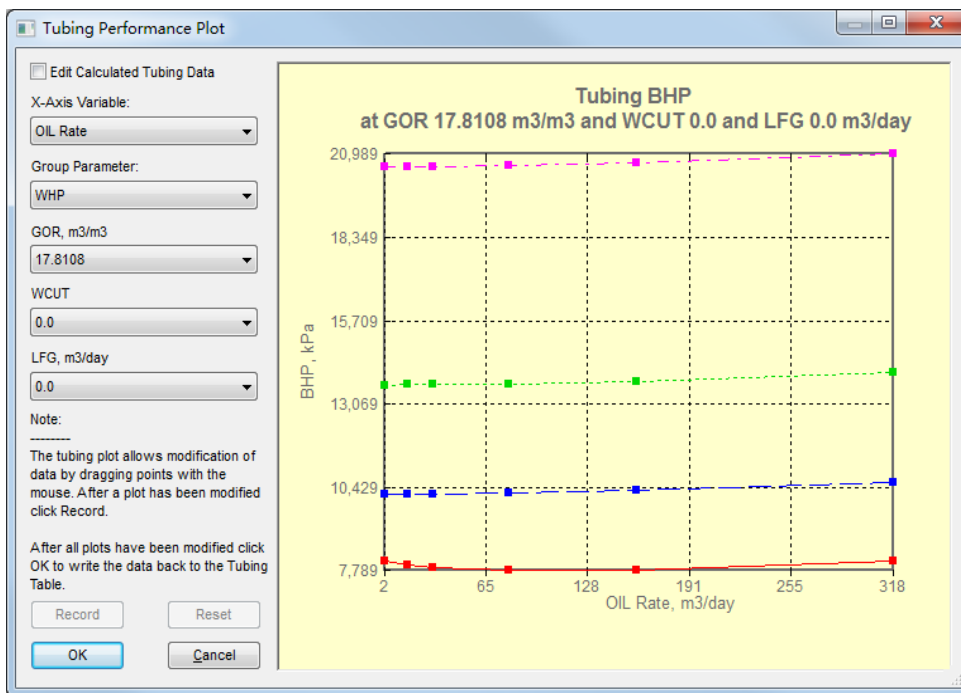
- 6) 点击 **Calculator**。

我们将使用 CMG 井筒计算来获得该表的井底压力值。

在井筒压力计算窗口中输入流体比重 (Fluid Gravity), 油管条件 (Tubing Conditions) 和油管段数据 (Tubing Segments Data), 如下图所示。



- 点击 **Calculate**;
- 点击 **Close**, 然后 **OK**;
- 使用 **Tubing Plot**, 查看 x-y 图上的结果, 如下图所示, 点击 **OK**;

