

第 38 期：利用 Builder 的地质统计学建模功能建立地质模型

编写人：孙明月

目 录

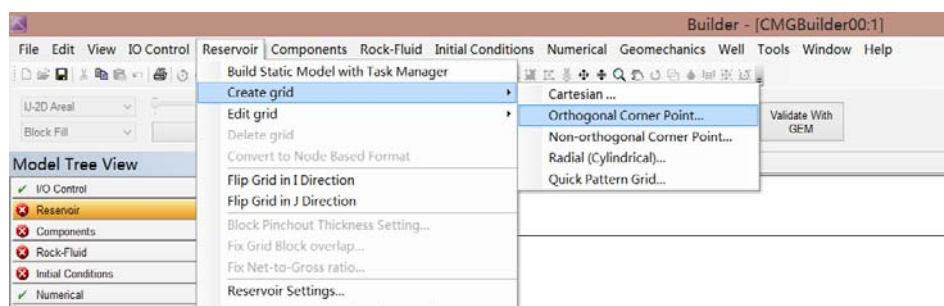
一、建立地质模型方法综述	2
(一) 手工建模法	2
(二) 快速井网建模法	2
(三) 井点插值建模法	3
(四) 地质统计学建模法	4
(五) 地质建模软件数据导入法	4
(六) ECL 数据体导入法	4
二、利用 Builder 的地质统计学建模功能建立地质模型	5
(一) 地质统计学方法	5
1. 选择标准对象建模	5
2. 沉积环境	5
3. 数据条件适应性 (Conditioning Data.)	6
4. 对象维数 (Object dimensions)	6
5. 地震数据	6
(二) 使用 Builder 创建地质模型流程	7
(三) 使用 Builer 进行相控建模流程	28

一、建立地质模型方法综述

地质模型是指反映油气藏基本特征和空间分布规律的实体，是做好数值模拟研究的前提和基础。在用 CMG 软件进行数值模拟研究时，我们建立地质模型的方法可以分为以下几种：

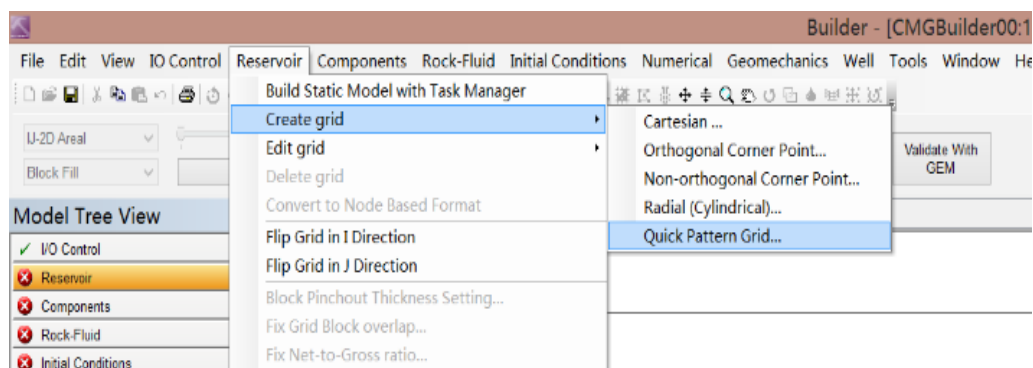
（一）手工建模法

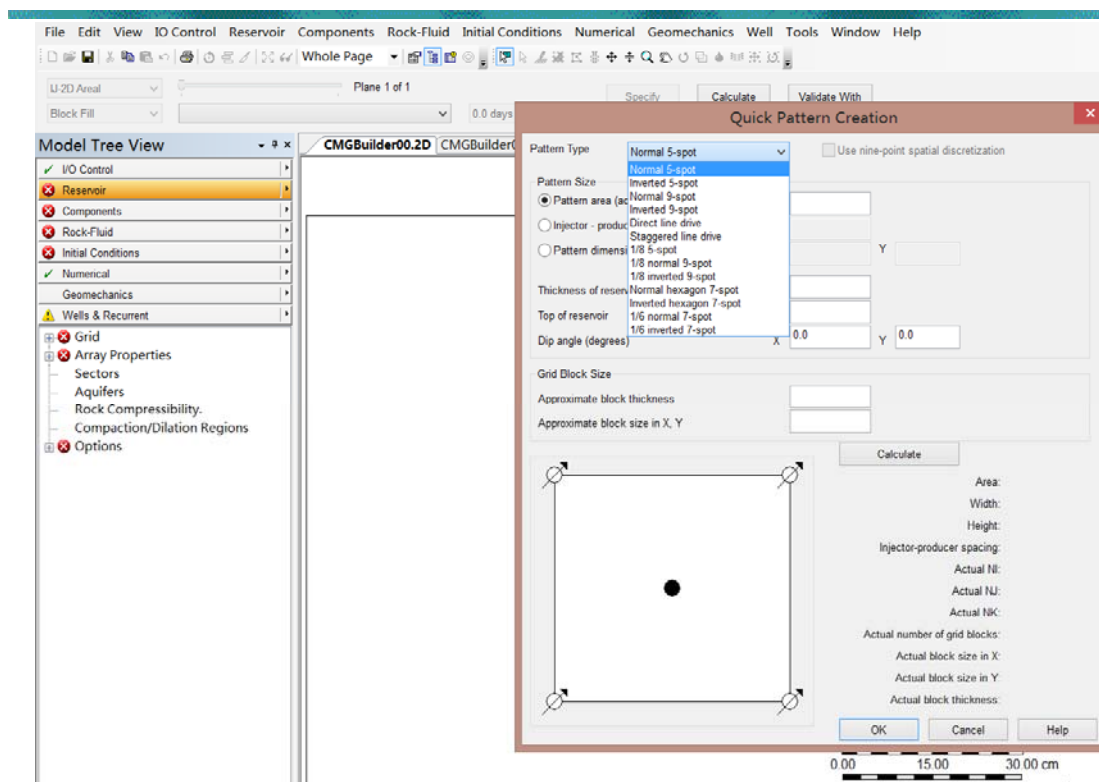
根据需要模拟油藏的规模，手工计算网格数目和步长，这种方法适用于建立简单的机理模型。可以建立直角、角点（正交或非正交）及径向网格，如下图：



