

第37期： STARS中如何模拟油藏初始原油粘度分布的非均质性

编写人：王建国

稠油油藏的初始原油粘度决定于油藏中烃类化合物的分子大小，环的数目和类型等。另外，原油粘度也受到成藏因素的影响，例如盖层封闭条件、断裂、不同阶段油气充注、油水界面处稠化作用等。对于某些稠油油藏，其粘度在平面上分布差异非常大，例如新疆六区齐古组油藏，粘度平面分布范围在 397mPa·s 至 725621mPa·s 之间。

常规的稠油热采数值模拟中，一般通过定义多套粘温曲线，指定不同区域的粘度初始分布。但这种方法无法精细描述油藏中原油粘度分布的非均质性。本期讲义介绍一种新的方法，模拟油藏中每口井、每个网格的初始粘度差异。

一、原理介绍

STARS 中油相粘度 μ_o 取决于该相中各组分的摩尔分数 X_i 及粘度 μ_{oi} ，如下式所示的线性混合准则：

$$\ln(\mu_o) = \sum_{i=1}^{n_c} X_i \ln(\mu_{oi}) \quad (1)$$

根据全油藏可获得的所有井原油分析化验资料，将最小粘度的原油定义为轻组分 Oil1，其粘度为 μ_{o1} ，将最大粘度的原油定义为重组分 Oil2，其粘度为 μ_{o2} 。则油藏中任意一口井原油可以理解为轻组分和重组分混合而成，其轻组分的摩尔分数为 X_1 ，重组分的摩尔分数为 $(1 - X_1)$ ，该井点粘度方程为：

$$\ln \mu_o = X_1 \ln \mu_{o1} + (1 - X_1) \ln \mu_{o2} \quad (2)$$

因为，任意一口井的原油粘度（实测） μ_o ，轻组分粘度为 μ_{o1} 和重组分粘度为 μ_{o2} 均为已知，则该井点处的轻组分和重组分摩尔分数分别为：

$$X_1 = \frac{(\ln \mu_{o2} - \ln \mu_o)}{(\ln \mu_{o2} - \ln \mu_{o1})} \quad (3)$$

$$X_2 = 1 - X_1 \quad (4)$$

根据以上方法，可以计算出油藏所有已测粘度井的轻、重两种组分的摩尔分数，然后再利用 Builder 中井点插值功能计算出整个模型所有网格的轻、重组分摩尔分数场。利用轻、重组分的摩尔分数场及粘度值，STARS 模拟器则可以计算出任意一个时间、任意一个网格的粘度值，这样就可以精确定描述油藏原油粘度分布的非均质性。

二、操作步骤

第1步：准备好实测的每口井原始条件下的原油粘度数据，如表1所示。（注：本文所用数据均为虚拟数据，请勿较真，若需操作练习，请自备数据。）

表1 实测井点粘度数据（20℃）

井号	实测粘度, mPa.s
w003	8783
w004	6234
w005	6223
w006	4957
w007	10500
w008	3608
w009	4120
w011	2000
w013	3217
w015	8255
w016	5751

在组分定义部分定义 Oil1 和 Oil2 两种组分，并定义其密度、粘度等相关属性。根据实测井点粘度数据，可以看出粘度的最小和最大值分别为 2000 mPa·s 和 10500mPa·s。则轻、重组分在原始油藏温度下的粘度分别 $\mu_{o1}=2000$ mPa·s；和 $\mu_{o2}=10500$ mPa·s。

