

第 50 期：STARS-Builder 软件基础操作（二）

编写人：郑伶俐

本期讲义不但适合新用户学习利用 Builder 建立矿场模型的完整流程，也适合老用户温故而知新，熟悉 Builder 的使用技巧。

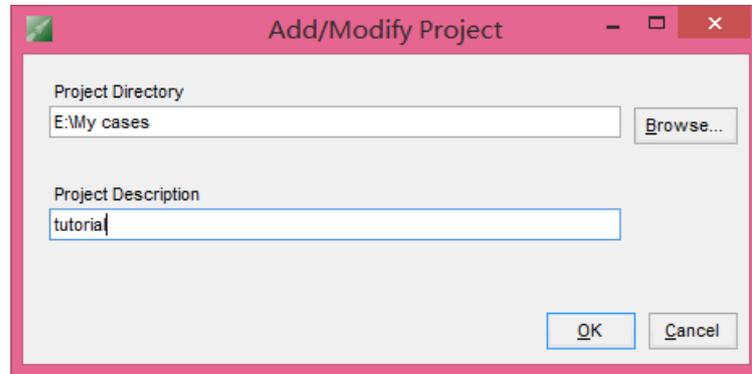
本期讲义采用 Builder 建立一个实际矿场模型。油藏的顶部构造、厚度及孔隙度、井位、射孔、井轨迹及生产动态均为实际现场数据，通过本期讲义可以熟悉这些数据的格式以及用其建立 STARS 模型的方法。此外，还将采用 Results 来分析结果文件，练习如何添加水体以及进行重新启动运算等。

目 录

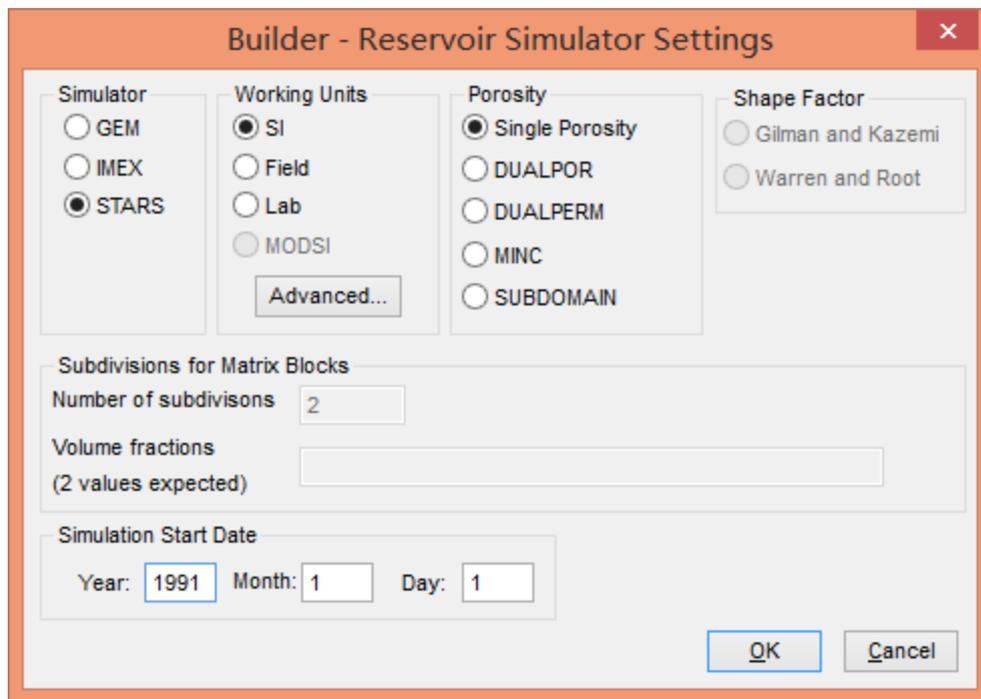
1. 启动 CMG Launcher 及 Builder.....	2
2. 输入油藏描述数据（Reservoir）.....	3
2.1 创建网格及添加油藏属性.....	3
2.2 输入模型顶部及厚度.....	5
2.3 输入模型的孔隙度和渗透率.....	8
2.4 定义其它油藏属性.....	10
3. 输入组分性质数据（Components）.....	10
4. 输入岩石流体数据（Rock - Fluid）.....	13
5. 输入初始条件数据（Initial Conditions）.....	15
6. 输入井定义和动态数据（Well & Recurrent）.....	16
6.1 输入井轨迹和射孔数据.....	16
6.2 添加历史生产数据.....	19
6.3 井定义和约束条件.....	23
7. 历史拟合.....	26
8. 采用重新启动进行预测运算.....	27
9. 添加一个水层.....	30
10. 进一步分析.....	33

1. 启动 CMG Launcher 及 Builder

选择菜单项 **Projects**，然后 **Add Project**，浏览并选择存储图文件的目录，工程命名为 **Tutorial**，点击 **OK** 回到主界面。



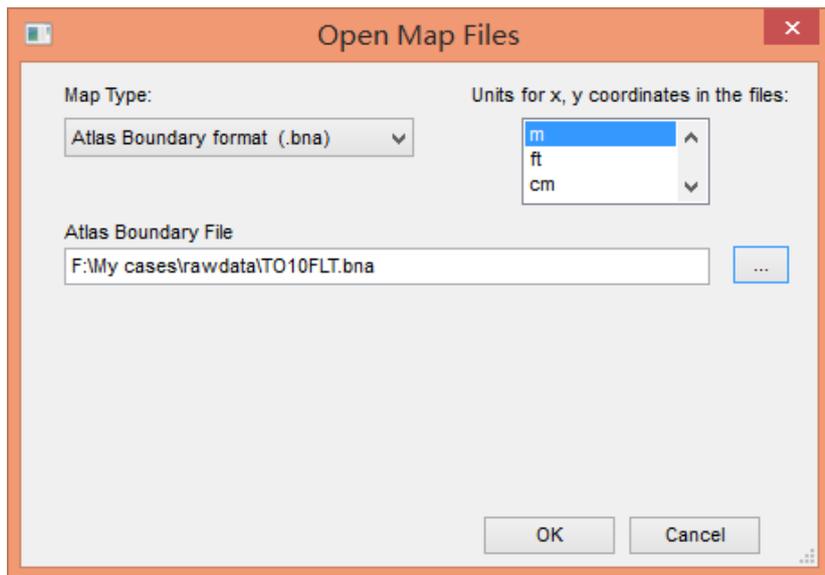
打开 **Builder2012.10**（双击图标），在出现的界面选择：**STARS Simulator**，**SI Units**，**Single Porosity**，**Starting date: 1991-01-01**，点击 2 次 **OK**。



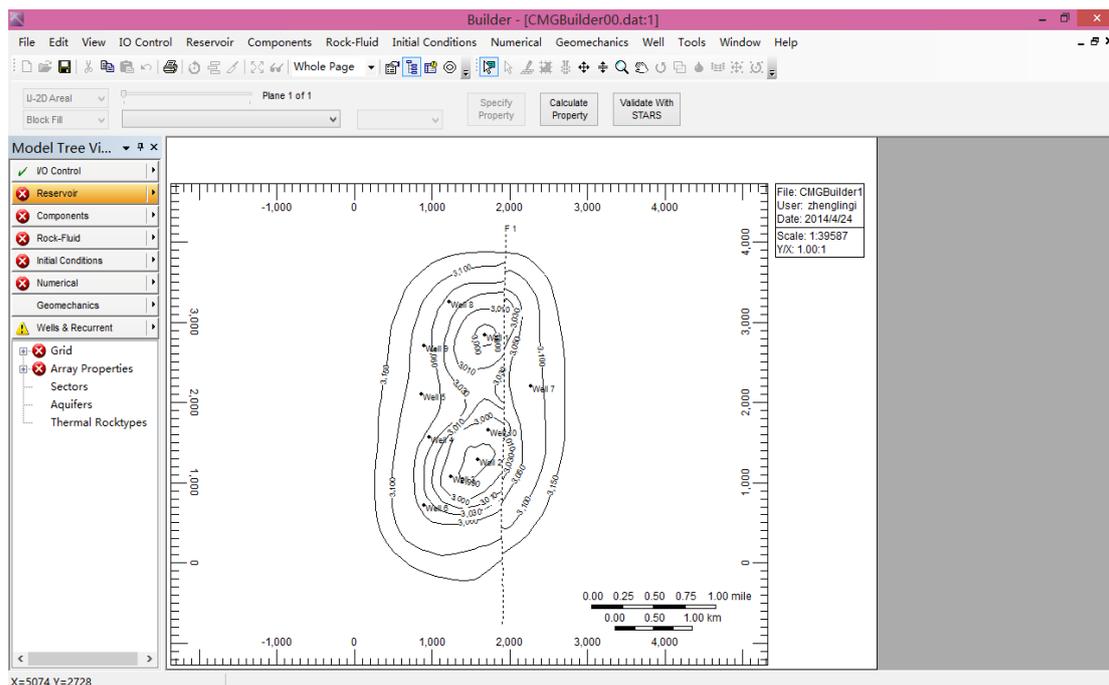
2.输入油藏描述数据（Reservoir）

2.1 创建网格及添加油藏属性

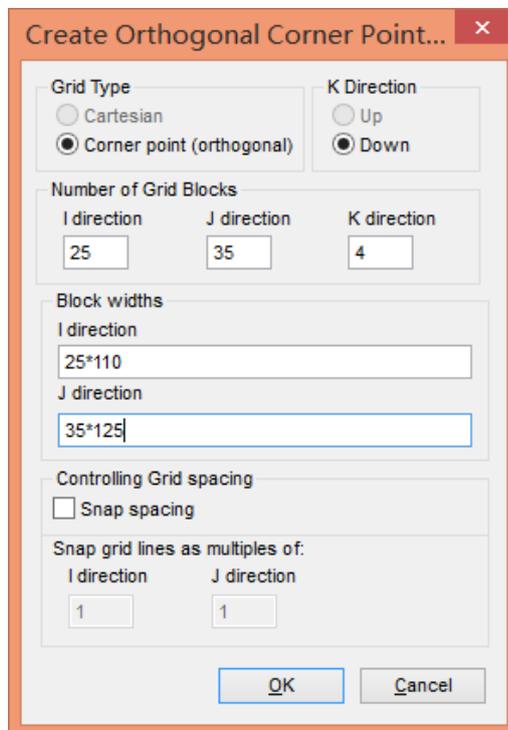
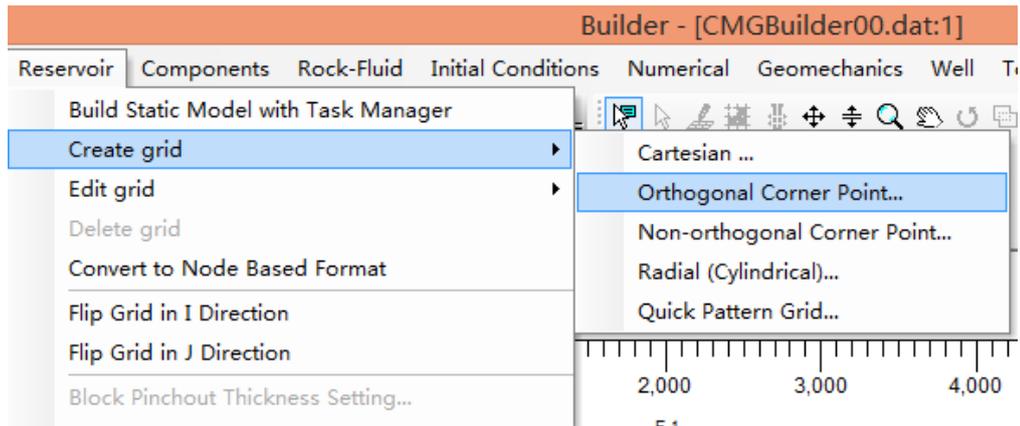
在 **Builder** 界面上点击 **File**（位于左上角的菜单栏），然后 **Open Map File** 选择 **Map Type – Atlas Boundary format**，x/y 坐标系的单位为 **m**，点击 **Browse** 按钮选择并导入构造顶部文件 **To10ft.bna**，点击 **OK**。



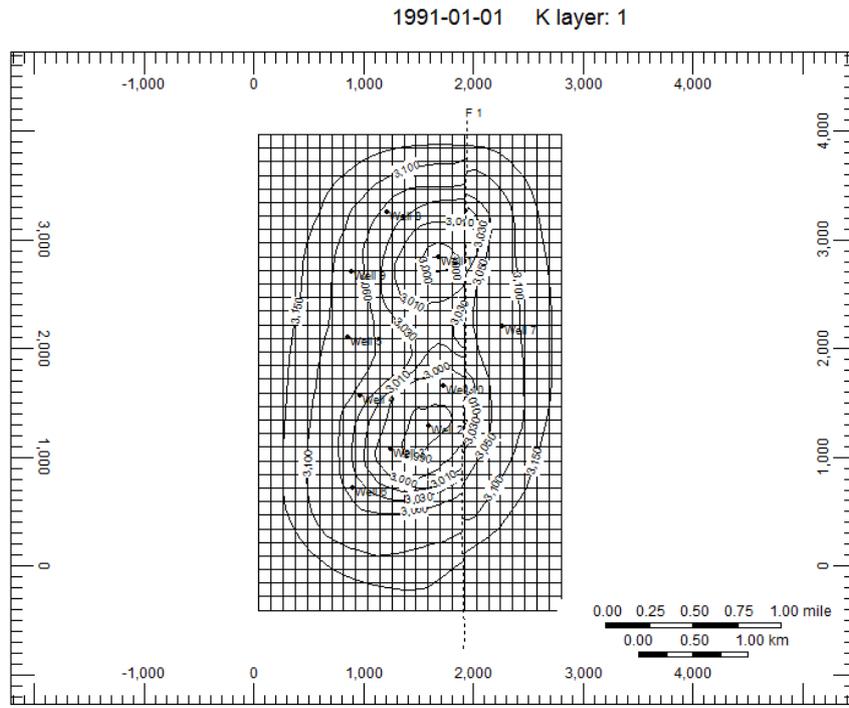
将顶部构造图导入完成后将在 **Builder** 主界面上出现了构造曲线。



下一步将要添加油藏属性。点击 **Reservoir**（位于菜单栏）- **Create grid**，选择 **Orthogonal Corner Point**（正交角点网格）定义网格为 **25**（I-方向）x **35**（J-方向）x **4**（K-方向）。在 I 方向文本框输入 **25*110**（意思是 I-方向网格步长为 110m），在 J 方向文本框输入 **35*125**（意思是 J-方向网格步长为 125m），点击 **OK**。