（二）快速井网建模法

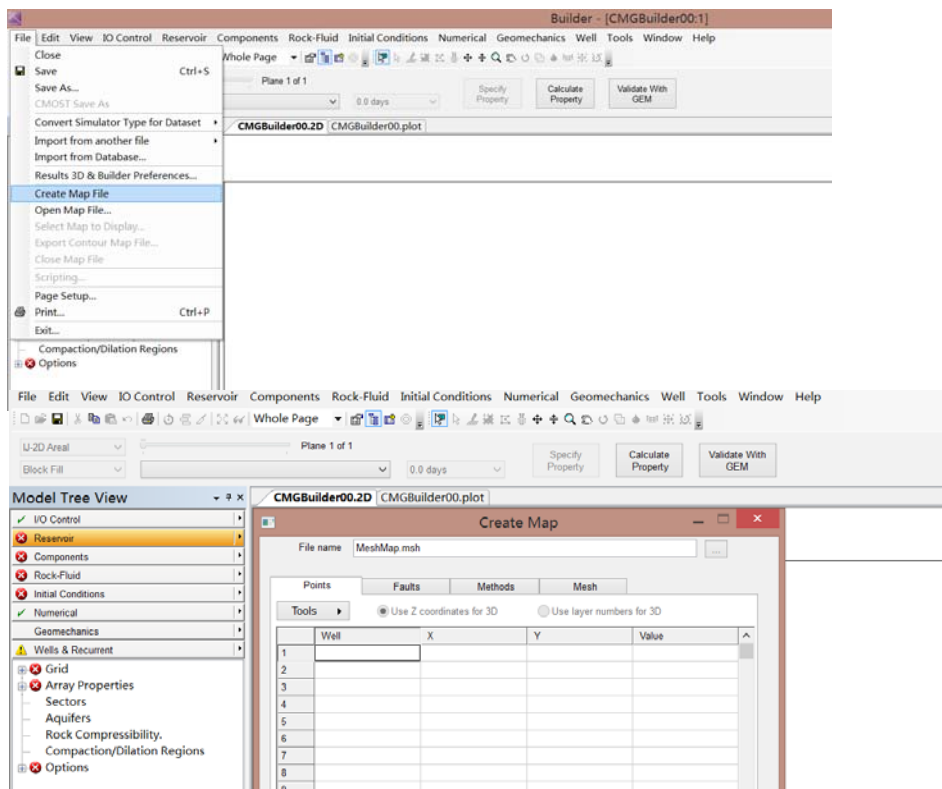
利用 Builder 的快速井网建模功能（Quick Pattern Grid），输入井网面积、井距及网格步长后，Builder 自动建立各种井网模型，如下图：





(三) 井点插值建模法

在已知井位坐标及井点属性的情况下，通过井点插值的方式得到各层属性的等值图，建立地质模型。



（四）地质统计学建模法

如果您有测井解释成果数据、分层数据等，而又没有或不想用专业地质建模软件，您可以使用 Builder 自带的地质统计学建模功能建立精细的地质模型，包括相控随机性建模。本讲义将详细讨论这种方法。

（五）地质建模软件数据导入法

Builder 可以导入大多数主流地质建模软件建立的模型，利用 Resuce 文件格式整体导入网格、属性及井数据等。具体可参考讲义“第二期：petrel 模型导入 CMG 的操作流程”。

（六）ECL 数据体导入法

Builder 可以导入 ECL100 软件的数据体，具体可参考建议“第一期：ECLIPSE 黑油模型转成 CMG-STARS 热采以及化学驱模型使用教程”。

二、利用 Builder 的地质统计学建模功能建立地质模型

如上所述，在创建数值模拟模型时，地质模型通常是使用其他软件创建好的模型直接导入 CMG 的。而有些时候往往缺少地质模型，又对其他地质模型软件不熟悉，这时不妨尝试直接用 Builder 建立地质模型，下面分理论和操作两方面来详细介绍。