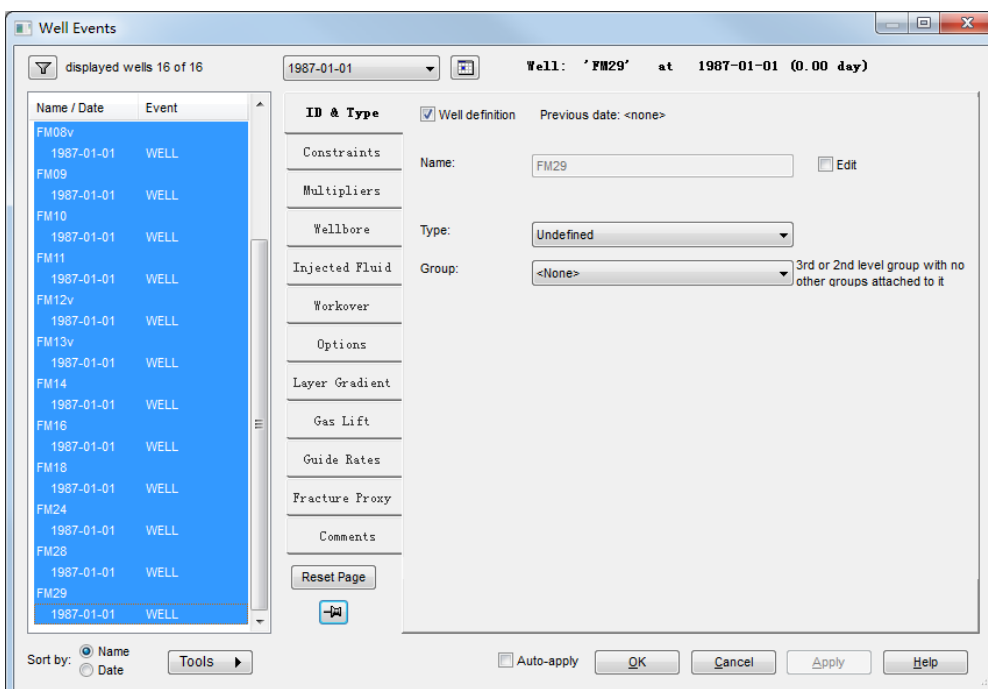


- 再次点击 **OK** 完成输入。

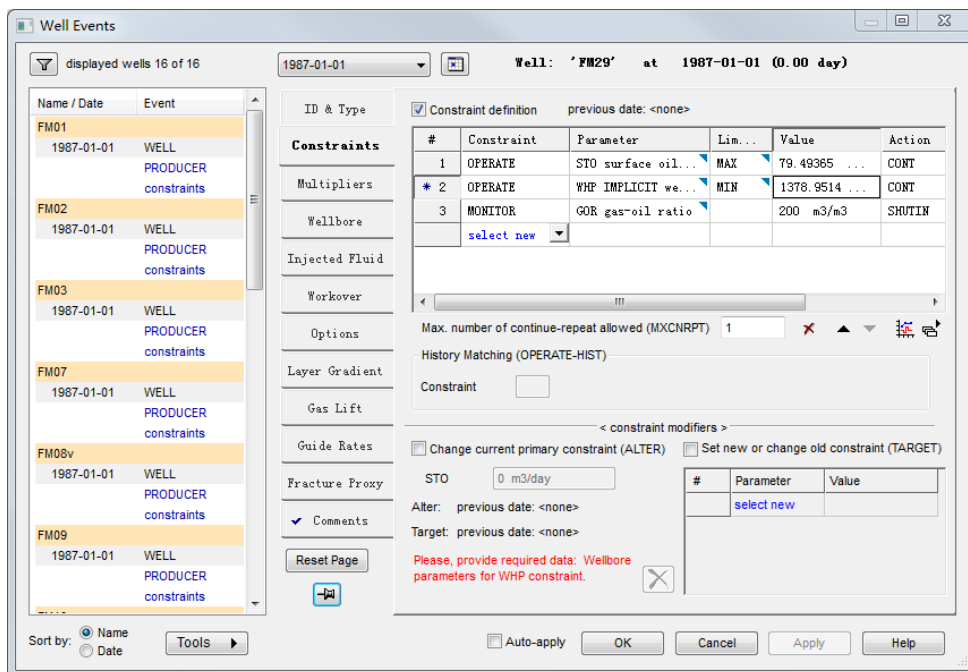
5.6 井约束条件定义

射孔设置完成后，还需要定义井约束条件。

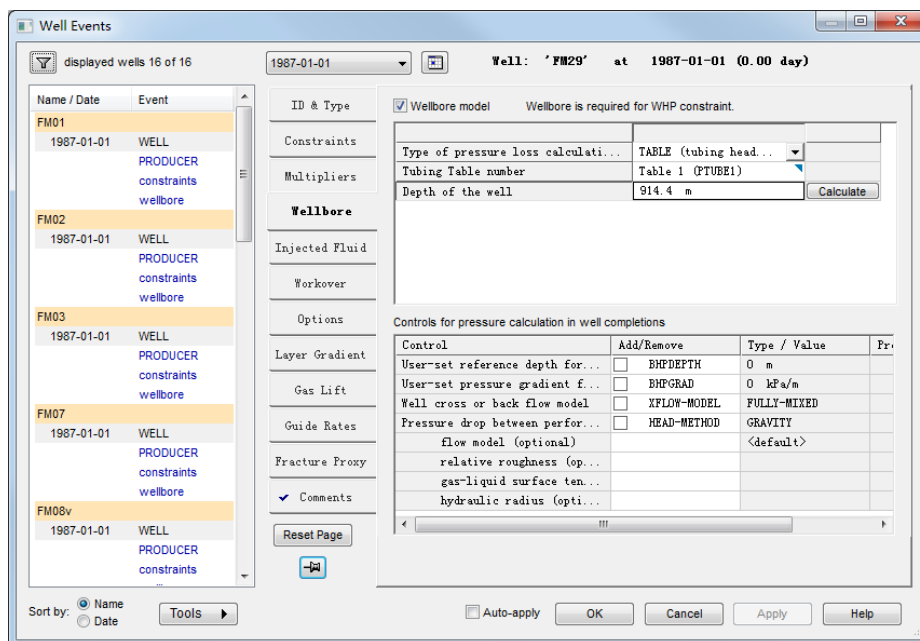
- 1) 在 Builder 界面，点击 **Well|Well Events**;
- 2) 按下 **Shift** 键选择左侧列表中的所有井名称，以便为所有井定义相同的约束条件，如下图所示;