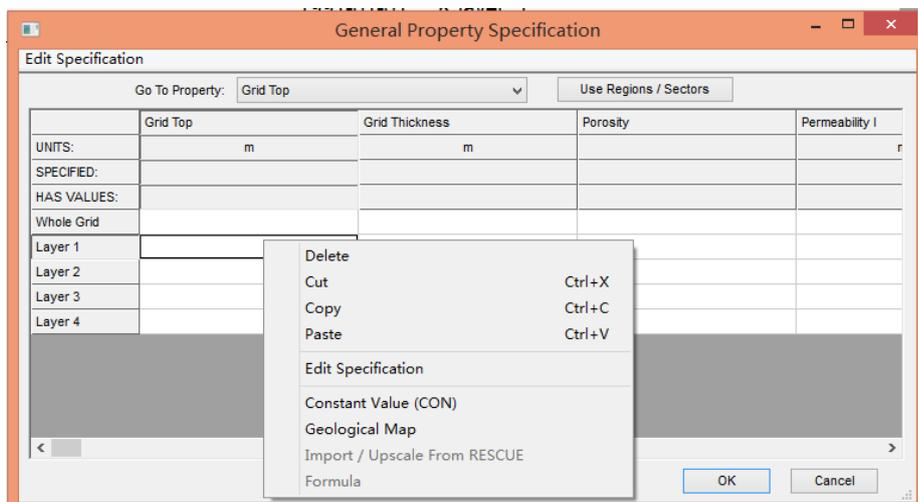


按住 **Shift** 键并按下鼠标左键可移动网格，按住 **Ctrl** 键并按下鼠标左键可旋转网格。排列一下网格和断层，使得断层沿着网格边界分布，并且网格能完全覆盖整个区域。

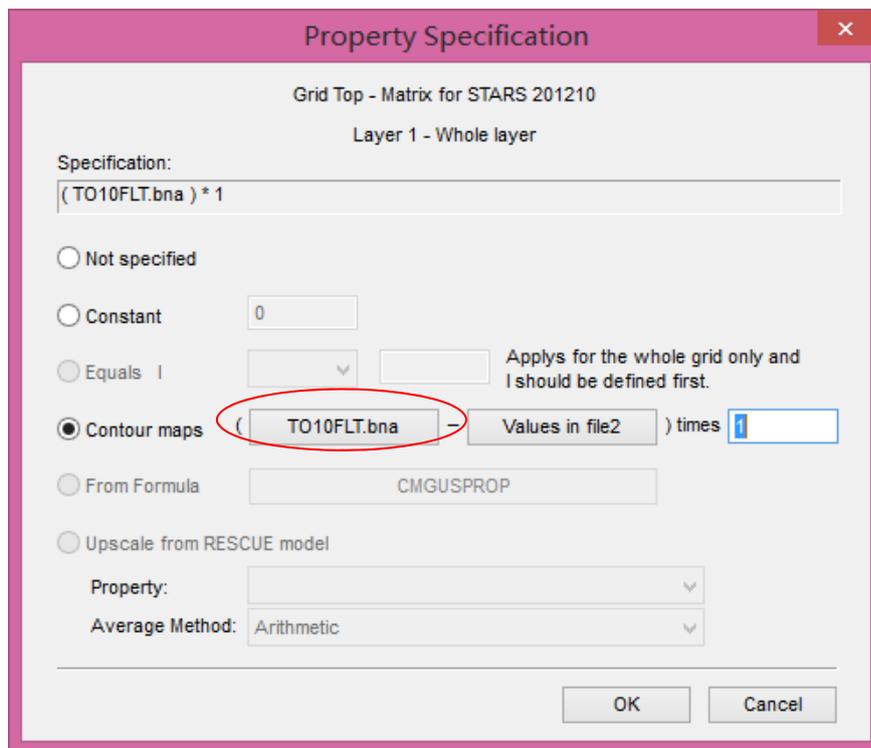


2.2 输入模型顶部及厚度

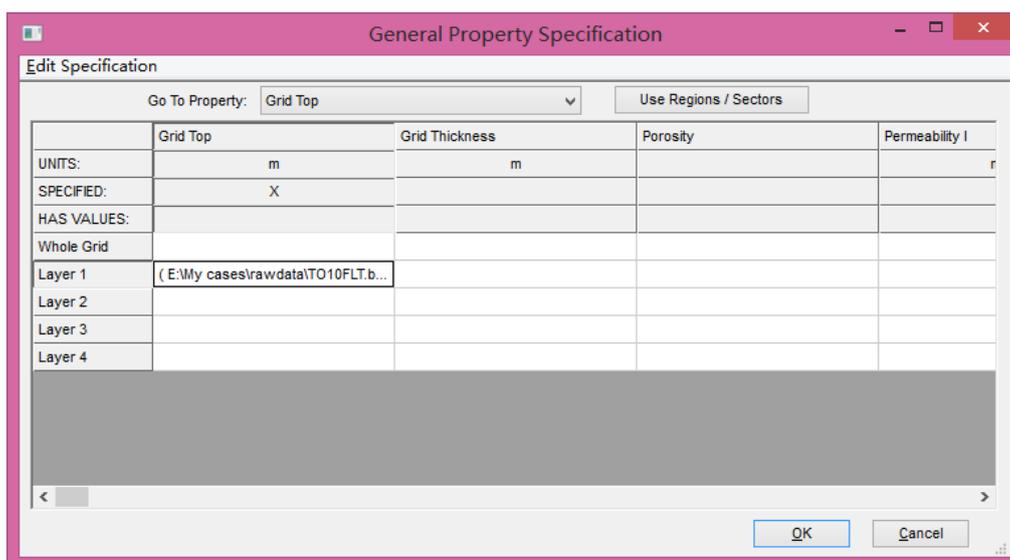
点击左上角的工具栏按钮  将鼠标显示切换到探测模式 **Probe mode**，点击 **Specify Property** 按钮(屏幕中间顶部)打开下图的 **General Property Specification**。



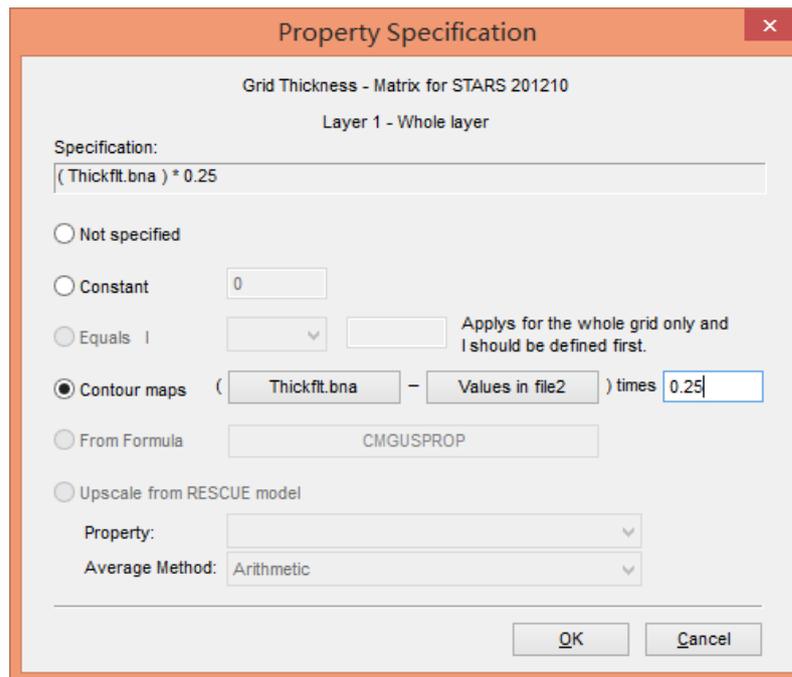
选择属性 **Grid Top**，在 **layer 1** 对应的文本框，右键选择 **Geological Map** 作为数据源。点击 **Values in file1** 按钮，**Map Type** 选择 **Atlas Boundary Format(.bna)**，然后浏览并选择构造项深文件 **To10ft.bna**（在之前的操作中应该已经被使用）。



点击 **OK** 回到属性输入窗口。

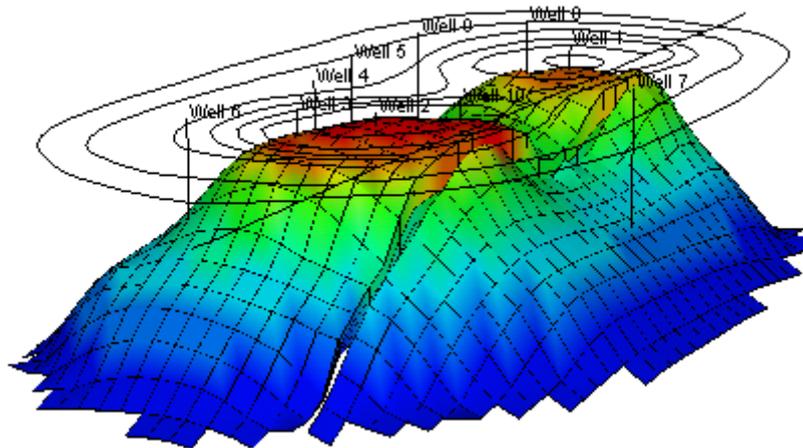


选择属性 **Grid Thickness**，对 **layer1** 重复以上操作，不过这次在 **Values in file1** 中选择 **Thickflt.bna**，并且要在 **times** 框中输入 **0.25**，这样表示 4 个层的厚度均为总厚度的 25%。最后，拷贝 **layer1** 中的 **Grid Thickness** 表格内容粘贴到 **layer2**，**layer3** 和 **layer4** 对应的表格中，完成所有 4 个层网格厚度的定义。你可以用 **Ctrl-C** 和 **Ctrl-V** 从第一个层拷贝到其它 3 个层，点击 **OK**。

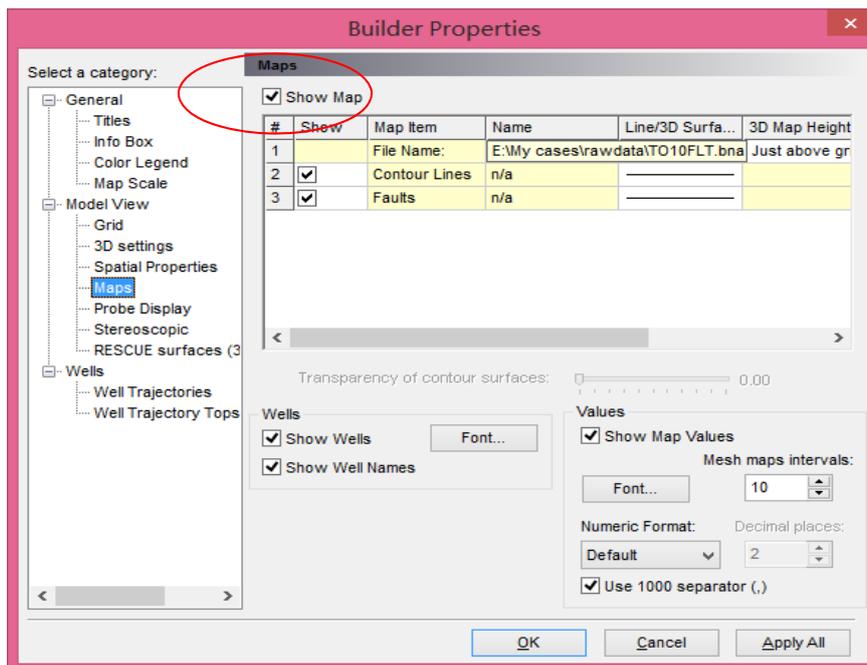


点击 **Calculate Property** 按钮并确定将顶深和厚度值赋给网格（Builder 通过插值将等值线数据赋给网格）。

将视图从 **IJ-2D Areal** 改到 **3-D View**（位于左上角）。点击 **Rotate 3D view** 按钮 （位于工具栏），按下鼠标左键旋转视图，使用指针移动模型。同时按下 **Ctrl** 键和鼠标左键，向上移动鼠标可缩小视图，向下移动鼠标放大视图。



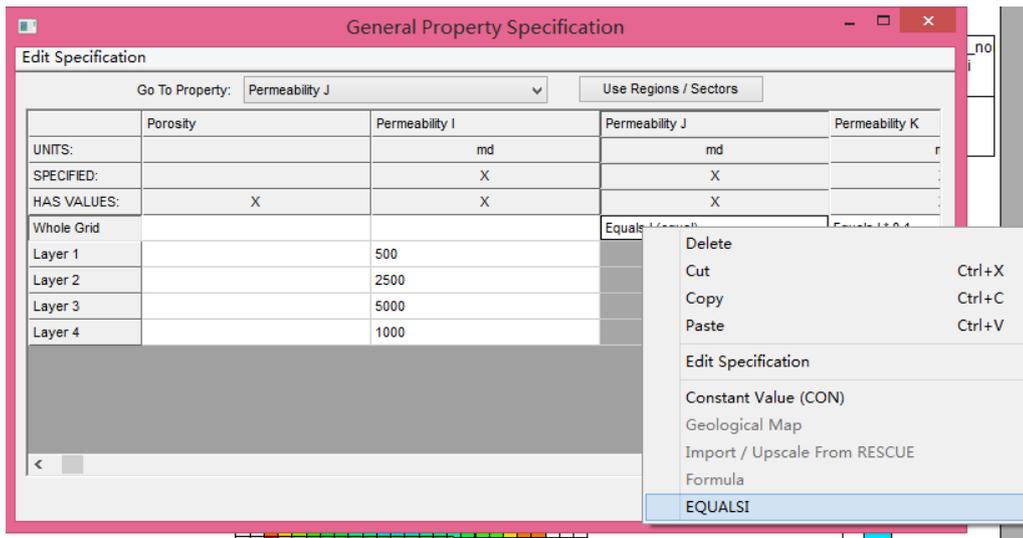
如果要将等值线从视图中去掉，可以在指针位于视图任何位置时点击鼠标右键，从弹出菜单中选择 **Properties**（位于菜单底部），从目录树中选择 **Maps**，最后使 **Show Map** 前面的复选框为未选。



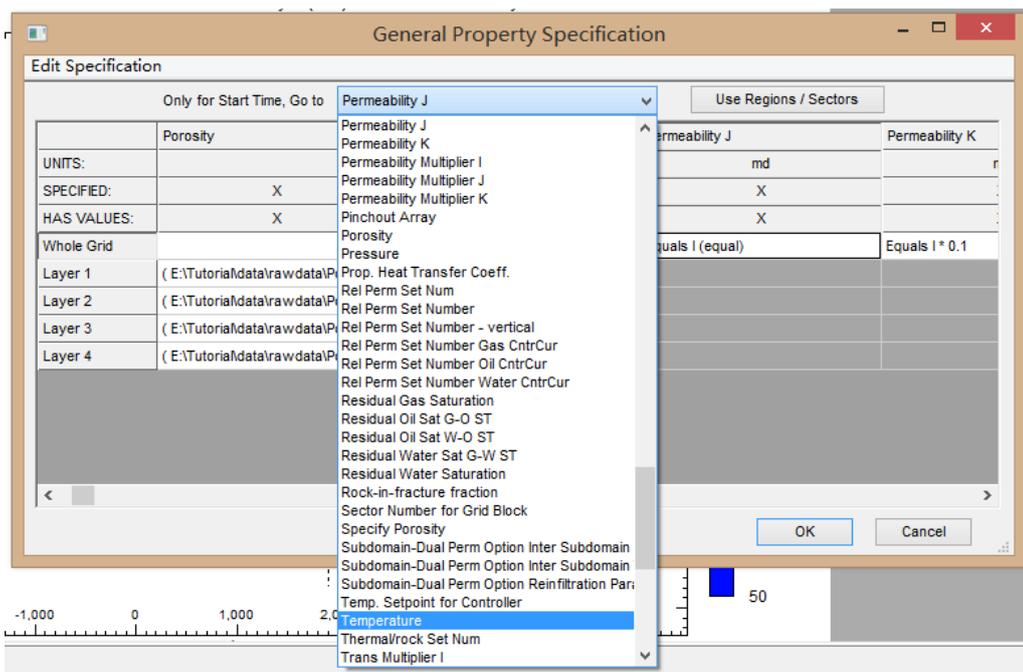
2.3 输入模型的孔隙度和渗透率

点击 **Specify Property** 按钮，对 **Porosity** 重复上述操作，**Map Type** 选择 **Windig format(.dig)**，选择等值图文件 **porosflt.dig**。对每个层使用相同的等值图。注意输入等值图文件的值单位是%，而模拟器需要的是小数，因此需要对每个值乘以 0.01。