（一）地质统计学方法

地质统计学方法（高斯模拟）类似于普通克里金方法，可以创建一个油层的顶部构造图和厚度等值线图，也能通过对临近数据加权平均计算预测值。相比克里金方法仅仅能够加权平均，高斯模拟实际可以计算一个关于加权平均值的误差变量，用这个误差变量可以使用变量图模型模拟，这样的话，预测数据将会展示更多的非均质模型，这一点与普通克里金方法生成的非常平滑的模型相反。这种方法用于模拟像孔隙度这样的属性，非常贴近期望值。另外的优势就是它能生成多种版本的孔隙度值，可以用于不确定性分析。事实上，如果相同的数据做了很多的高斯模拟，计算它们的平均值，你将会发现这一结果非常的接近普通克里金方法的计算结果。因此，普通克里金方法能够看做

对比普通克里金方法，高斯模拟应该叫做变量模拟。用高斯模拟，数据会自动正态分布转换。因此，这是一个关于需要计算和模拟数据的正态分布变量图。

1.选择标准对象建模

目前地质统计学从业者提倡两种模拟方法，一个是对象建模（Object Modeling），一个是序贯指数模拟法（Sequential Indicator Simulation (SIS)）（builder 目前还不能用）。目前没有通用的规则来明确使用哪个，但是对象建模（Object Modeling）更适用于衍生。

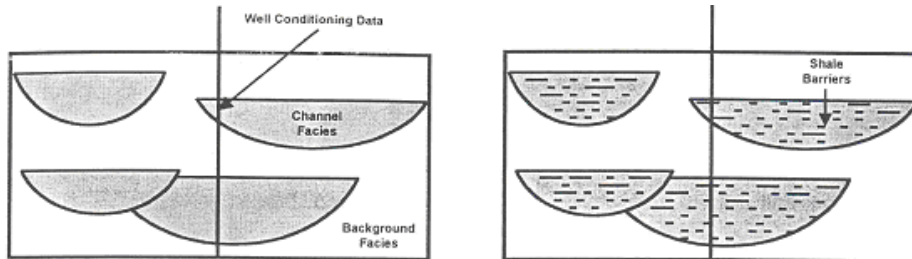
2.沉积环境

对象建模（Object modeling）可以用于河流相、三角洲相、海相等环境沉积。在这些环境中大多数相比如，河道、河口坝、天然堤和不同类型的页岩等，以一定的规律把他们埋藏在地下，分散的对象，用单一的形状就可以展示。通常地质学家可以依据现代河流的相似性、露头、地面侵入雷达和地震数据，估计面积和相的体积百分含量。对象建模（很少用于碳酸盐沉积，因为这些相经历了沉积后

过程，例如，白云岩化。因此，在碳酸盐环境中，很难估计沉积相的形状和估计他们的面积。对象建模的应用软件值得引起注意的是可以应用横向连续分布的定量法，除了薄的、碳酸盐环境中的沉积体。

3.数据条件适应性（Conditioning Data.）

对象建模（Object modeling）善于模拟早期评价阶段的油藏，比如当井数据较少的情况下。不过，当几口井距离较近和当沉积相延伸穿过多底井时，用对象建模模拟是比较困难的。但对于序贯指数建模（SIS）来说，是没有问题的。



对象建模（Object modeling）善于处理模拟沉积相的体积分数，相的体积分数是小的，背景相的体积分数是大的。例如包括有一个油藏以砂岩为背景相，页岩相体积分数占 5%，或者是一个油藏河道相体积分数为 30%，其他为页岩背景相。对象建模不能模拟特定的面积，例如主体沉积相的体积分数很大和具有相同数量级的。另外，存在剥蚀的模拟很困难，模拟结果是很反常的形状。

4.对象维数（Object dimensions）

对象建模（会遇到很多困难，当相对于井距和模拟的区域对象维数很大时，会产生很多枝节。不如，当一个标志点模拟过程中，想把对象放置到一个条件井（conditioning well）上，而用于面积过大延伸到了临近的井附近，而临近的井没有条件数据（conditioning data），所以模拟过程中需要迭代过这个冲突点，但是由于对象维数太大，甚至几次迭代都不收敛。