第2步：定义轻、重组分的粘温曲线。因为已知原始油藏温度下的粘度值，根据粘温曲线的统计规律，可以推算出多个温度点的粘度值。如表2所示。

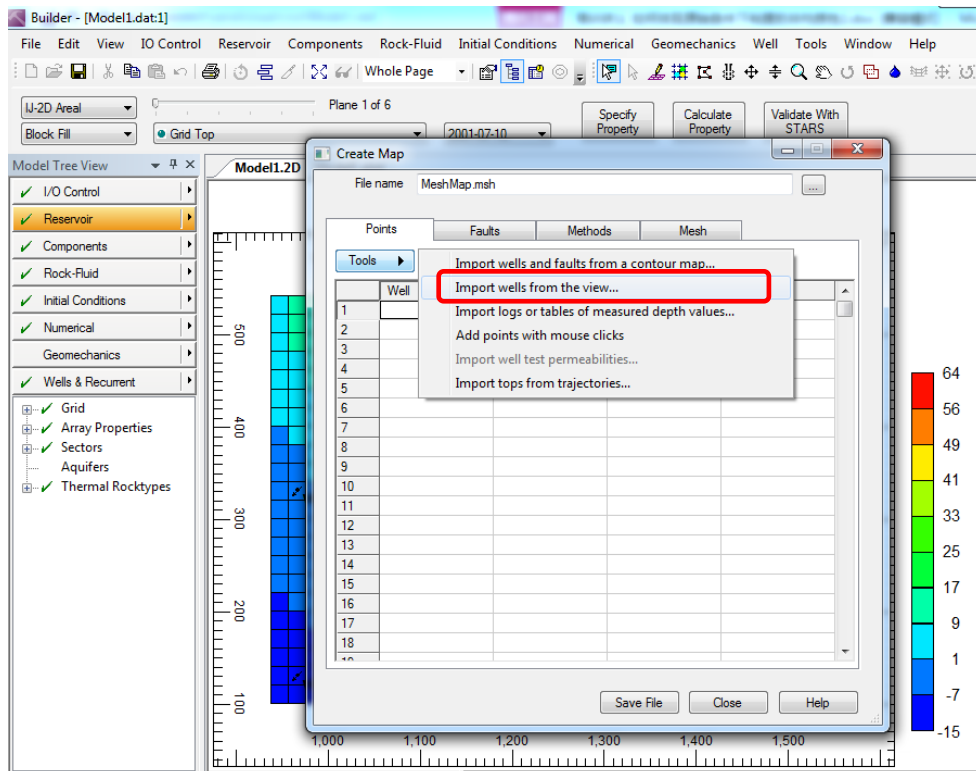
表2 轻、重组分粘温曲线表

温度, °C	轻组分粘度, mPa.s	重组分粘度, mPa.s
15	2377	13889
20	2000	10500
50	190.6	10532
80	21.9	2096
150.0	1.84	100.0
200.0	0.64	15.19
280.0	0.02	3.00
360.0	0.01	2.00

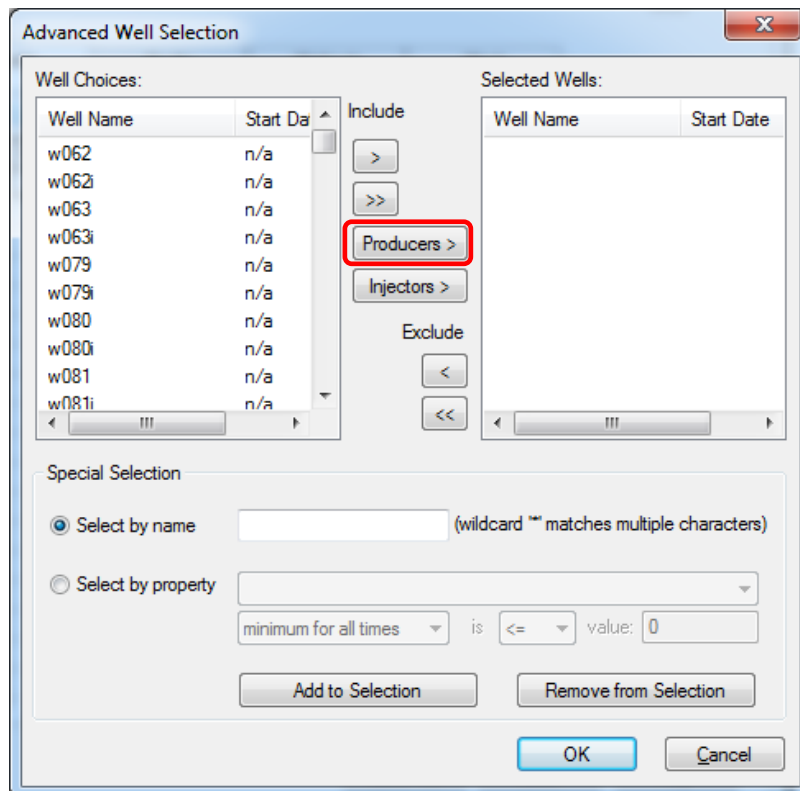
第3步：根据公式（3）计算出每个井点轻、重组分的摩尔分数，其数值在 0 和 1 之间。