输入每层的渗透率的值，在窗口中选择 **Permeability I**，分别对 Layer 1, 2, 3, 4 输入值 500, 2500, 5000, 1000。在 **Whole Grid** 行选择 **Permeability J** 并点击右键，点击表格选择 **EQUALSI** 然后点击 **OK**，对 **Permeability K** 进行同样操作，点击表格选择 **EQUALSI**，在第一个框中选择*，然后 Value 为 **0.1**（即 $K_v/K_h=0.1$ ），然后点击 **OK**。



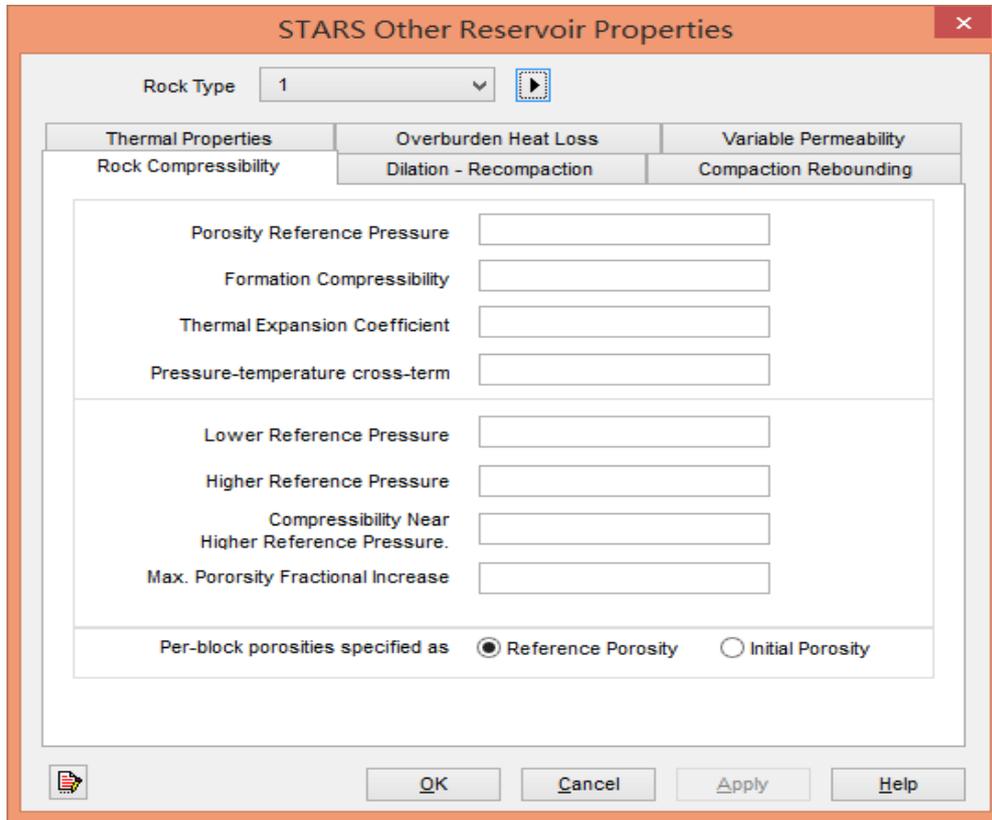
设置油藏温度，如下图在下拉菜单中选择 **Temperature**，并在 **Whole Grid** 一行中输入 **80**。在下拉菜单中选择 **oil saturation**，将油饱和度设置为 **0.7**。



退出 General Property Specification， 点击 **Calculate Property**。

2.4 定义其它油藏属性

选择 **Reservoir -Other Reservoir Properties**， 弹出如下窗口：

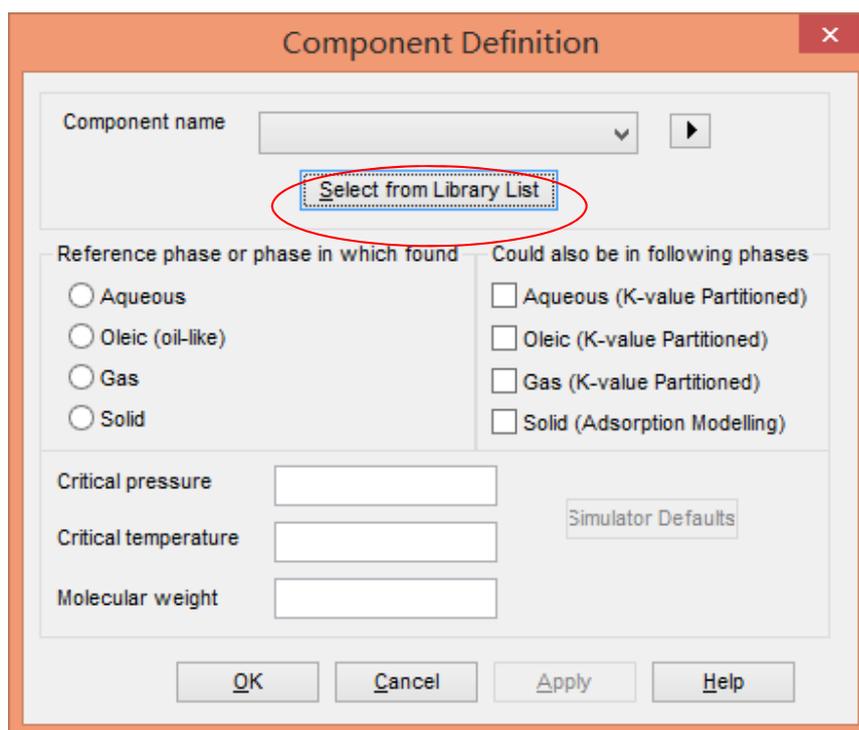


点击  按钮，选择 **New Thermal Rock Type**，选择 **Rock Compressibility** 界面，设置岩石压缩系数为 **2E-5 1/kPa**，参考压力为 **20000kPa**，单位将自动给出。点击 **Apply**，**OK** 回到主界面中。

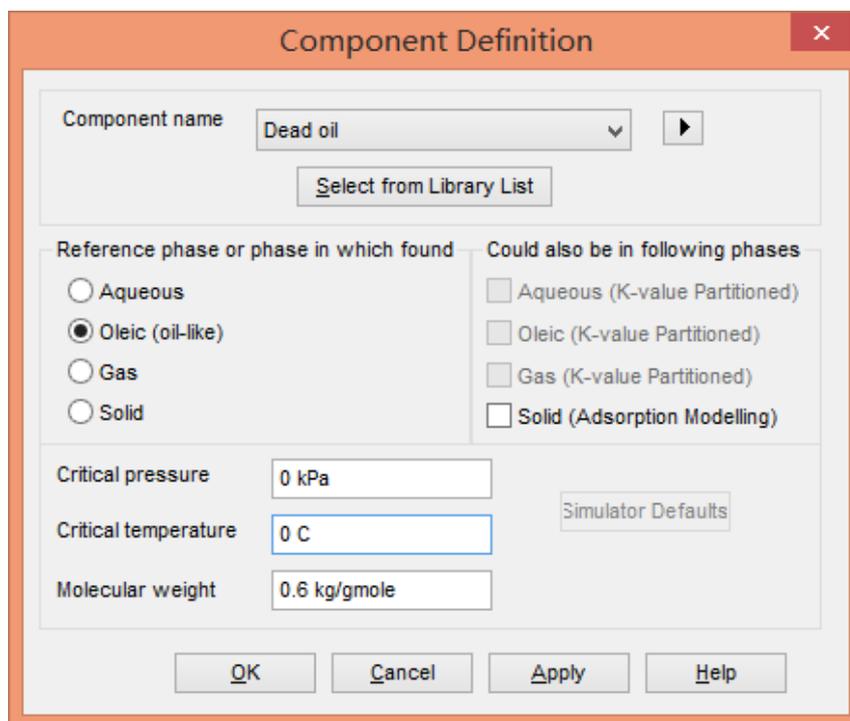
点击 **File** 然后 **Save Dataset as**，将文件保存为 **Tutorial.dat**。

3. 输入组分性质数据（Components）

切换到 **Component** 选项，选择 **Add/Edit Component**，点击 **Add/Edit a Component**，然后点击 **Select from Library List**，从组分库中选择“**H2O**”，点击 **OK**，定义为水相组分，软件自动添加相平衡常数，使其存在于气相（**Steam**）中。因此用户不需要输入。点击 **Apply**。



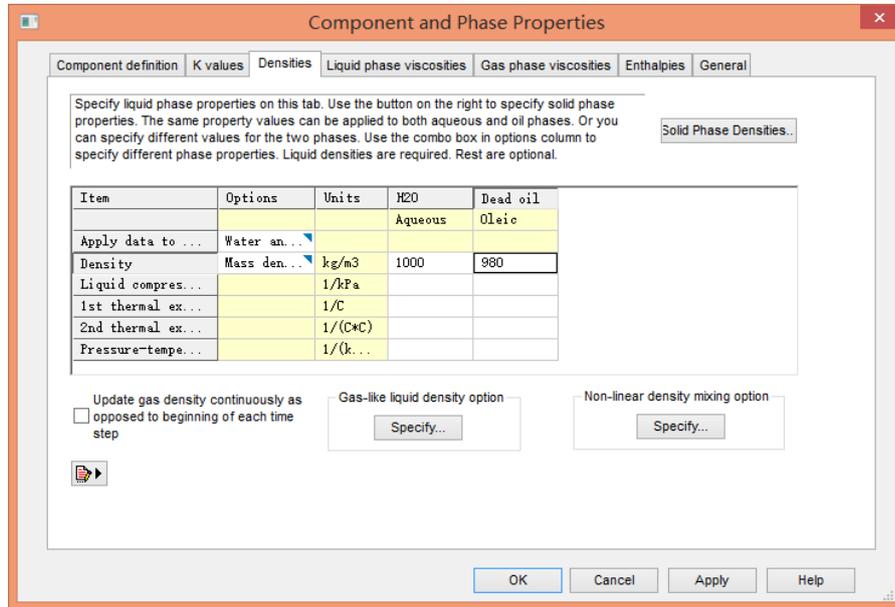
点击 ，添加另一个组分，命名“**Dead Oil**”，定义为油相组分，没有相平衡常数劈分（该油中没有溶解气），输入分子量 **0.6**（相当于 600 gm/gmole）， P_c , T_c 等于 **0**，点击 **Apply-OK**。



在组分性质窗口选择 **Densities** 选项，选择 **Mass Densities**，输入以下值：

Water 1000 Kg/m3

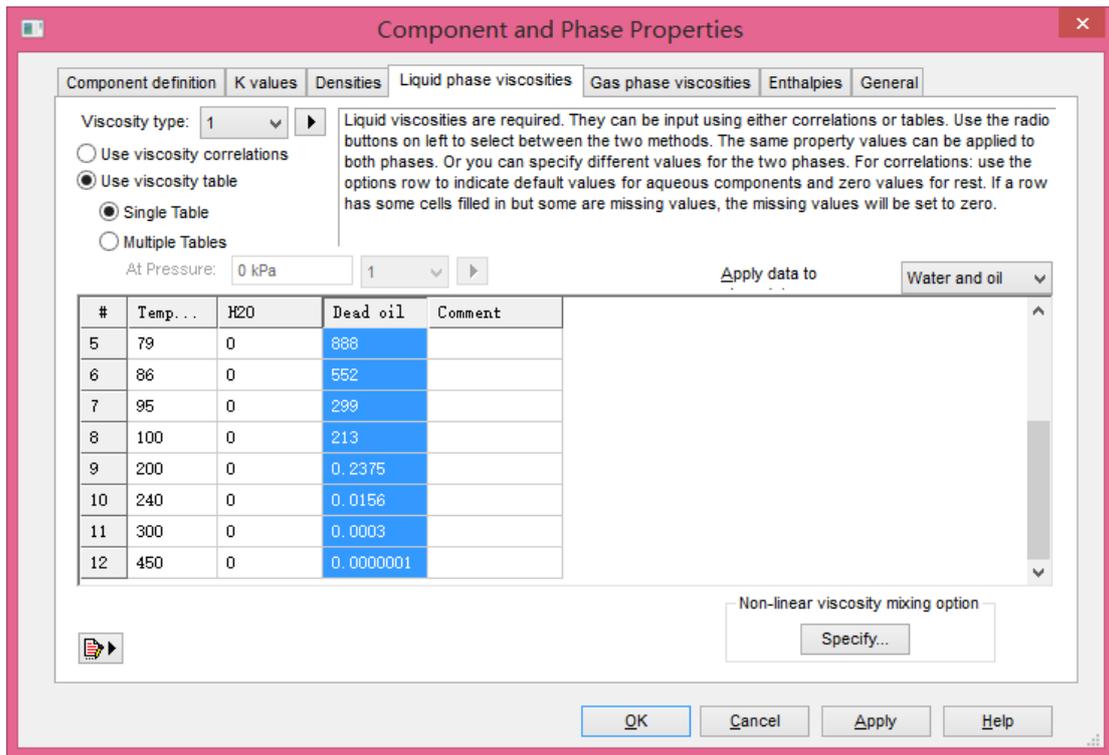
Dead Oil 980 Kg/m3



液体压缩系数和热膨胀系数先空着不填（软件自动使用缺省值）。点击 **Apply**。

切换到 **Liquid Phase Viscosity** 数据段，选择 **Use viscosity table** 选项，输入下表中油的粘度，水粘度输入 **0** 值（这将激发软件对水使用缺省值），（注意：输入数据时使用 **Ctrl** 键加 **I** 键来插入行）。

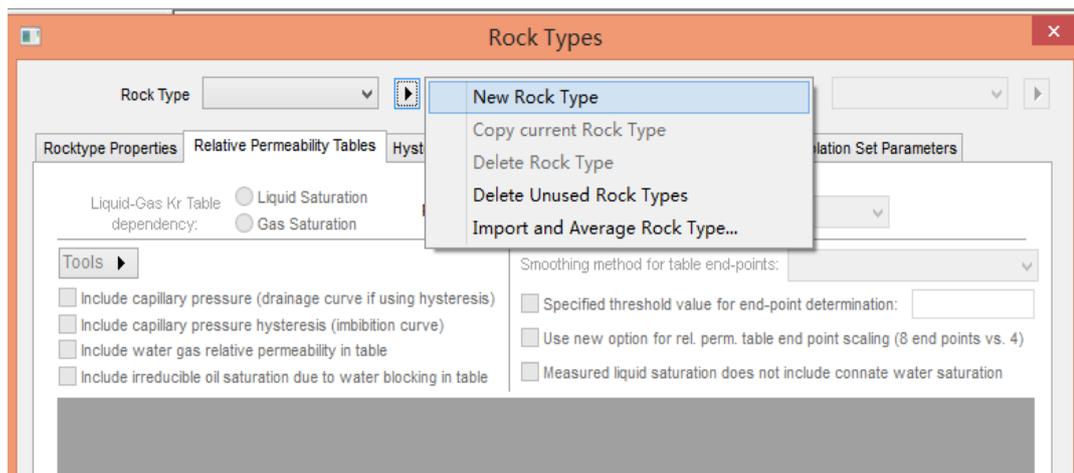
Temperature	Viscosity
59	3461
65	2301
69	1753
75	1166
79	888
86	552
95	299
100	213
200	0.2375
240	0.0156
300	0.0003
450	0.0000001