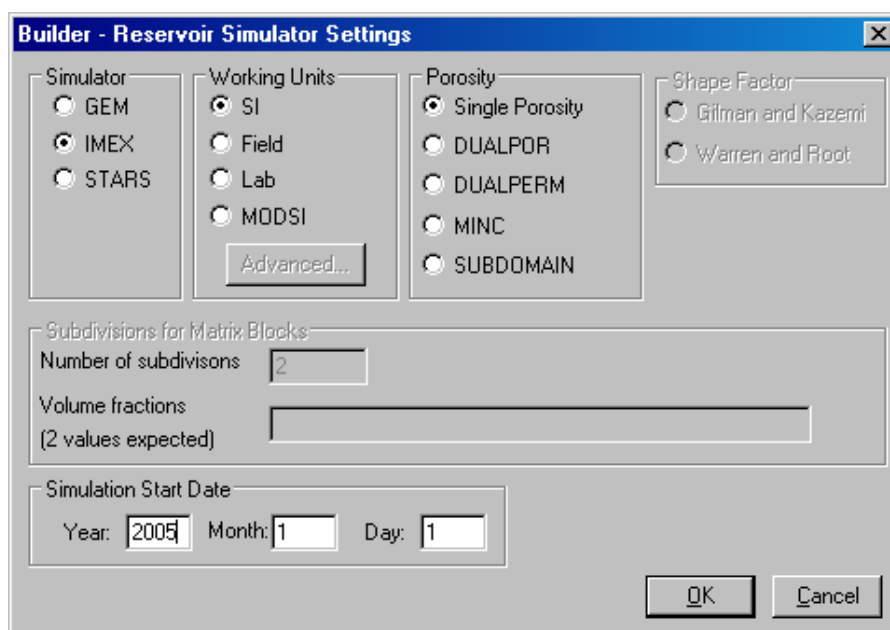
5.地震数据

地震数据不适合用于对象建模。标志点过程模拟中没有现成的油藏属性值可用，不过最近发明了地震反演技术。地震反演技术可以提供油藏属性，它可以得出相对应的沉积相或者沉积相的走势及平面上相的变化。有一个建议关于合并地震属性数据和标志点过程，这可以用更低的地震阻抗来区别河道和分储集层相。然而，结果是存在局限性的，这一技术更多的评价计算中是需要证明合并地震属性数据的有效性。

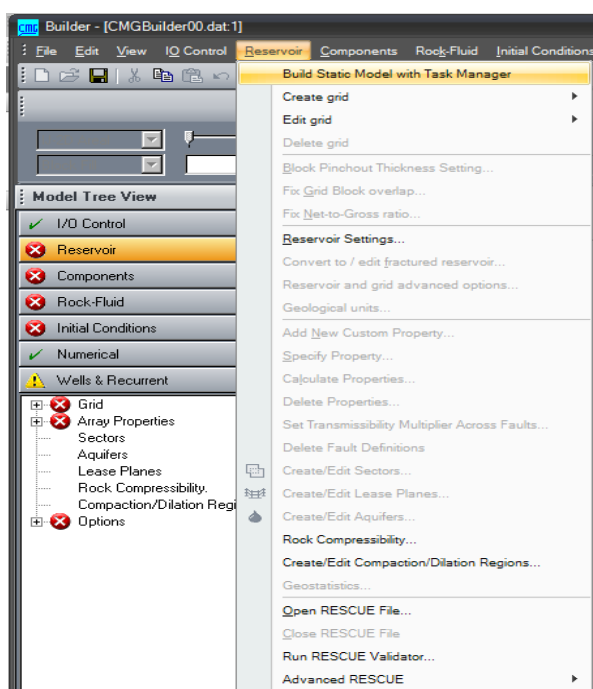
(二) 使用 Builder 创建地质模型流程

建模所需要的文件在 **task_manager** 文件夹中。

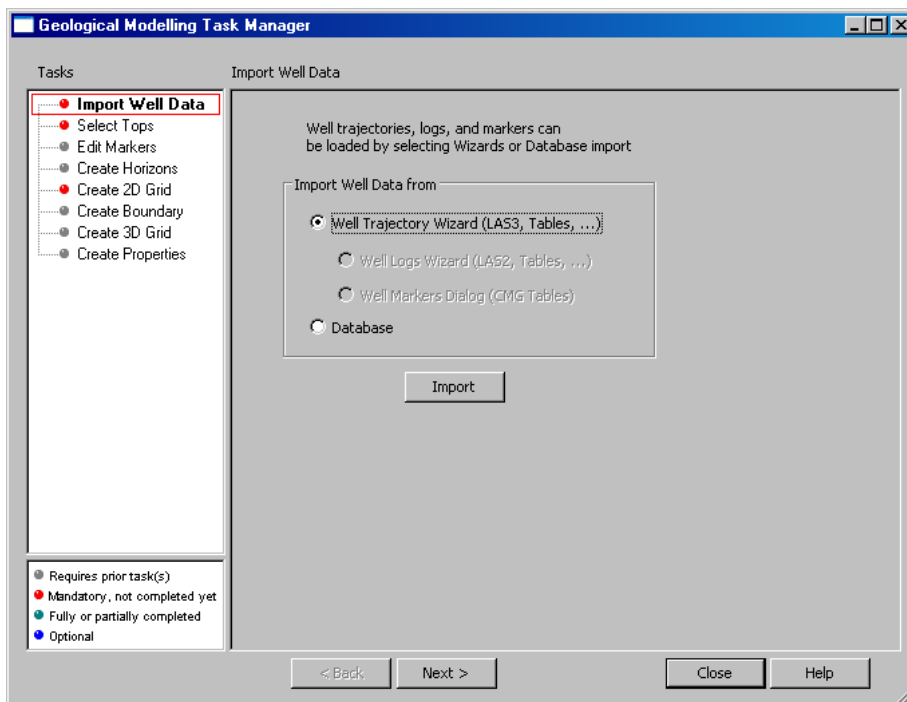
1. 启动 Launcher，打开 CMG 主界面
2. 打开 Builder (双击图标)
3. 选择：
 - IMEX Simulator, SI units, Single Porosity
 - Simulation Start date 2005-01-01, “Ok” 2 次




4. 在 **Reservoir** 选择 **Build Static Model with Task Manager**.