第4步：利用 Builder 对轻组分摩尔分数进行井点插值。打开 Builder→File→Create Map File，在弹出的界面中点击 Tools→Import wells from

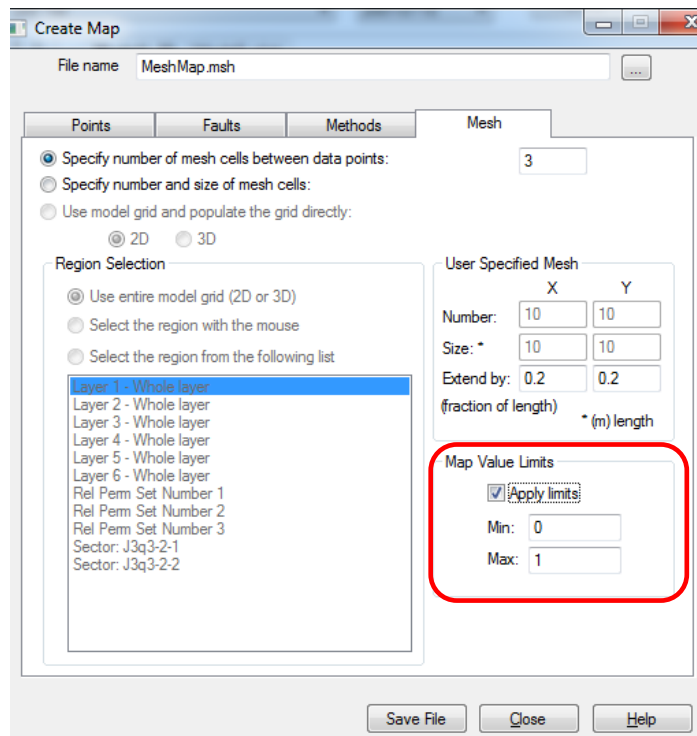
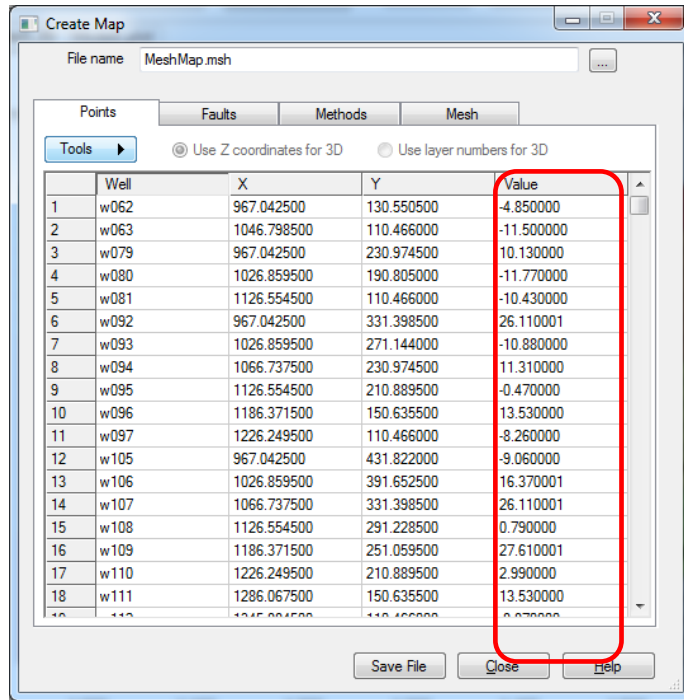
the view，以导入井名和井位坐标。