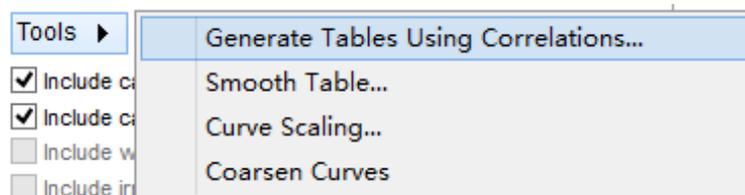
点击 OK，所有值已经输入。

4. 输入岩石流体数据（Rock - Fluid）

点击 **Rock Fluid** 选项。双击树状菜单中的 **Rock Fluid Type**，将弹出一个菜单。通过点击 按钮选择 **New Rock Type** 来选择岩石类型。



选择 **Tools** 和 **Generate Table using correlation**，利用端点值生成相参曲线。



输入以下参数用于生成相对渗透率曲线。

Swcon 0.2

Swcrit 0.2

Soirw 0.4

Sorw 0.4

Soirg 0.2

Sorg 0.2

Sgcon 0.05

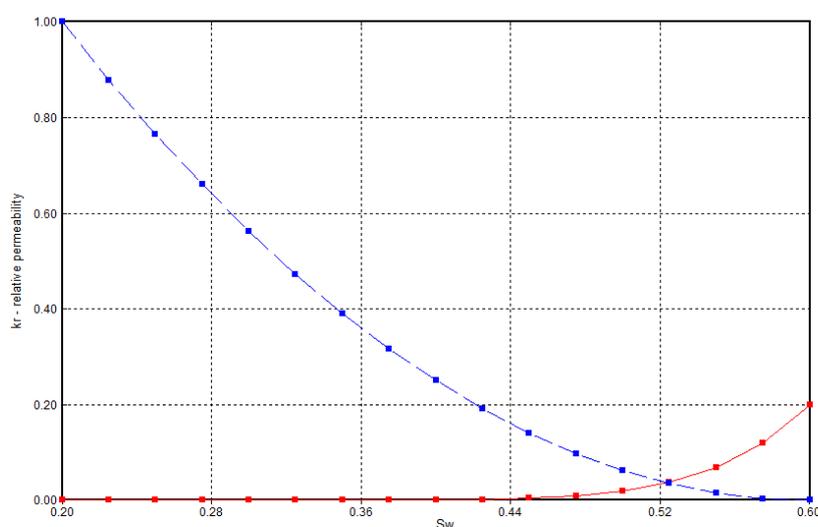
Sgcrit 0.05

Krow 1.0

Krwiro 0.2

Krgcl 0.2

所有指数分别为 **6.0 2.0 2.0 2.0**



然后点击 **Apply**，**OK** 回到主界面中，会出现一个包含相对渗透率数据的表。岩石流体的数据输入完毕，保存文件。

5. 输入初始条件数据（Initial Conditions）

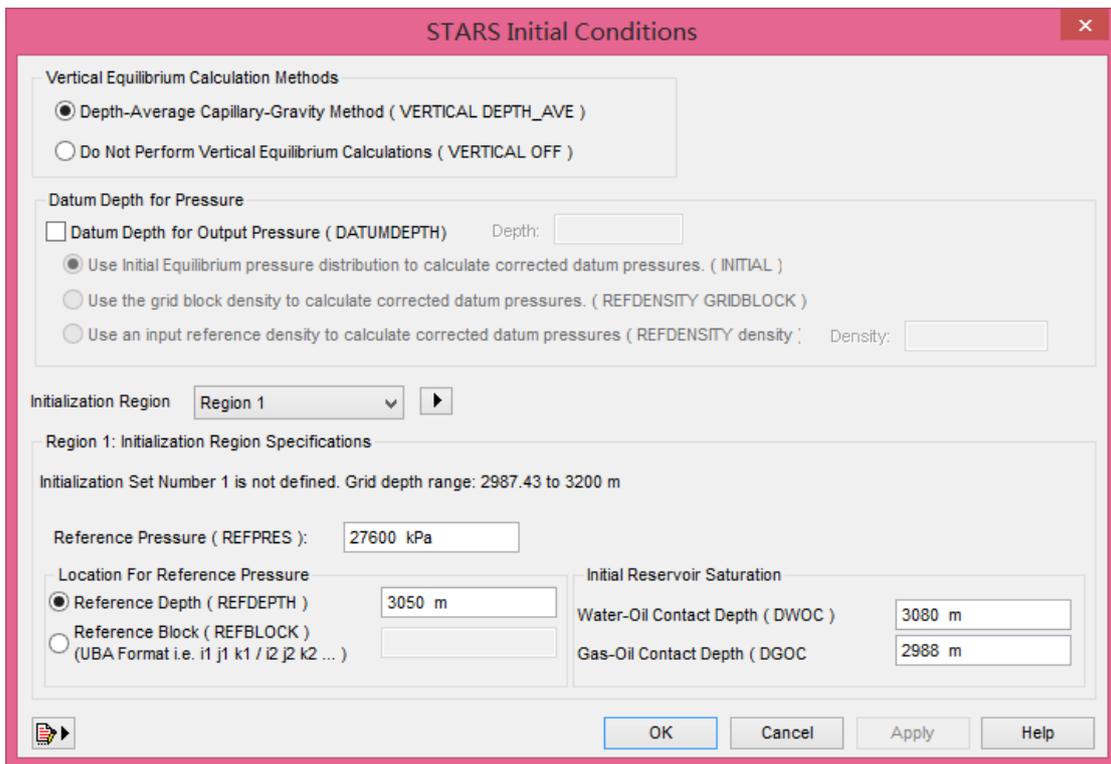
点击 **Builder** 主界面的 **Initial** 选项，双击 **Initial Conditions**，选择 **Water-Oil-Gas** 作为油藏流体的初始化分布，选择默认的 **Depth-Average Capillary - Gravity Method**（重力毛管力平均）方法。输入：

27600（kpa） - **Reference pressure** 参考压力

3050（m） - **Depth of reference pressure** 参考深度

3080（m） - **Water-oil contact** 油水界面

2988（m） - **Gas-oil contact** 气油界面

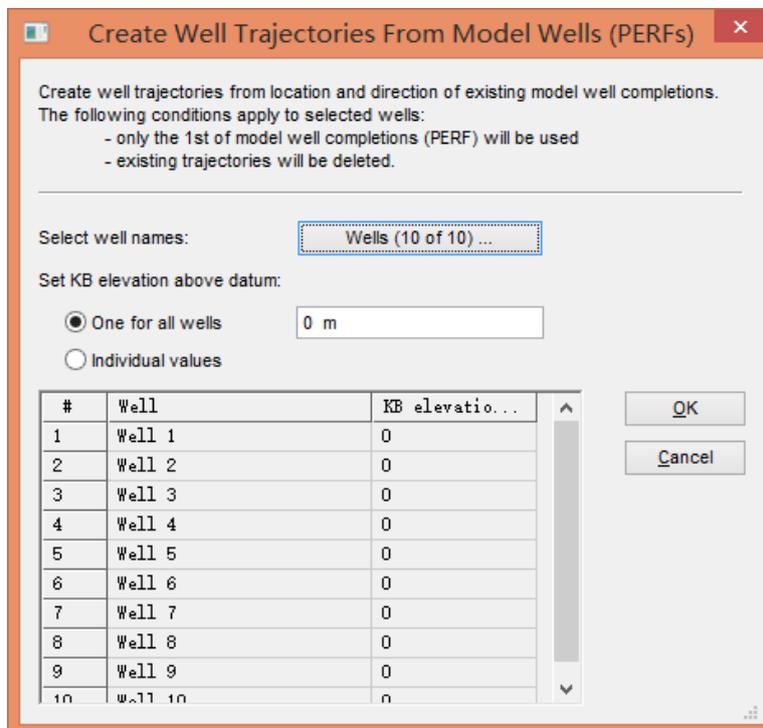
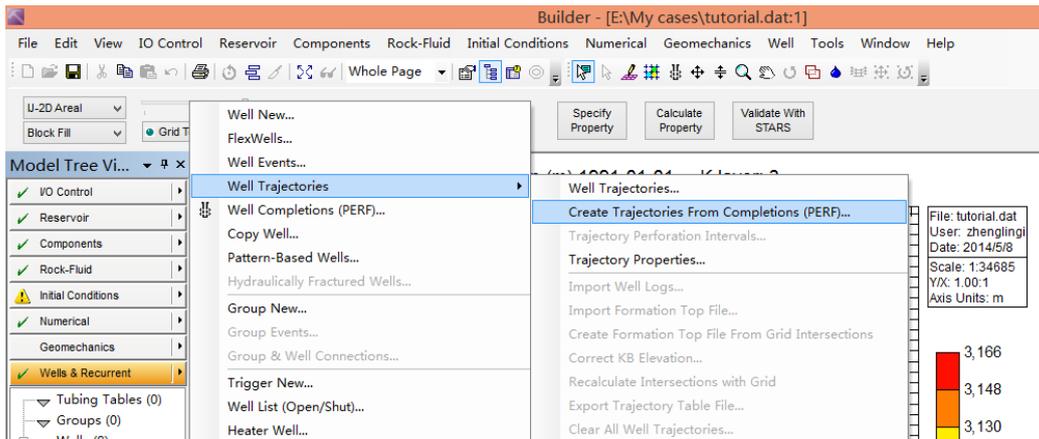


其它表格留作空白。点击 **Apply**，此时会弹出油气界面深度不在网格深度范围内的警告，忽略该警告并点击 **OK** 回到 **Builder** 的主菜单，除了动态数据和初始条件部分，其它选项都已经都为绿色标志。再次保存文件。

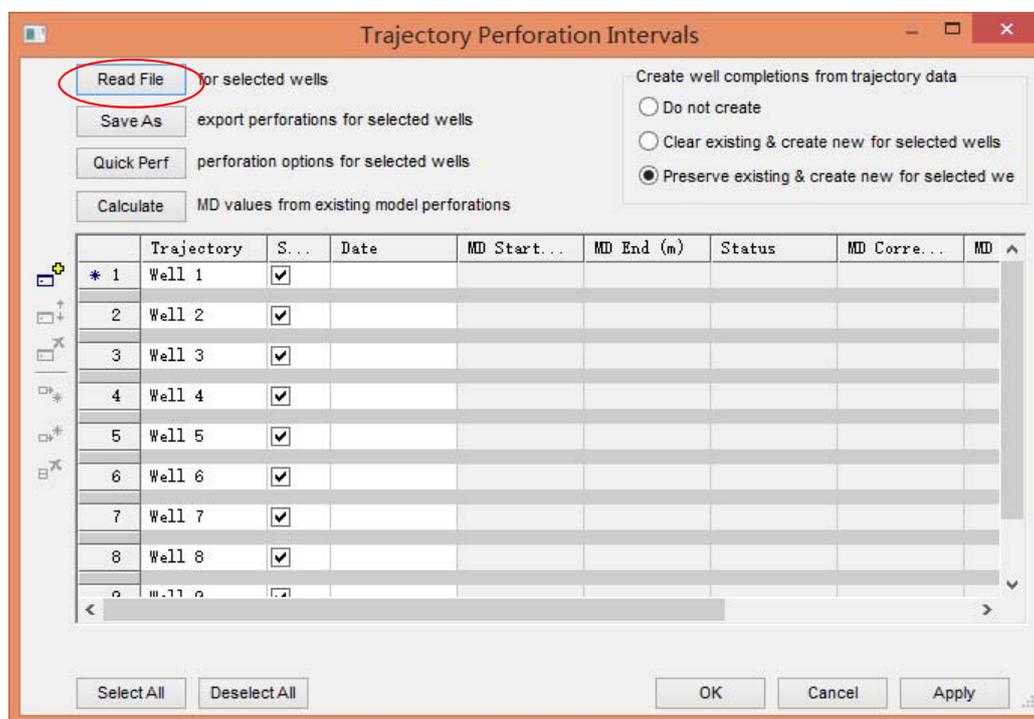
6. 输入井定义和动态数据（Well & Recurrent）

6.1 输入井轨迹和射孔数据

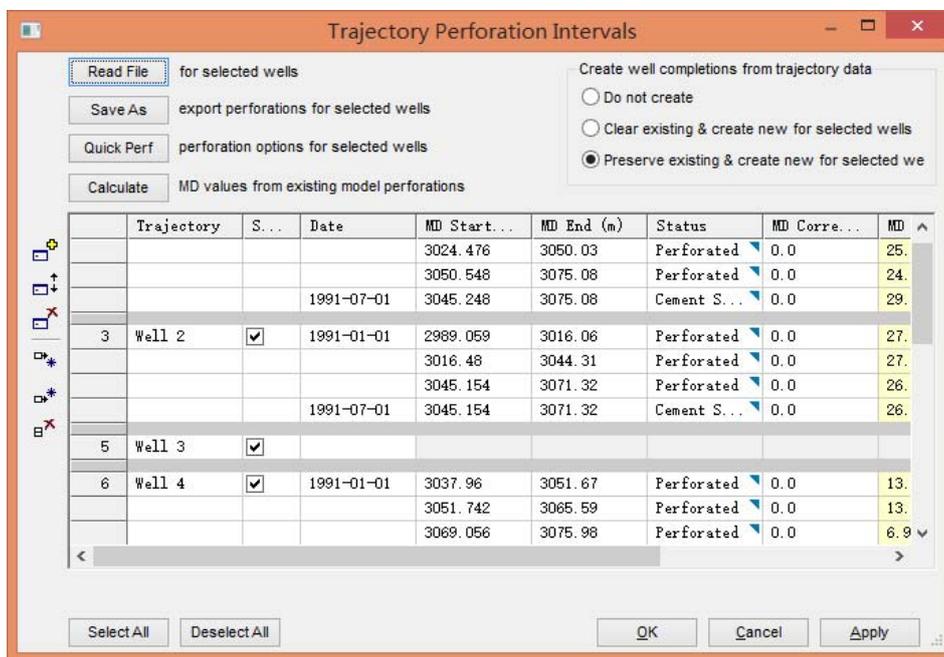
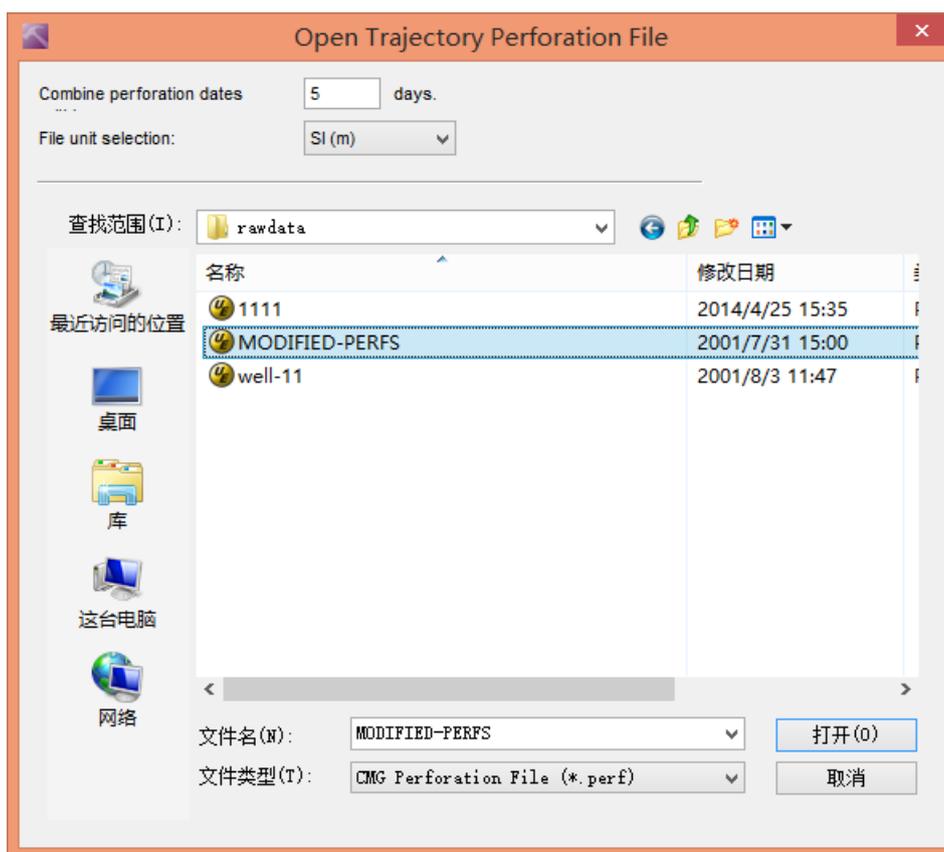
创建完静态模型后，我们现在就要将井轨迹和射孔数据加进模型中。点击 **Wells and Recurrent** 选项，点击菜单 **Well Trajectories**，点击 按钮，选择 **Create Trajectories from completions（PERF）...**将弹出下面的窗口：