5. 将会得到下面的对话框



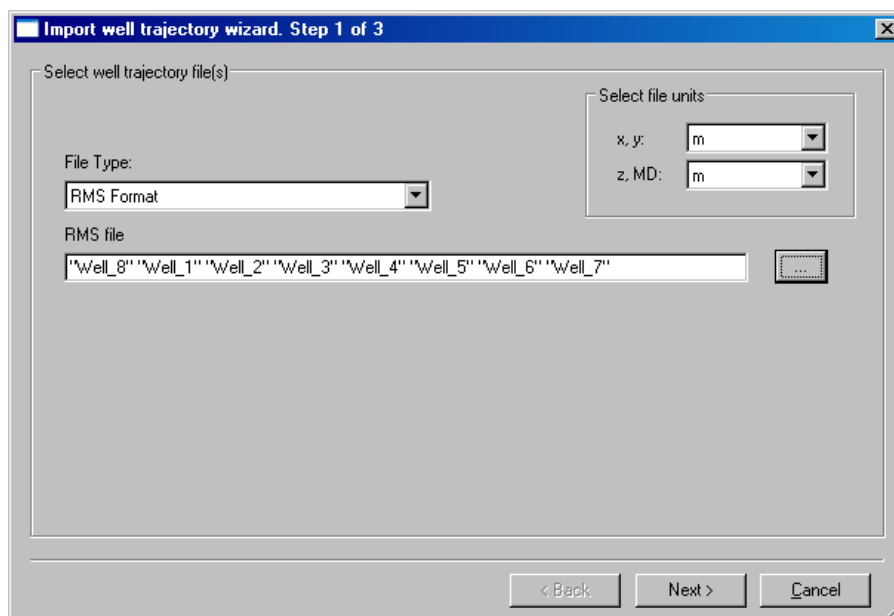
选择默认选项 **Import Well Data from Well Trajectory Wizard**. 输入井轨迹数据。

点击. 

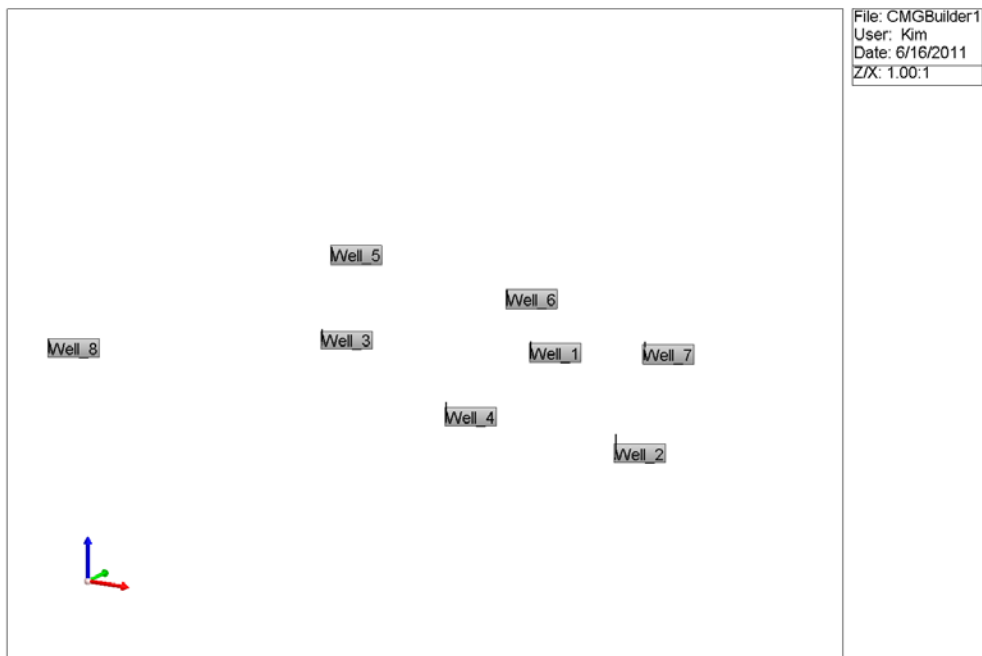
6. 选择文件类型：RMS Format;


单位： x,y: **m** 和 z, MD: **m**;

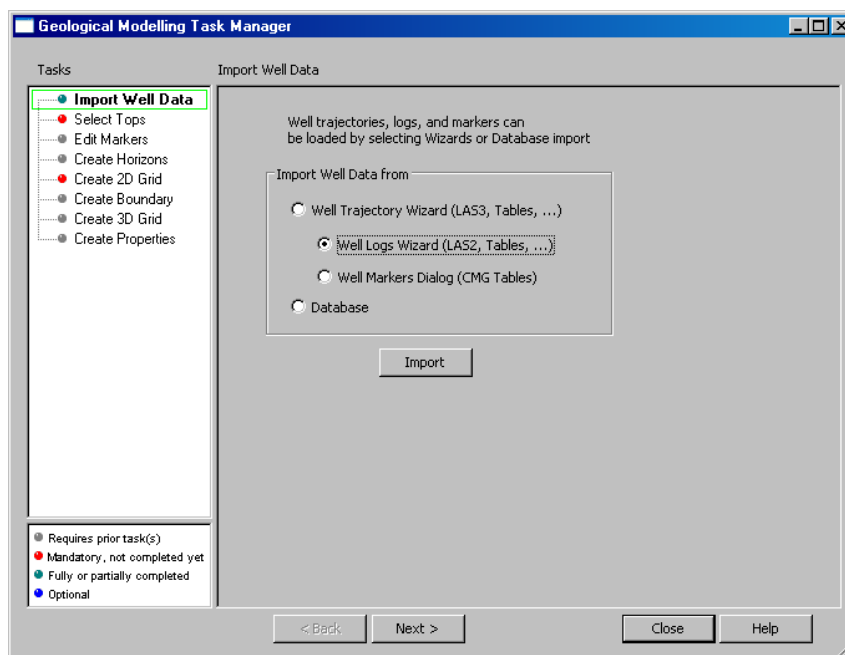
RMS file: 选择所有的井‘well 1 ~well8’