- 3) 在选项卡 **ID & Type** 上选择 **Type: PRODUCER**, 然后点击 **Apply**;
- 4) 切换到 **Constraints** 选项卡, 将 **Constraint definition** 前面复选框打钩;
- 5) 使用“select new” (蓝色文本) 添加 2 个操作条件和 1 个监控条件, 具体设置如下图所示;



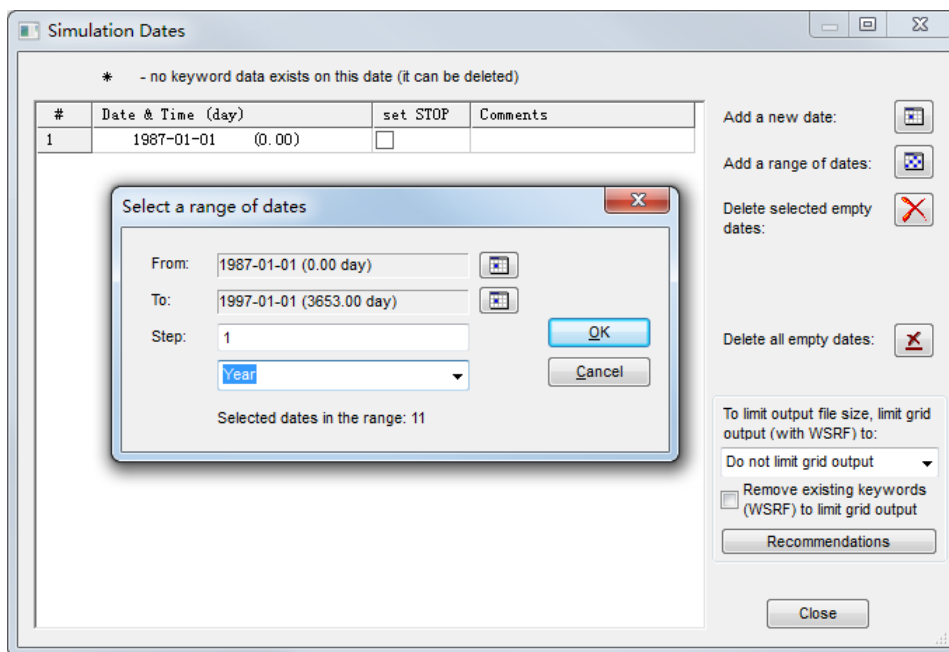
- 6) 完成后, 点击 **Apply**;
- 7) 切换到 **Wellbore** 选项卡, 将 **Wellbore model** 前面复选框打钩, 在 **Tubing Table number** 选择 **Table 1 (PTUBE 1)**, **Depth of the well**: 914.4 m, 然后点击 **Apply**。



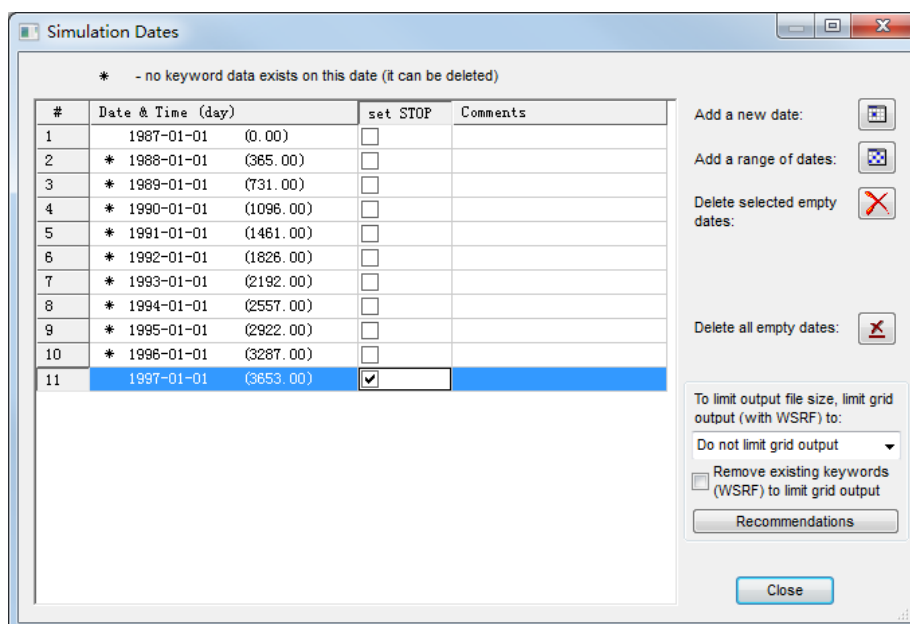
注意,如果在左侧列表中选择了所有井,则上述定义的井约束条件则将应用于这些井。在这个例子中,所有的井定义了相同的井约束条件。点击 **OK**, 关闭窗口。