该窗口可根据上述等值线图为每口井创建一个井轨迹，点击 **OK** 来创建这些垂向井轨迹；现在回到菜单 **Well Trajectories**，选择 **Trajectory perforation Intervals...**，弹出下面的窗口：



点击 **Read File**，选择文件 **MODIFIED-PERFS.PeRF**，选择 SI 单位制，然后点击打开，若操作正确，该窗口将更新到如下：



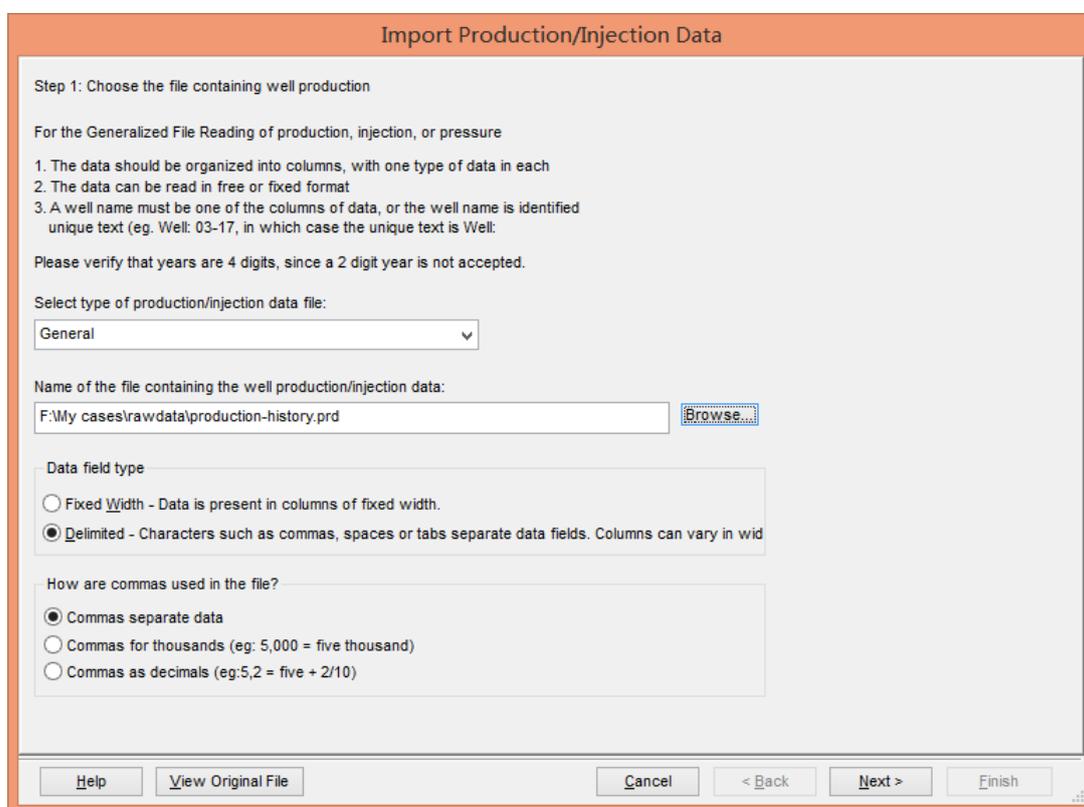
点击 **Apply** 和 **OK**；完成模型中井的轨迹和射孔定义

6.2 添加历史生产数据

我们要做的最后一项工作就是要将历史生产数据添加到模型中，这样就能进行历史拟合运算。

再回到顶部菜单选择 **Well**，点击 **Import Production/Injection data**（该向导用于创建生产动态数据并定义每口井的状态）：

第一步，该向导的第一步是指定生产文件的类型和名字。在我们的算例中，将使用 **General** 类型，从原始数据文件中选择 **Production-history.prd**。



The screenshot shows a dialog box titled "Import Production/Injection Data" with the following content:

Step 1: Choose the file containing well production

For the Generalized File Reading of production, injection, or pressure

1. The data should be organized into columns, with one type of data in each
2. The data can be read in free or fixed format
3. A well name must be one of the columns of data, or the well name is identified unique text (eg. Well: 03-17, in which case the unique text is Well:

Please verify that years are 4 digits, since a 2 digit year is not accepted.

Select type of production/injection data file:
General

Name of the file containing the well production/injection data:
F:\My cases\rawdata\production-history.prd

Data field type

Fixed Width - Data is present in columns of fixed width.

Delimited - Characters such as commas, spaces or tabs separate data fields. Columns can vary in width.

How are commas used in the file?

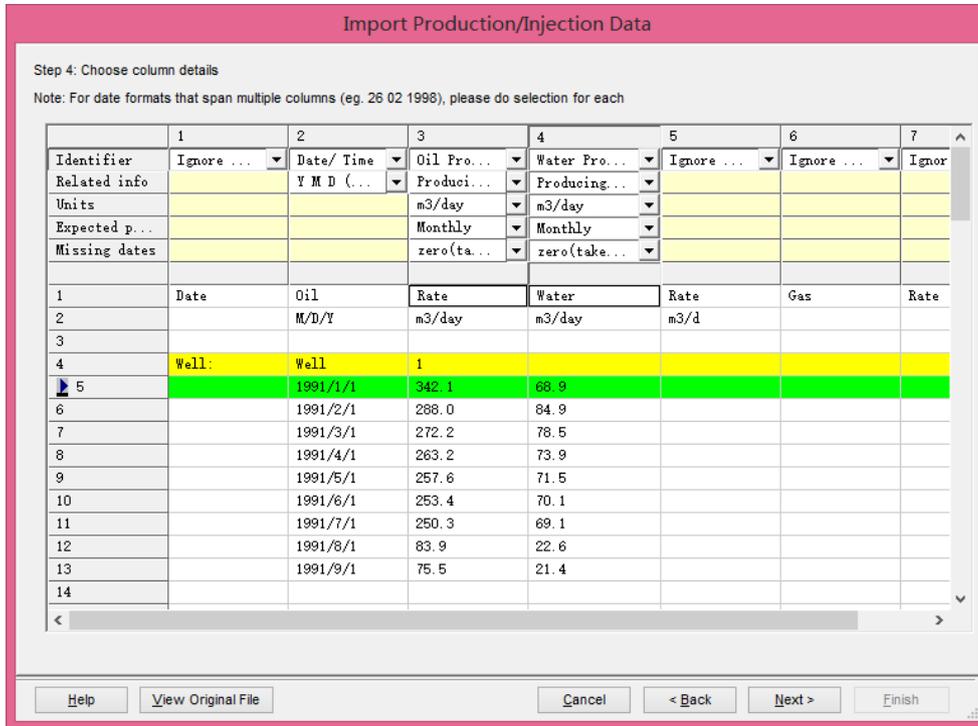
Commas separate data

Commas for thousands (eg: 5,000 = five thousand)

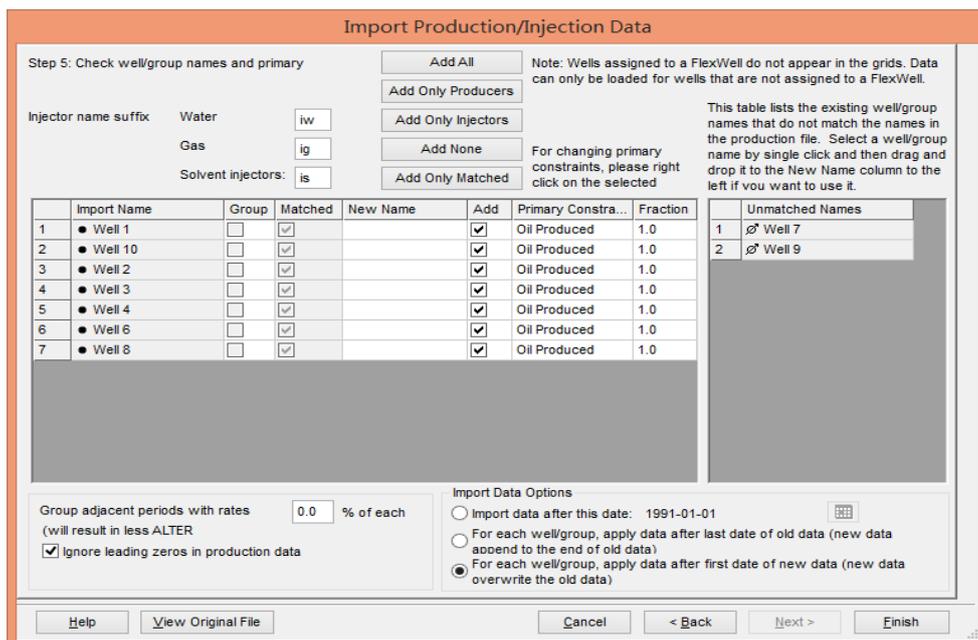
Commas as decimals (eg:5.2 = five + 2/10)

Buttons: Help, View Original File, Cancel, < Back, Next >, Finish

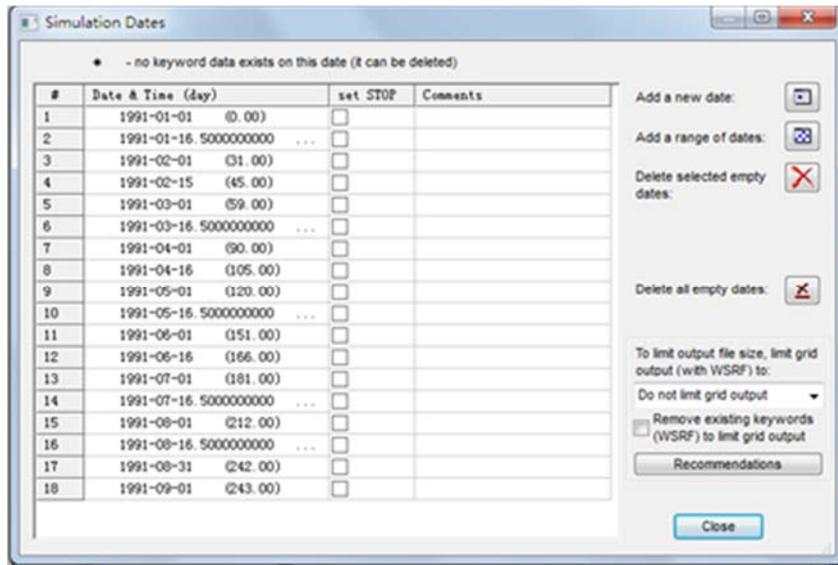
第四步，进入第 3 至 5 列，在标志行中对每一列选择 **Oil Produced**，**Water Produced**。



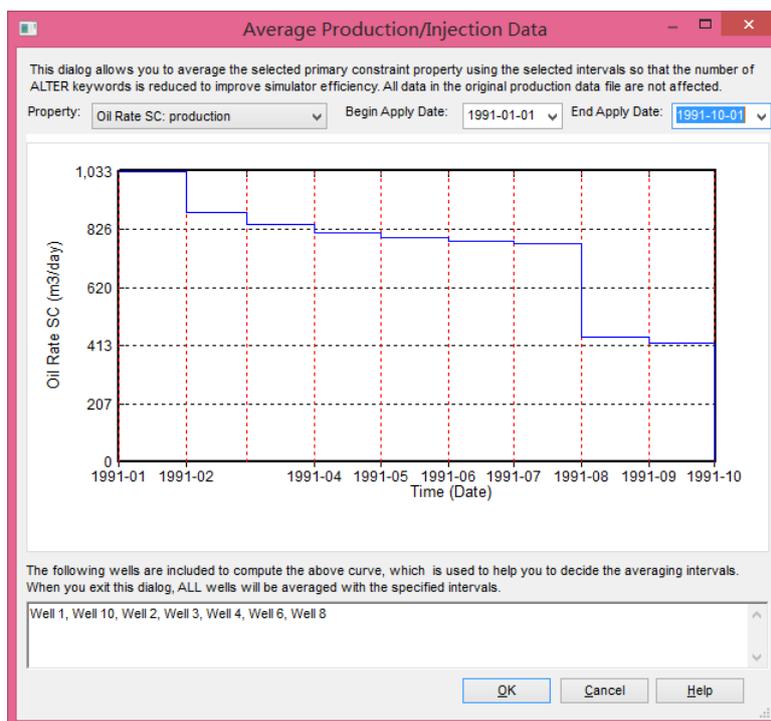
第五步，这里告诉你哪些井的生产数据已经被导入，哪些还没有被导入。比如，程序没有找到 well 5, 7 和 9 的生产数据，因为这些井没有生产历史，最简单的处理方法就是删除这些井，我们后面再做。除此之外，点击 **Finish**。



在弹出的对话框中，点击 **Add a new date** 添加一个时间点 1991-09-01，并在该时间点后面打钩，设定 **STOP**，点击 **Close**。



我们下一步就是要生成每个月的动态数据（月平均生产/注入数据）。再回到顶部菜单 **WELL**，选择 **Average Production/Injection Data**，在图上点击右键，将弹出一个菜单，你可以将平均时间段改成月度平均、半年度平均或年度平均（**monthly**， **bi-annually**， **yearly**）等。选择 **monthly** 并 **OK**。