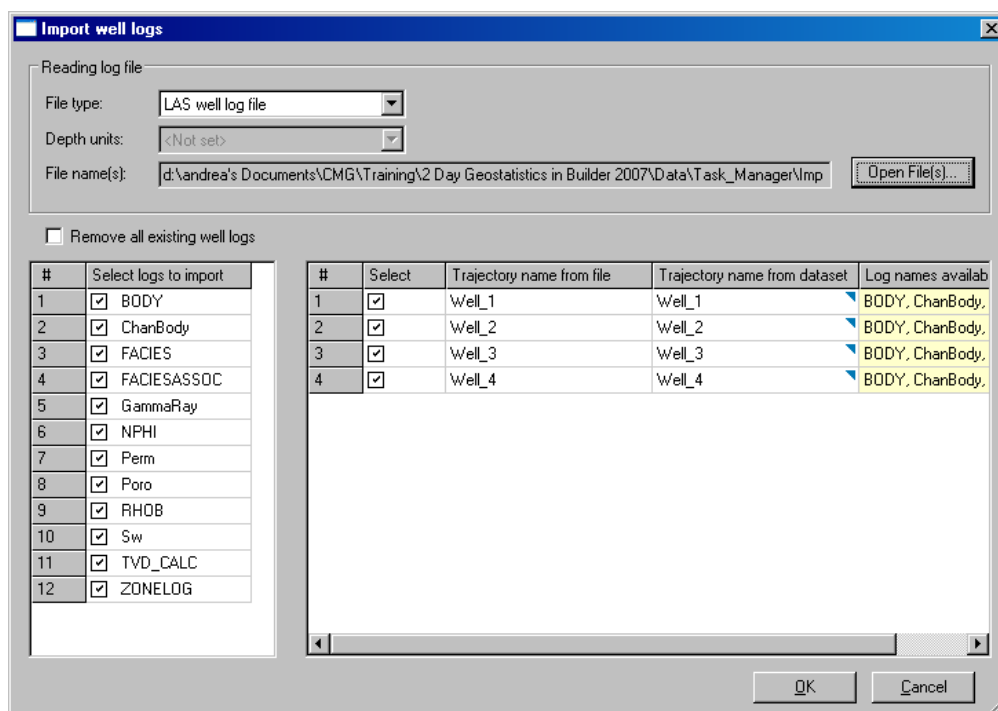
7. 单击 **Next**, 弹出对话框, 关于某些井没有输入测量深度的警告, 点 **Yes, Next** 和 **Finish**. 把任务管理窗口挪到一边, 就可以看到 3D 中的井轨迹。



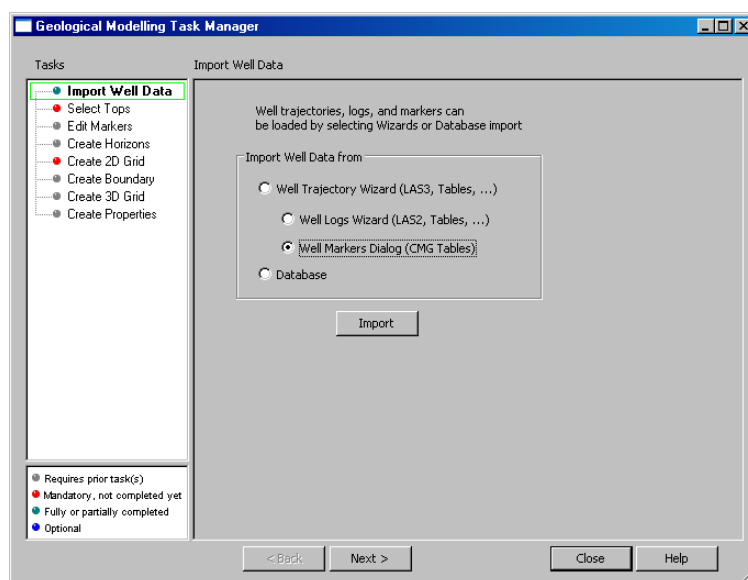
8. RMS 格式已经有了一定的测井信息, 然而, 这还有一些额外的 4 口井的测井曲线, 是*.LAS 格式的。现在应该将其导入到地质模型中, 选择 **Import well Data from Well Logs wizard (LAS2, Tables, ...)**, 点击 



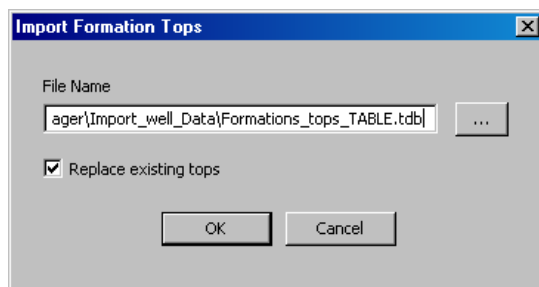
9. 点击 **Open File(s)...** 按钮  and 选择 4 口井的数据， 然后点击 **Open**. 选择所有的井和测井曲线， 然后点击 **OK**.