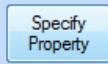


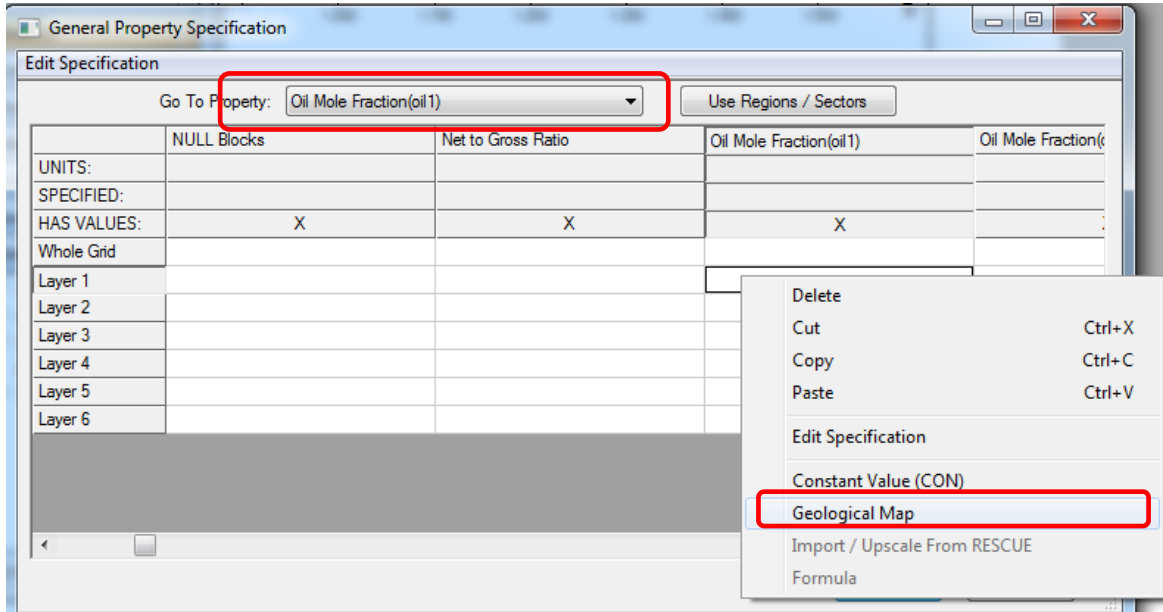
在弹出的界面中点击 Producers，选择添加油井，然后点击 OK。



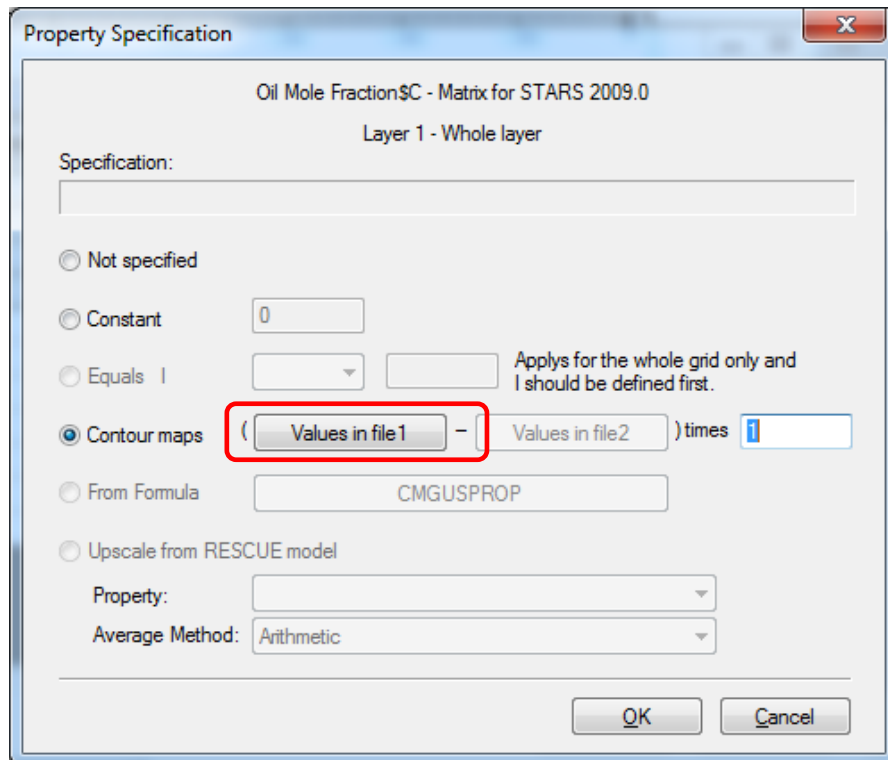
在弹出的界面中将数值列的数据替换成第 3 步计算的每个井点的轻组分摩尔分数。然后在本窗口的 **Methods** 选项卡中选择合适的插值方法，并在 **Mesh** 选项卡中选中 **Apply limits** 复选框，这样插值后就不会超出 0 和 1 的范围。最后点击 **Save File**，生成以 **msh** 为后缀的文件。（注：*.msh 文件是一种散点数据的保存格式，其功能与 Windig 格式的文件*.dig，以及 Atlas 格式的文件*.bna 相同。）