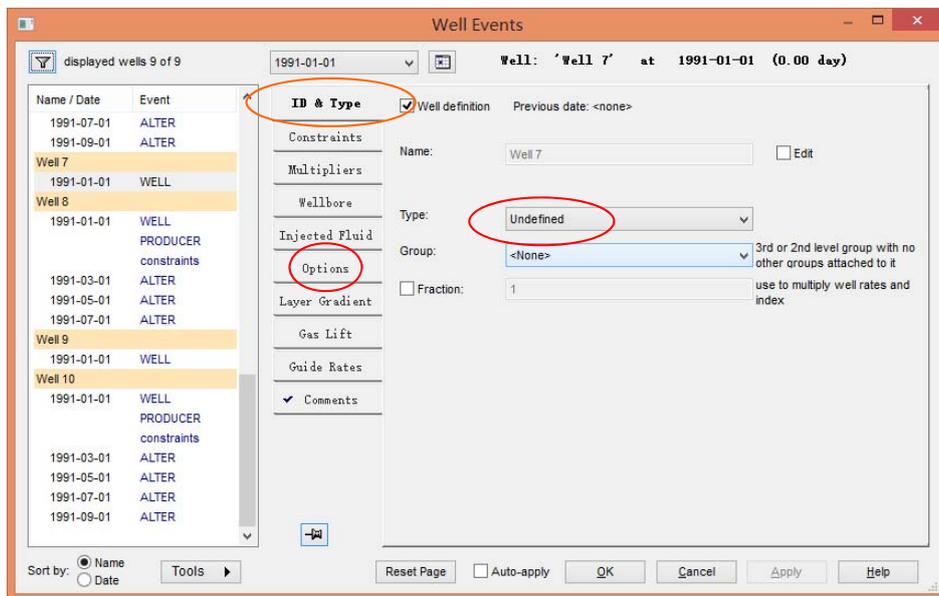


下一步将要创建历史拟合文件（*.fhf），这样就能对模拟计算结果和实际生产数据进行对比。再回菜单栏 **Well** 点击选择 **Create Field History file**，然后提供一个文件名（也可以使用缺省的）。

6.3 井定义和约束条件

对那些没有生产历史的井，我们要么把它删掉，要么定义成生产井或注入井，然后关井，这样就不影响历史拟合。我们删除 well 5，将 well 7 和 9 改成注入井。

点击井与动态数据按钮下方的 **Wells**，打开树状视图，选择 **Well 5** 点击右键，选择 **delete** 和 **yes**。选择 **well 7**，右键，**Properties**，将弹出一个新菜单：



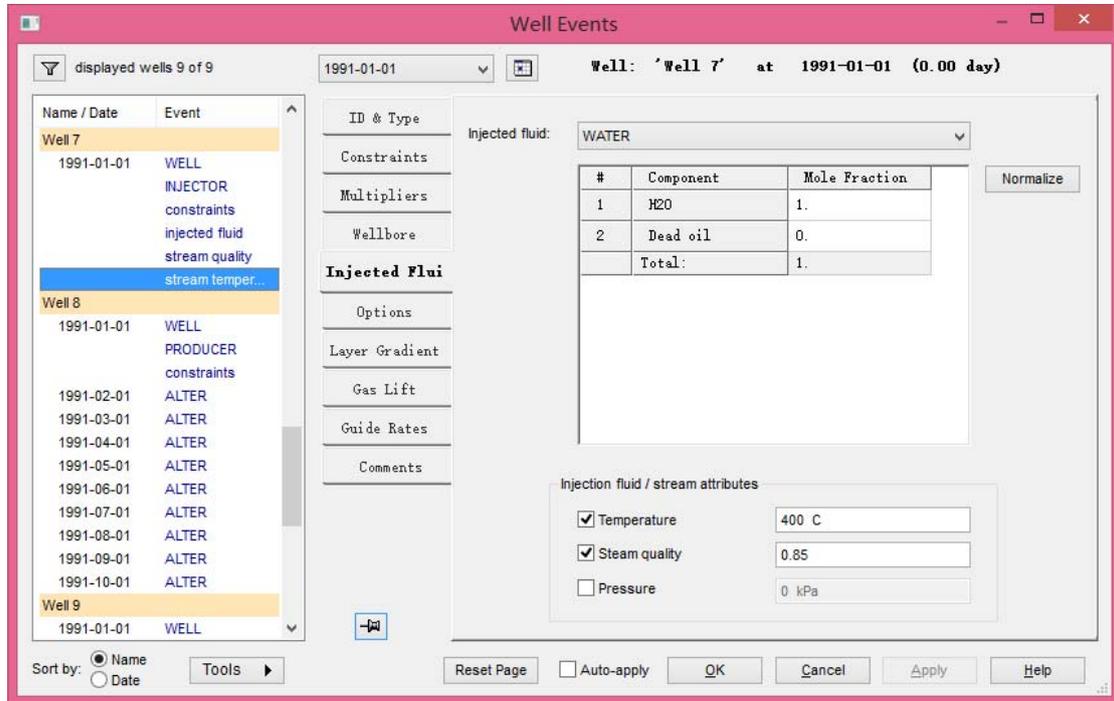
点击 **ID & Type**，选择井类型 **Type** 为 **Injector Mobweight EXPLICIT**，点击 **Apply**。打开 **Constraints** 选项卡，在弹出的界面回答 **YES**，选上 **constraint definition** 复选框。在 **select new** 下，输入 **OPERATE, BOTTOM HOLE PRESSURE, MAX, 25000 KPa, STW, 350 m3/day**。选择 **Injected Fluid** 选项，将 **Water** 作为注入流体，输入如下值。

Mole fraction – 1

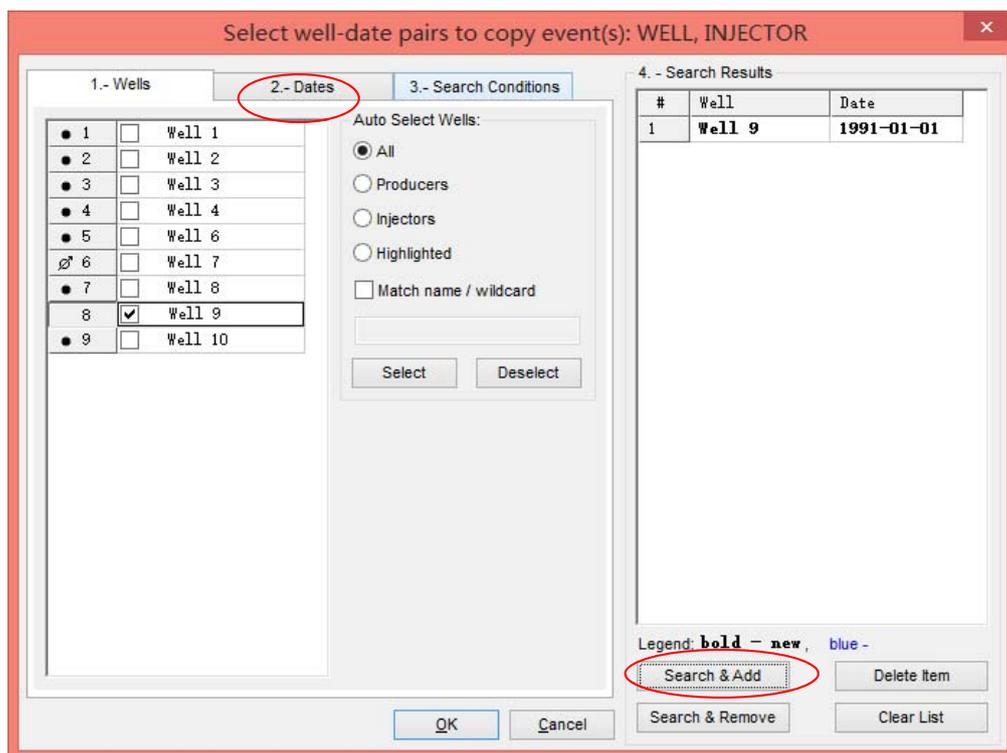
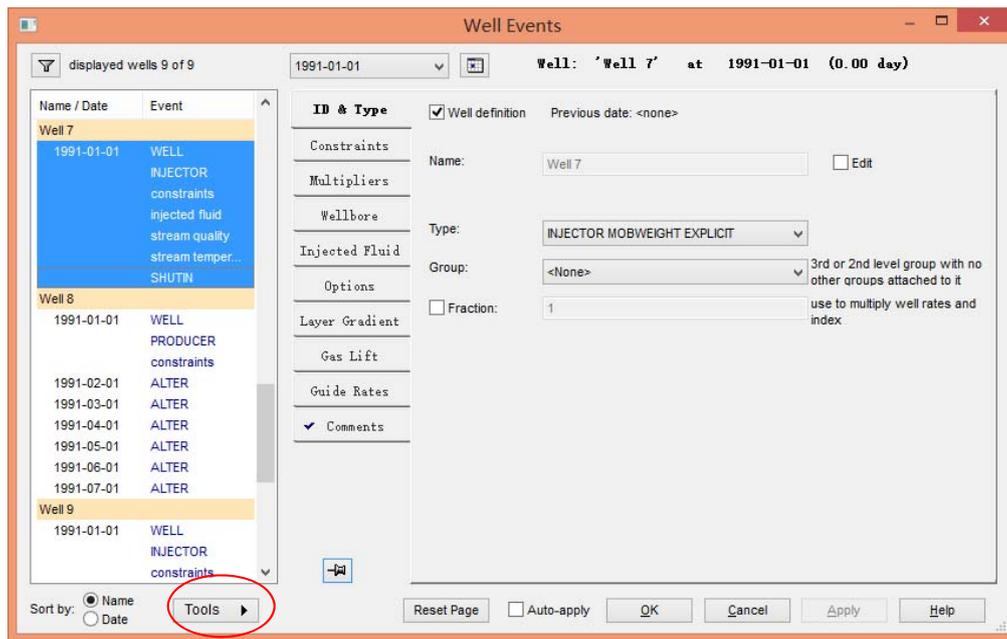
Temperature – 400°C，

Steam Quality – 0.8

打开 **Options**，选上 **Status** 复选框，在该时间点选择 **Shut-in well**。



现在，我们将以上设置拷贝到 **well 9**。为此，确保你在 **well 7** 中选上 **INJECTOR**， **constraints**， **Injected fluid**， **SHUTIN**（所有项），选择屏幕底端的 **Tools**，点击菜单顶部的 **Copy events using filter**，弹出一个新菜单，然后选择 **well 9**，打开 **Date** 选项卡，选上 **1991-01-01**，然后 **Search and Add**，如下所示：



点击 OK，对 **well 9** 创建了与 **well 7** 相同的所有约束条件。

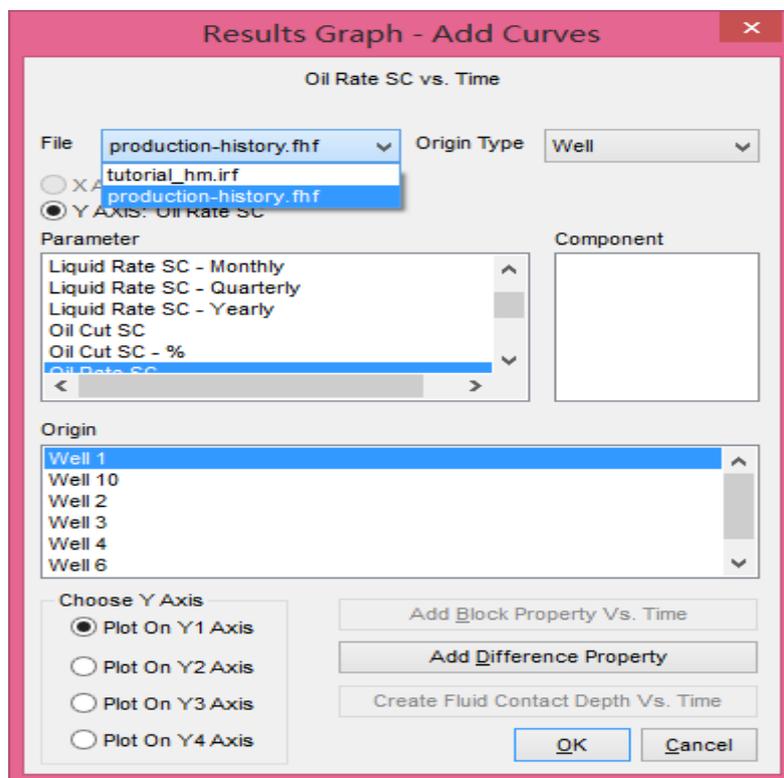
点击 **Numerical**，双击树状图中的 **Numerical Controls**，在弹出的对话框中的 DTWELL 行输入初始时间步长 0.0001。点击 **OK**。

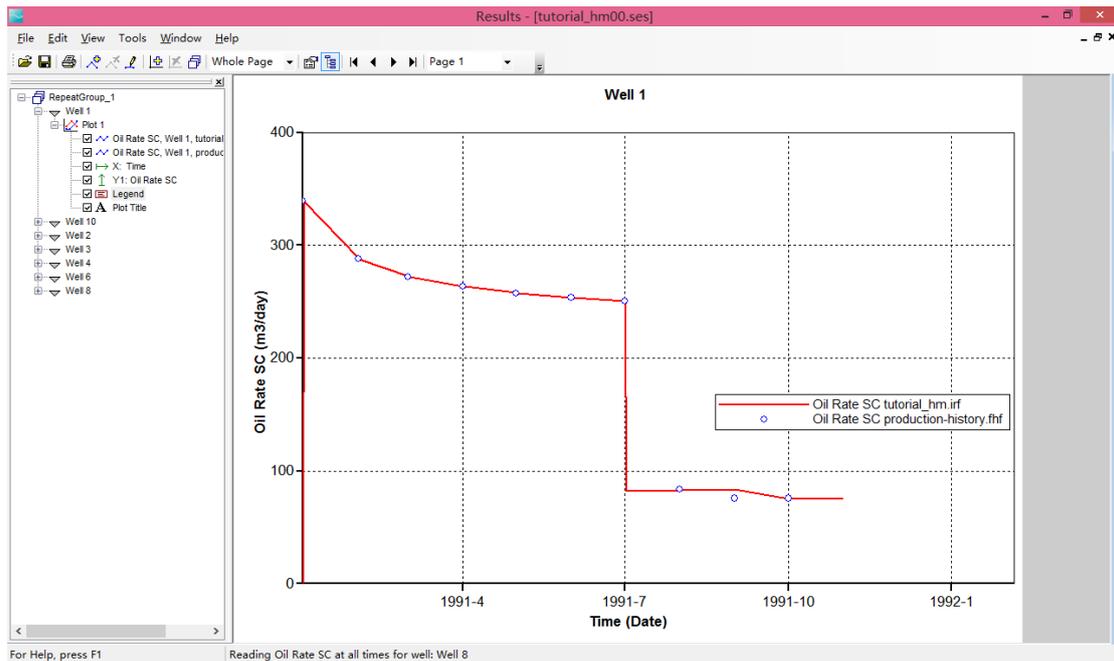
完整的油藏模型已经建立了,将保存的 **tutorial.dat** 另存为 **tutorial_hm.dat**, 并将该文件拖放到 **Launcher** 主界面窗口中的 **STARS** 图标上进行计算, 后面我们分析一下计算结果。

7. 历史拟合

将计算出来的 **tutorial_hm.irf** 文件拖放到 **Results Graph 2012.10** 图标上。从菜单中选择 **File- Open Field History**, 选择我们在生产数据向导第 8 步创建的 **production-history.fhf** 。