最后,为模型添加 10 年的模拟时间,间隔为 1 年,并在最后一个时间点添加停止运行命令。

在 Builder 界面,点击 **Wells & Recurrent**, 然后双击 **Dates**, 然后点击 **Add a range of dates**, 如下图所示。



完成后点击 **OK**, 提示添加了 10 个新日期点, 点击确定, 在最后一个日期点 1997-01-01 设置 **STOP**, 如下图所示, 最后点击 **Close**, 保存文件。

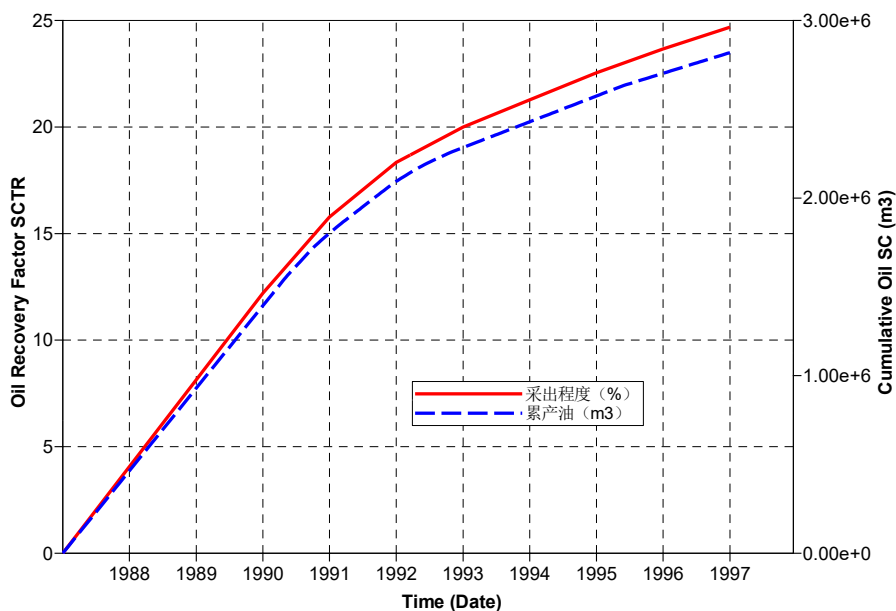


6 数值控制和运行

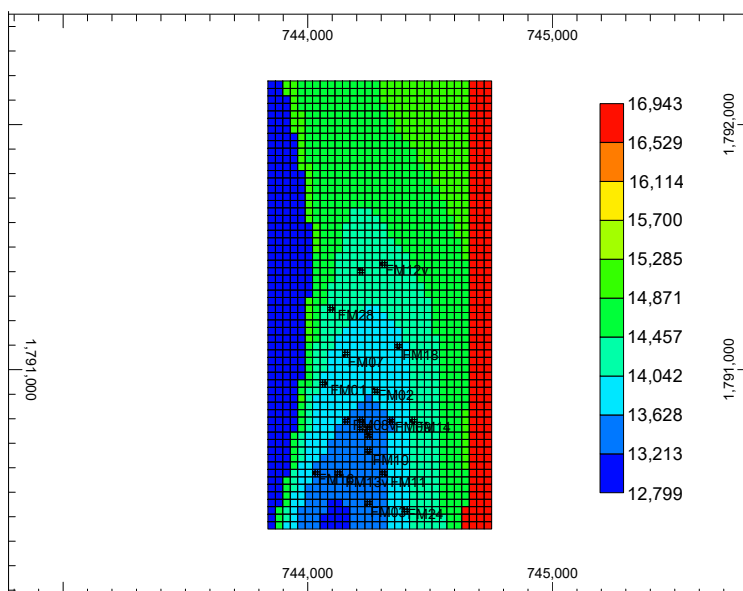
数值控制部分所有参数设置都使用缺省值。

当所有红色标志 被绿色标志 取代时 (黄色警告可忽略), 表示模型数据准备完毕, 将模型提交给 IMEX 黑油模拟器进行运算。

通过后处理 Results Graph 和 Results 3D 查看模拟结果。



累产油和采出程度曲线



压力场图