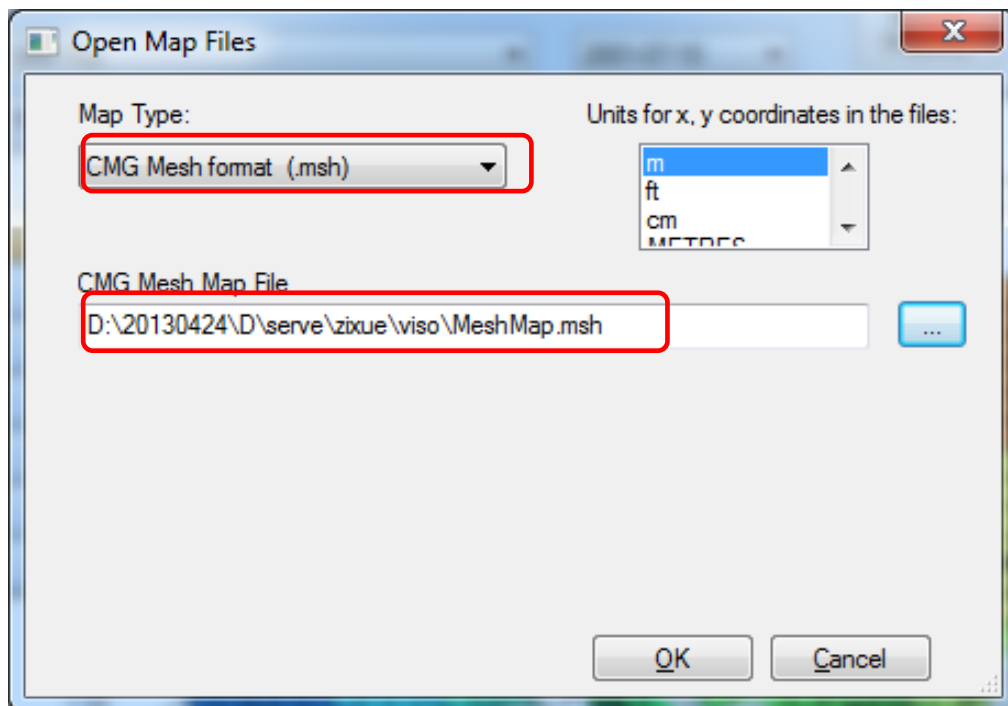
第5步：在 Builder 中将生成的*.msh 文件数据定义成轻组分摩尔分数。打开 Builder, 点击  按钮, 在 Go To Property 后面的下拉菜单中选择 Oil Mole Fraction (oil1)。