点击添加曲线按钮  , 选择要显示数据的文件, 比如 **tutorial.irf** ; 选择曲线参数 **Oil Rate SC**; 选择 **Well 8**, 然后 **OK**。重复以上操作, 但这次选择 **production-history.fhf**, 我们要比较模拟计算数据和历史实际数据。你会看到如下曲线:





重复以上操作，这次选择曲线为 **Water Production Rate**，要看所有生产井的这条曲线，可以使用 **Repeat plot** 按钮 ，选择 **All Producers** 并 **OK** 来生成多条曲线。

你现在应该已经拥有一系列关于每口井历史拟合和预测的曲线。

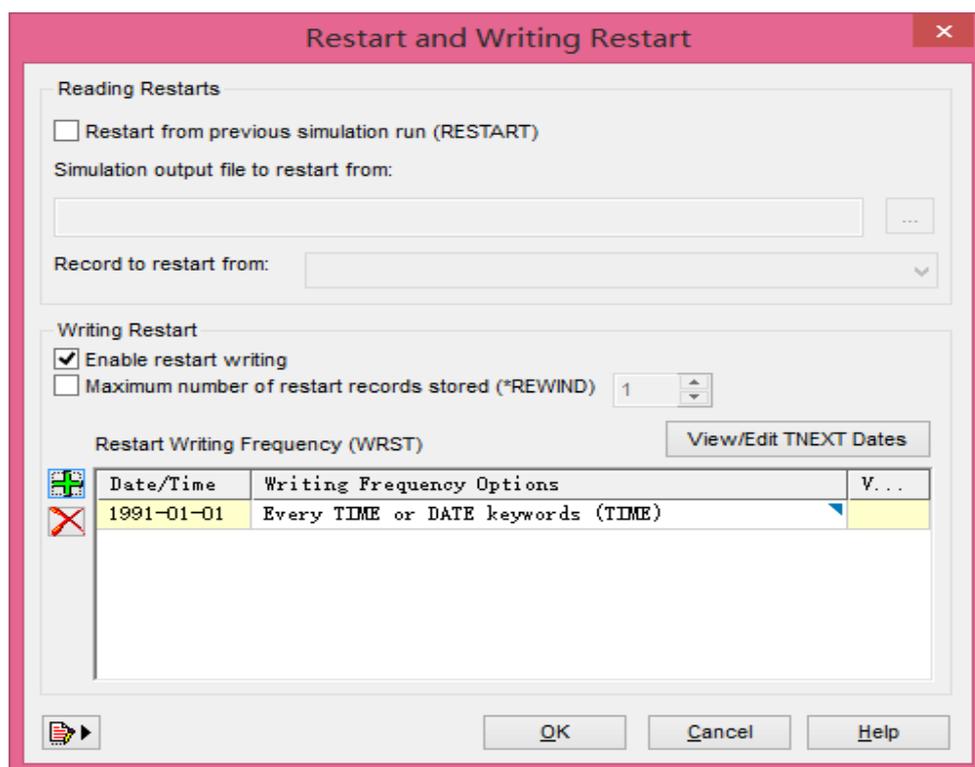
你现在可以用 **Results Graph** 和 **Results 3D** 继续分析计算结果，并且发现对你分析数据有价值的各种图和曲线。

8. 采用重新启动进行预测运算

下面我们将要对该模型进行预测。而采用重新启动方法可以无需计算拟合过的时间，大大节省了运算的时间。往重新启动文件中写入重新启动信息方法如下：

第一步，打开保存过的文件 **tutorial_hm.dat**，点击 **I/O Control** 选项卡，选择 **Restart**；

第二步，点击 **Enable Restart Writing**；



第三步，点击+号，选择第一个时间点 **1991-01-01**；

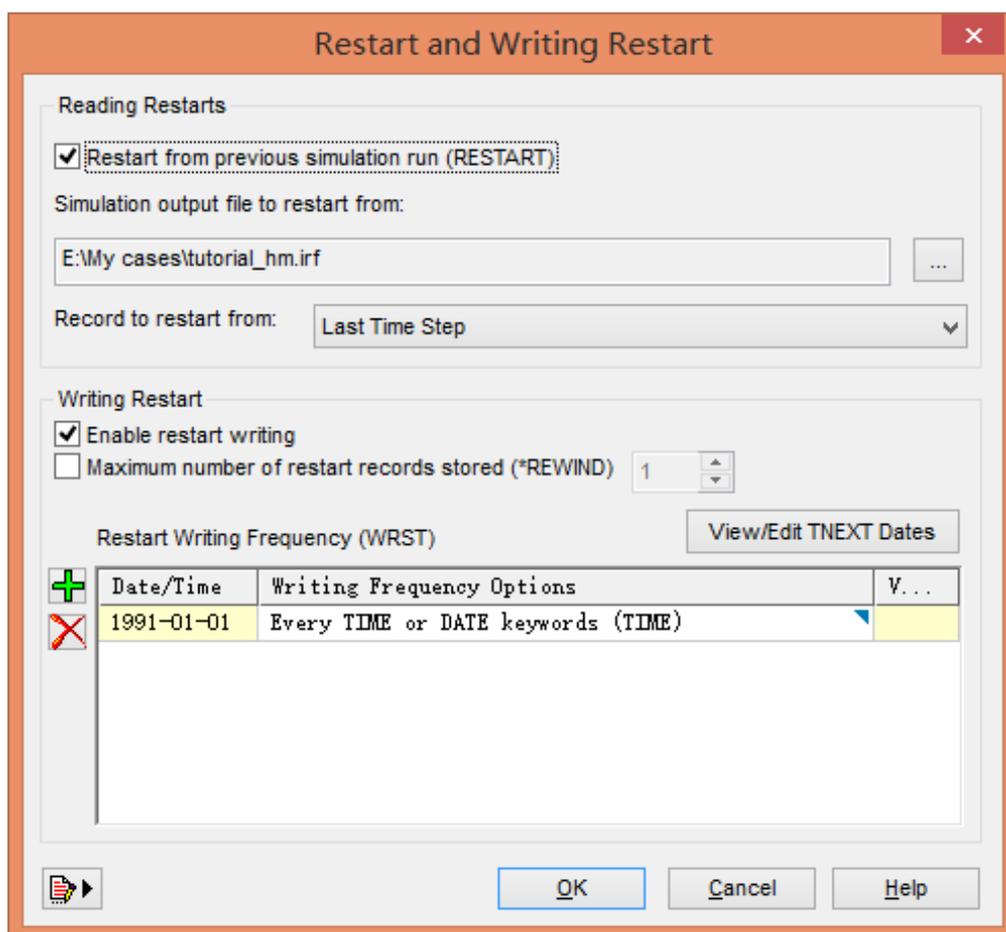
第四步，选择第一个选项 **Every time.....**；

第五步，点击 **OK** 回到 **Builder** 主界面，保存文件；

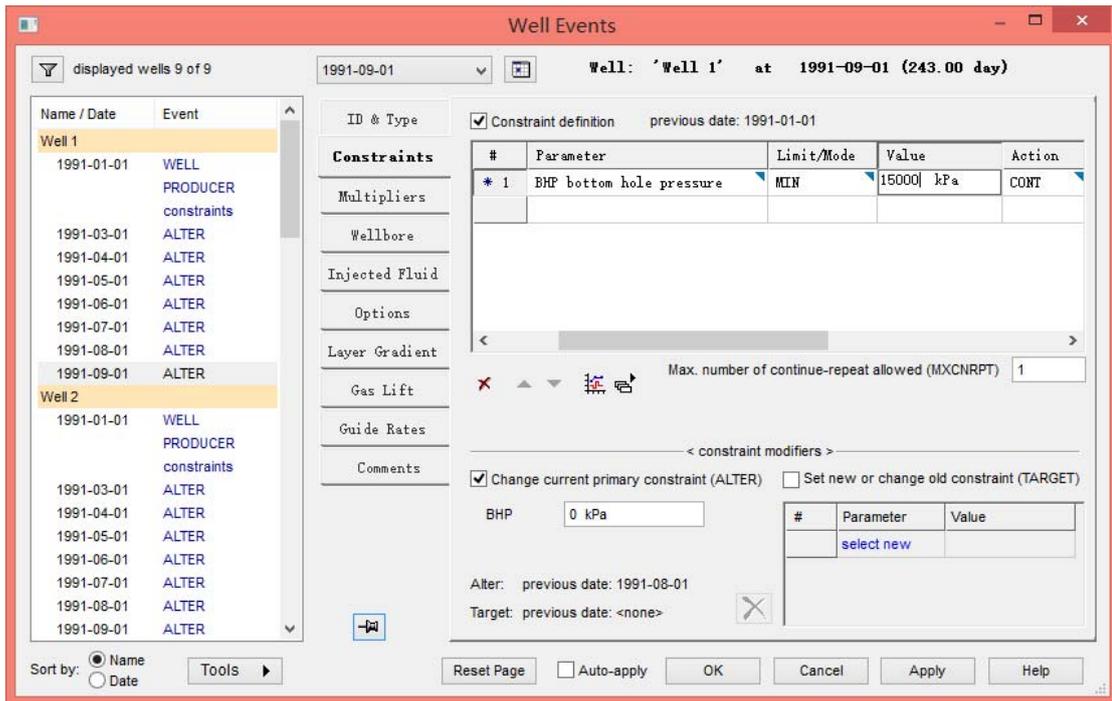
第六步，运行 **tutorial_hm.dat** 文件，生成 **SR2** 结果文件；

第七步，点击 **File- Save as.**保存为 **tutorial_forecast.dat**；

第八步，在新的文件里同样的方法打开 **Restart**，点击 **Restart from.....**复选框，在下面选择重启的**.irf** 文件，时间选择最后一个时间点。



下一步需要添加预测的时间点。选择 **Well & Recurrent** 选项，双击 **Dates**，在右侧点击 **add a range of dates**，添加的日期从 1991-09-01 到 1993-01-01，然后 **OK, CLOSE**。点击 **Well & Recurrent** 数据段，回到 **WELLS**，双击 **WELL 1**，在时间点 **1991-09-01**，将 **Constraint** 约束条件改为 **operate minimum bottom hole pressure, 15000 kpa**。点击应用，在 **1991-09-01** 对 **Well 1** 创建一个新的约束条件。



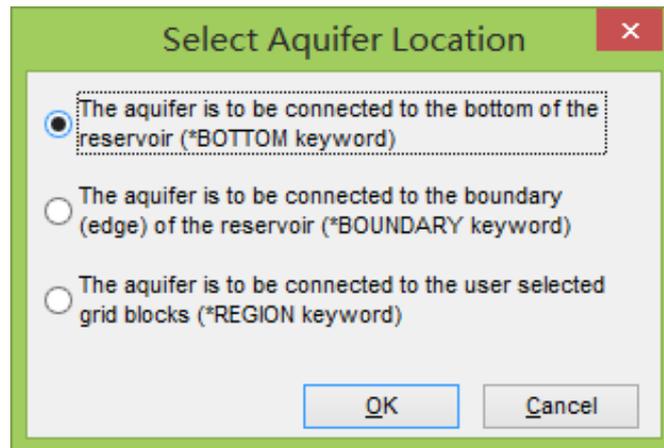
下面我们就采用上述的方法将 **Well 1** 在 **1991-9-1** 这个时间点的约束条件复制给其他的生产井。

我们已完成了整个数据体，可以退出 **Builder** 了。将 **tutorial_forecast.dat** 拖放到 **STARS** 图标上运算。使用重启动计算就可以在不重新计算历史拟合部分的前提下进行预测计算。

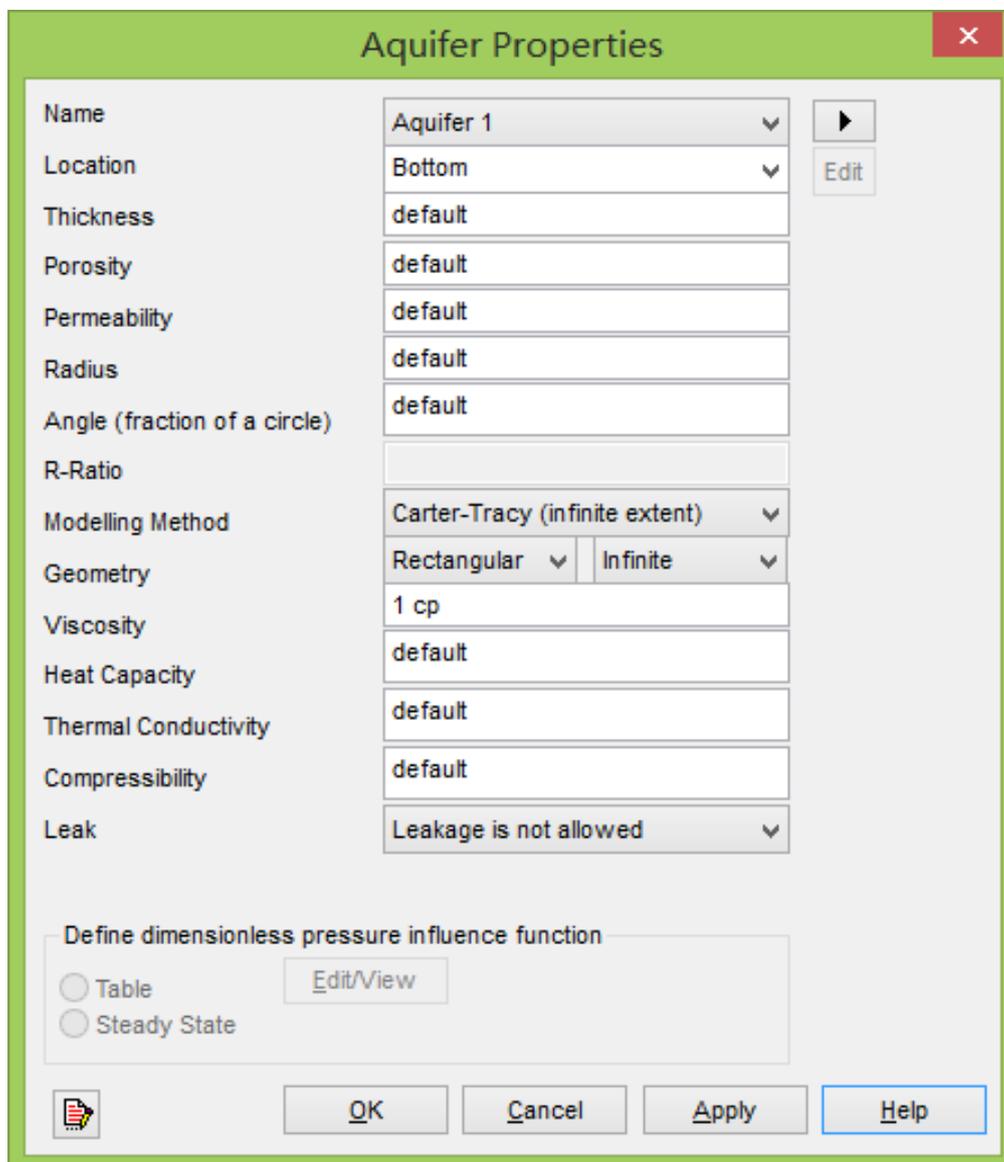
9. 添加一个水层

我们下面要做的是添加一个水层，将计算结果与没有水层的模型进行比较，看看有何区别。将 **tutorial_hm.dat** 拖放到 **Builder** 图标上，进入 **Builder** 后打开 **Reservoir**，选择 **Create/Edit Aquifers....**，或者你也可以点击 **Create/Edit Aquifers** 按钮（在左侧工具栏从下面数第二个）