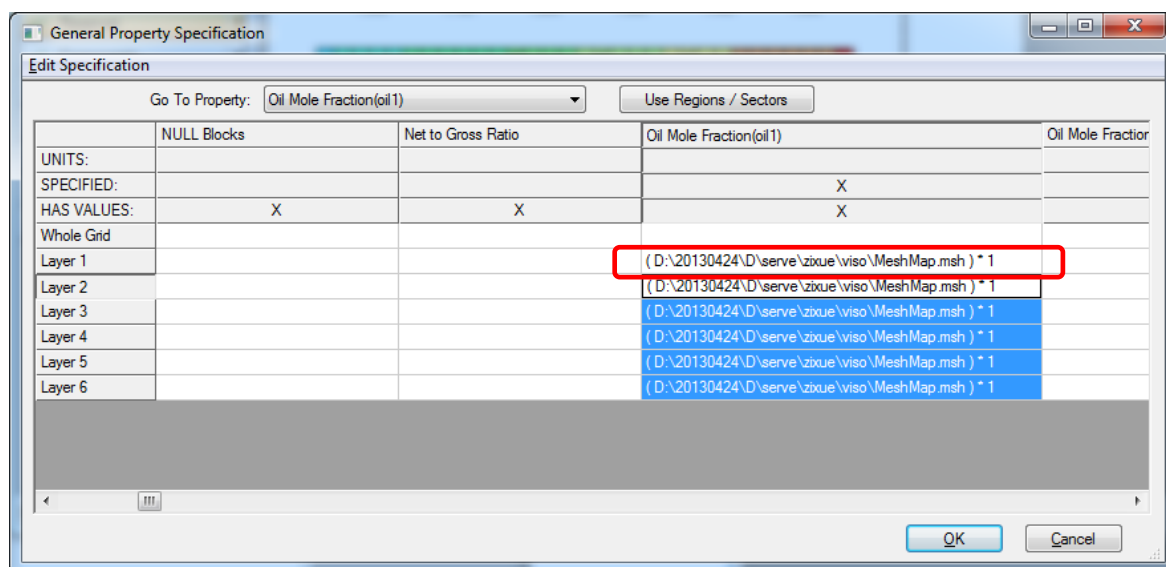
在 Oil Mole Fraction (oil1)对应的 layer1 空白网格处点右键, 选择 Geological Map, 在弹出的界面中, 点击 Values in file1。



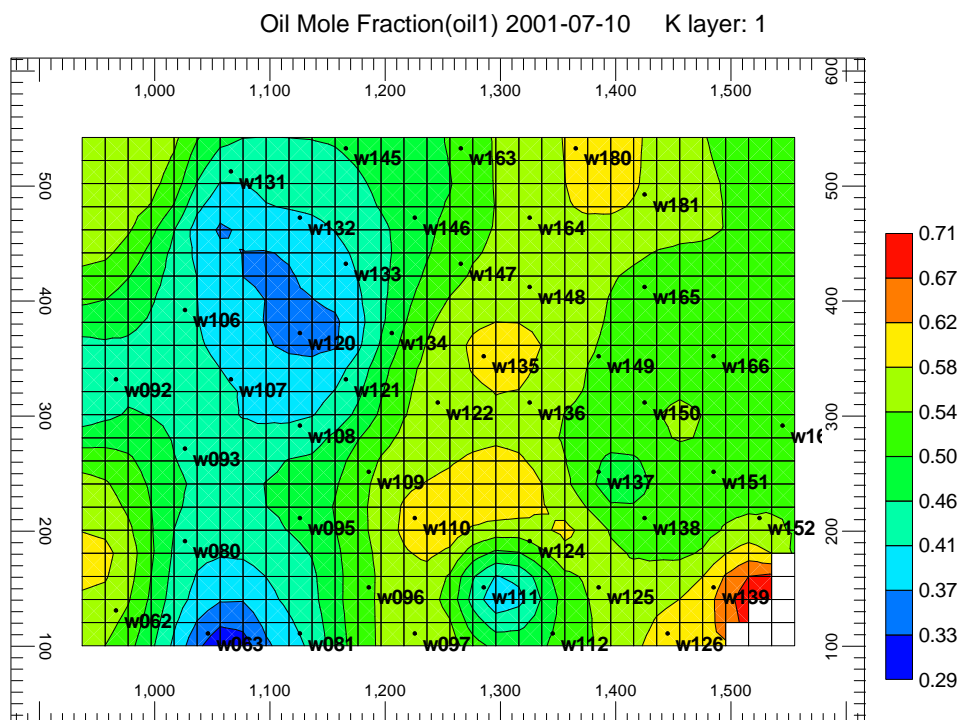
打开 Open Map Files 界面。文件类型选择 CMG mesh format，选择合适的单位制，然后打开第（4）步生成的*.msh 文件。



点击两次 OK，回到下图所示的界面中。选中图中红色框中的部分，通过“Ctrl+C”和“Ctrl+V”操作拷贝到其他层上。



点击 2 次 OK，即可得到轻质油的摩尔分数场。



模型运算后得到的初始粘度场如下图所示。