选择第一种类型—底水（**Bottom aquifer**），然后点击 **OK**。



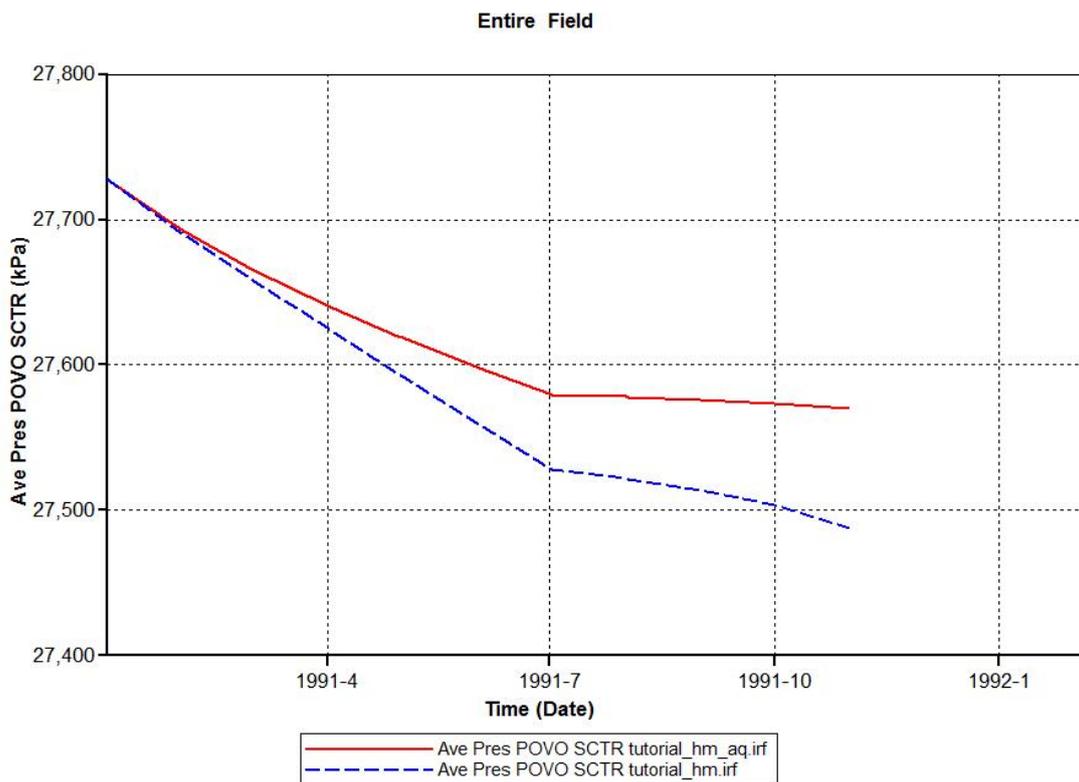
选择 **Modelling Method – Carter-Tracey (infinite)**。其它项保持缺省值。



点击 **Apply** 退出并关闭该面板回到显示区域。打开 **File-Save as...** 另存文件为 **tutorial_hm_aq.dat**。确定保存文件退出 **Builder**。你现在可以将 **tutorial_hm_aq.dat** 拖放到 **STARS** 图标上了。

下一步将添加了水层的文件与没有添加水层的模型进行对比。将 **tutorial_hm_aq.irf** 拖放到 **Results Graph** 图标上,从菜单栏选择 **File- Open CMG Results**, 选择 **tutorial_hm.irf**。点击  添加一条曲线, 选择 **Origin Type – Sector (Region)**。参数–**Ave Pres HC POVO SCTR**, 点击确定显示曲线。重复以上操作, 只是文件名改为 **tutorial_hm_aq.irf**

我们现在可以看到如下的对比曲线:

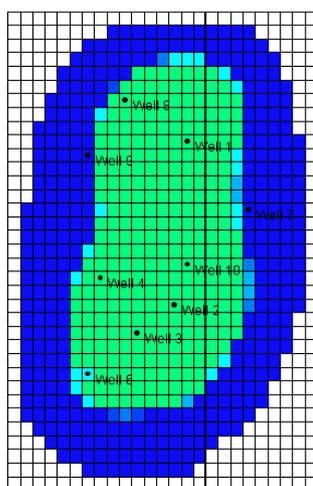


你还可以从这里进入 **3D** 显示区域, 这两种显示方式在这里都有。你保存的 **.ses** (曲线) 或 **.3tp** (3D 视图) 文件其实是一个模板, 可用来重新生成以前生成的图片, 可以用同一个数据文件, 也可以用其它文件。

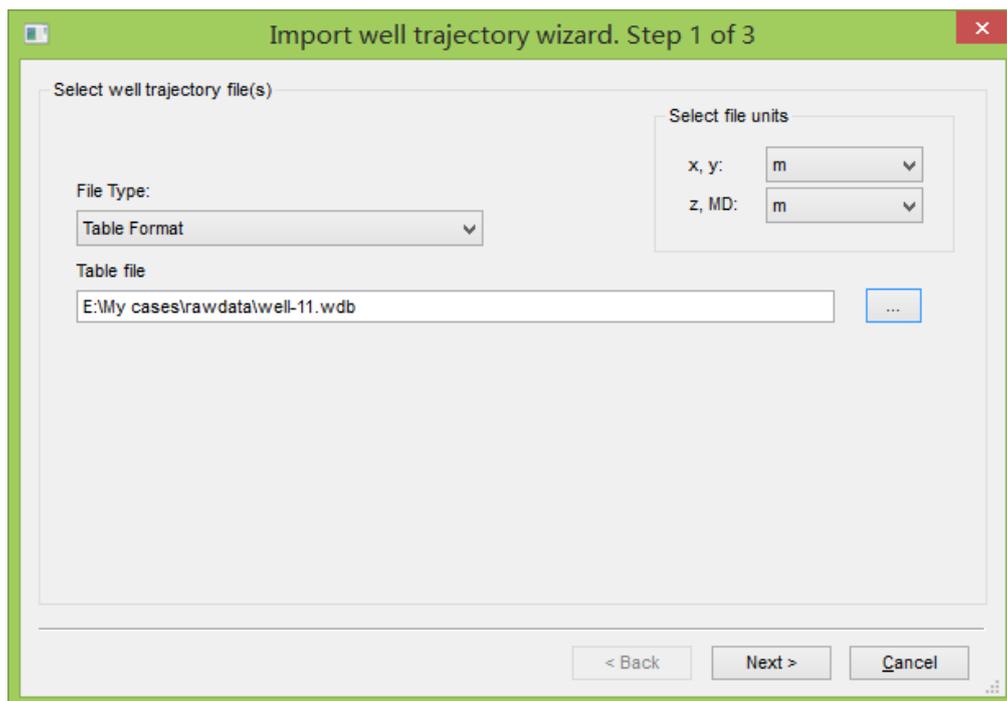
结果非常直观，并且很多功能可以通过菜单或在显示区域点击鼠标右键来实现。

10. 进一步分析

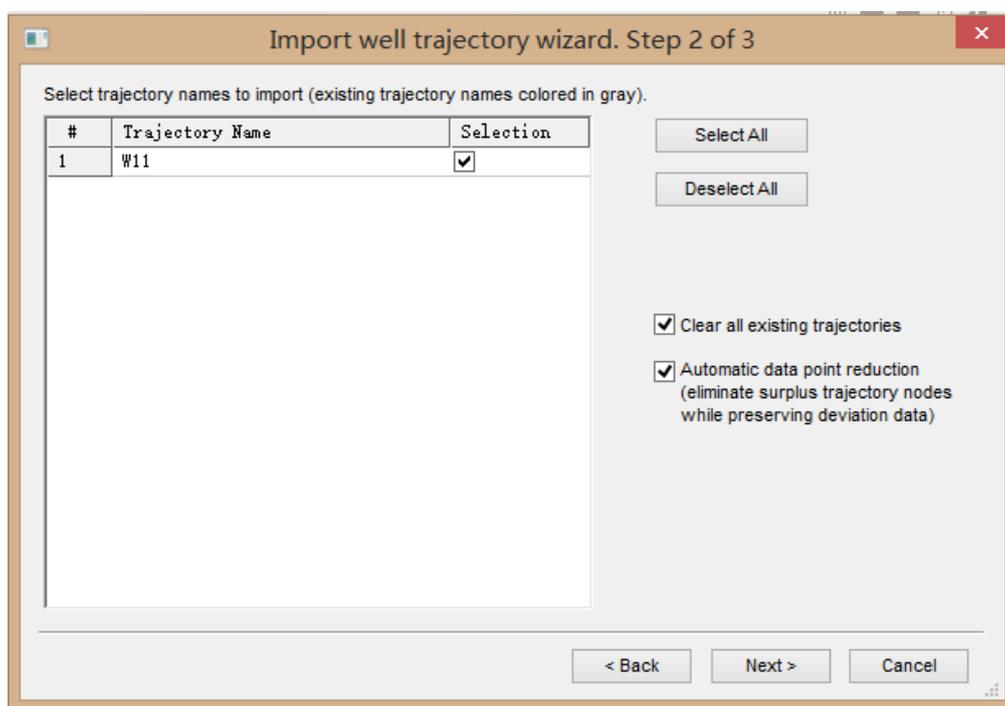
如果你在 **Results 3D** 里面查看 **tutorial_hm** 的含油饱和度会发现，在模拟末期南部背斜仍然有大量剩余油分布。作为油藏开发计划的一部分，我们将于 **1/1/1992** 打一口水平井开采这部分剩余油。



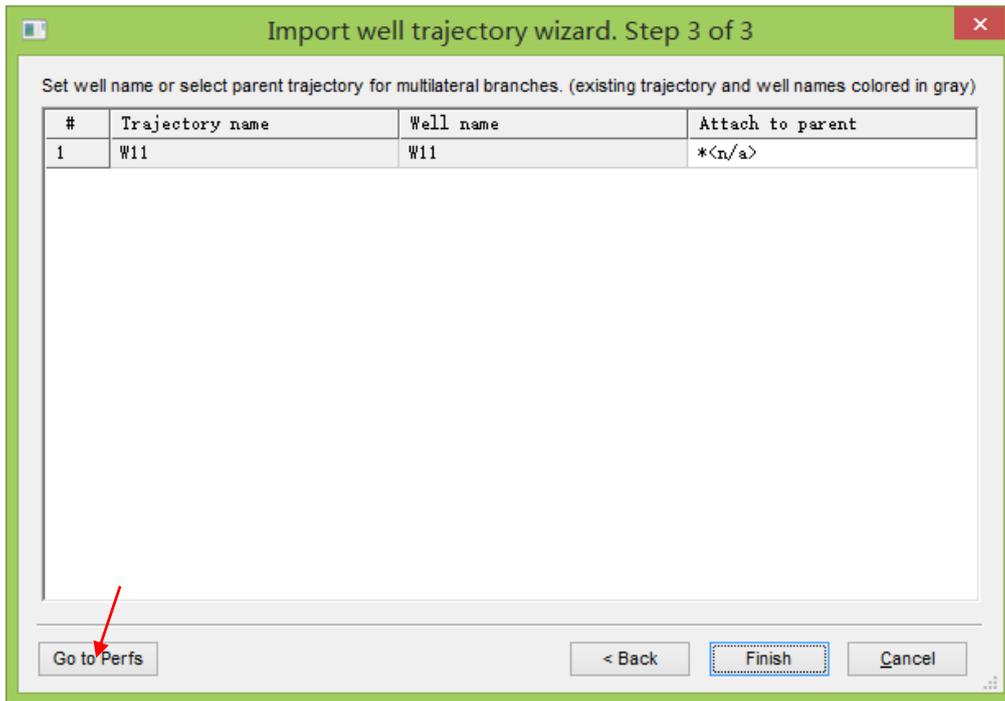
将 **tutorial_forecast.dat** 载入 **Builder**，确保显示的是 **IJ-2D areal** 视图，这样我们能比较容易的确定要添加井的位置，选择菜单项 **Wells&Recurrent-Well Trajectories- Well Trajectories...**，**File Type** 为 **Table format**，单位为 **m**，浏览并选择 **well-11.wdb**。



点击 **Next**，确保正在导入的是 W-11 的井轨迹，并且清除目前所有的井轨迹。

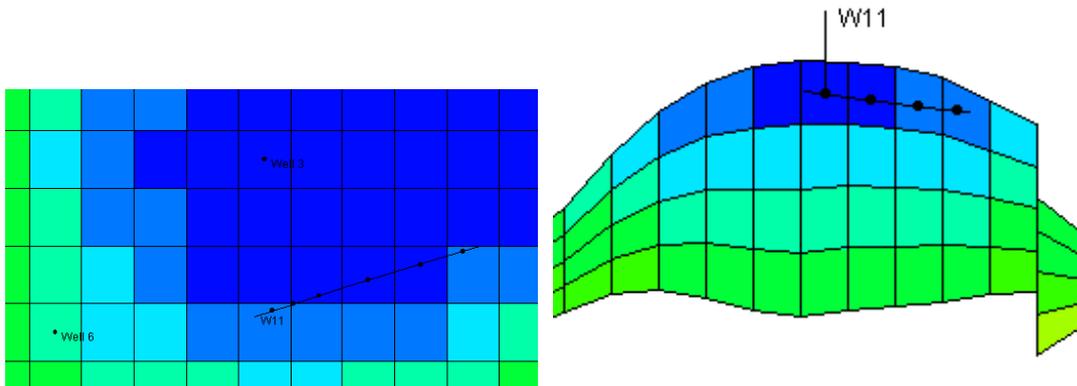


点击 **Next**，点击按钮“Go to Perfs”，

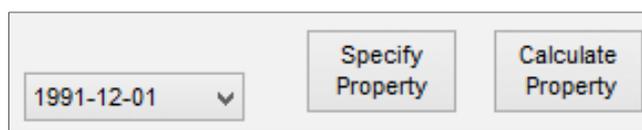


新菜单弹出时，点击“**Read File**”，选择“**Well-11.perf**”，确保单位制为“**SI**”，然后打开，**OK**。

井 W11 应该已经显示在你的视图中。你也可以在 IK 方向的 26 和 27 切面上看到。注意：准确的网格位置可能与你下面看到的略有差别。



注意随着 Grid Builder 中显示日期的变化，射孔将显示或消失，但是井轨迹将一直显示。



井 **W11** 应该已经出现在井列表中，在井 **W11** 上点左键，看到有一个日期 **1991-12-01**。如这是我们定义这口新井的日期 。

在井 **W11** 上点击右键，选择 **Properties**，选择 **Type** 选项卡，选中 **PRODUCER**，点击 **Apply**，选择 **Constraint** 选项卡，选中 **Constraint definition** 复选框，点击 **select new**，选择 **OPERATE-Bottom Hole Pressure- Min- 10,000**，点击 **Apply-OK** 回到主面板，现在已经完整定义了井 **W11**，保存文件为 **tutorial4.dat**，退出。

现在运算数据体，并与 **tutorial_forcast.dat** 比较。在 **Results 3D** 中看看模拟末期的含油饱和度，在 **Results Graph** 中看看 **Field oil production rate**。注意打开水平井后提高的产量。