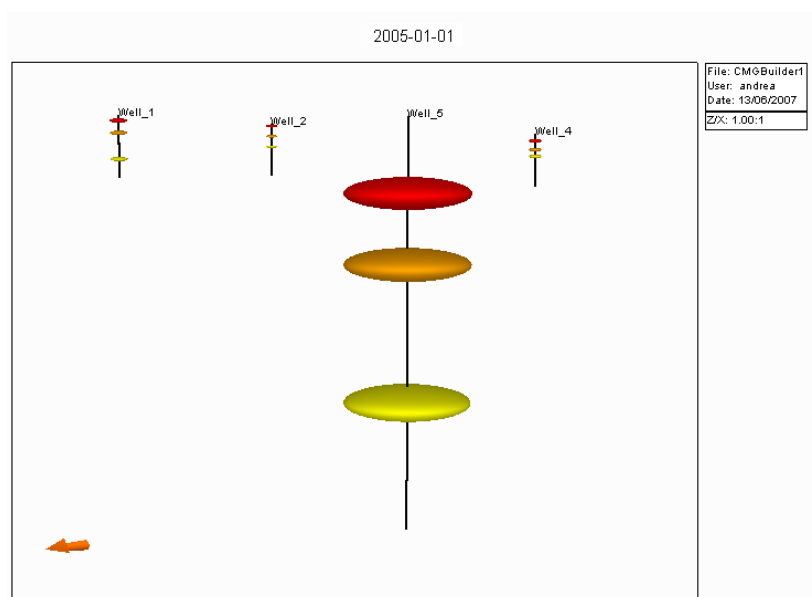
10. 在输入井轨迹和测井曲线后，紧接着就要导入井的分层数据。还是在地质模拟任务管理窗口选择 **Import Well Data from Well Markers Dialog (CMG Tables)**，然后点击 **Import** 按钮



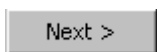
11. 浏览分层数据的文件夹， 然后找到文件“**Formations_tops_TABLE.tdb**” 这个文件时 CMG 格式的(详情请看 builder 用户指导)。选择 **replace existing tops**. 点击 **OK**.



挪开地质模型任务管理窗口，将能够看到各个井的分层点。



12. 单击 **Next** 按钮



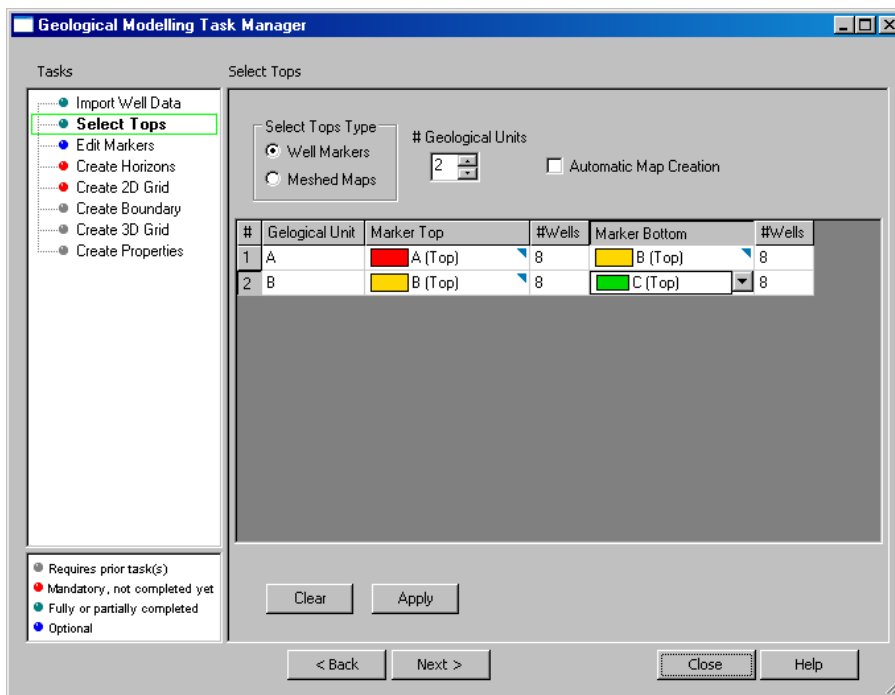
13. 选择 **Well Markers** 作为顶的类型. 选择 **2** 地质单元. 可以做 3 个标志层., 这样 A (Bottom) = B (Top) and 和 B (Bottom) = C (Top)

#	Geological Unit	Marker Top	#Wells	Marker Bottom	#Wells
1	A	A (Top)	8	B (Top)	8
2	B	B (Top)	8	C (Top)	8

Legend:

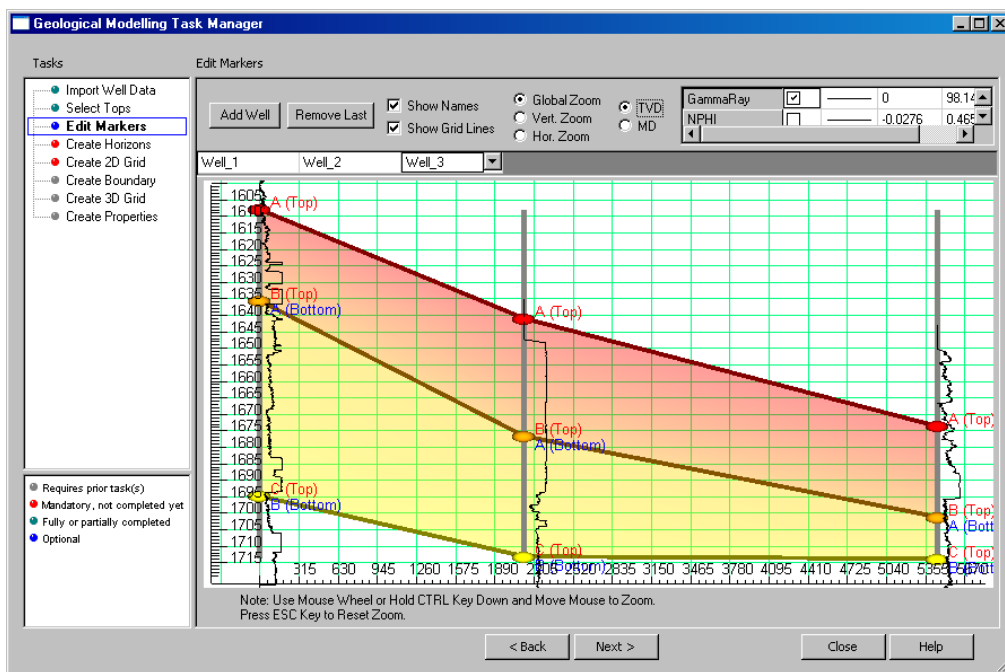
- Not Selected
- A (Top)
- A (Bottom)
- B (Top)
- B (Bottom)
- C (Top)

最后选择的构造顶部的任务窗应该和下边的一致。



点击 **Next.**

14. 现在在编辑标志层任务窗口，可以对比测井曲线对应的分层点位置是否准确。点击 **Add Well** ，可以添加不同的井，在右上角选择想要展示的测井曲线。

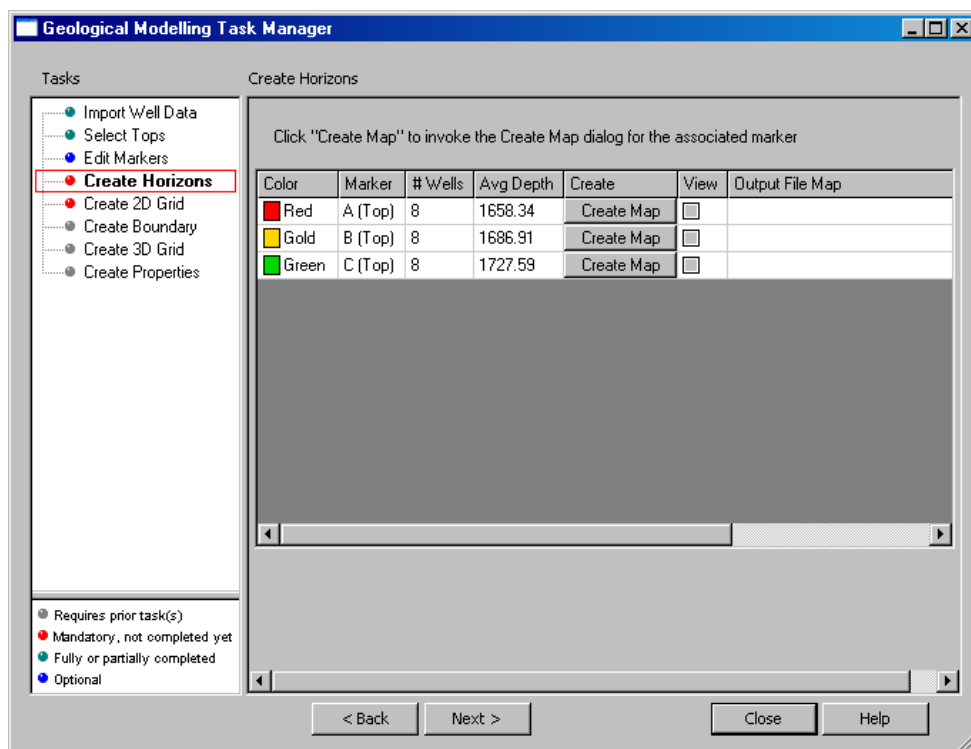




鼠标点住井的标志点，可以上下移动。可以对比分层，修改它们的位置。也可以选择不同的视角，比如 TVD 和 MD，放大缩小等功能。

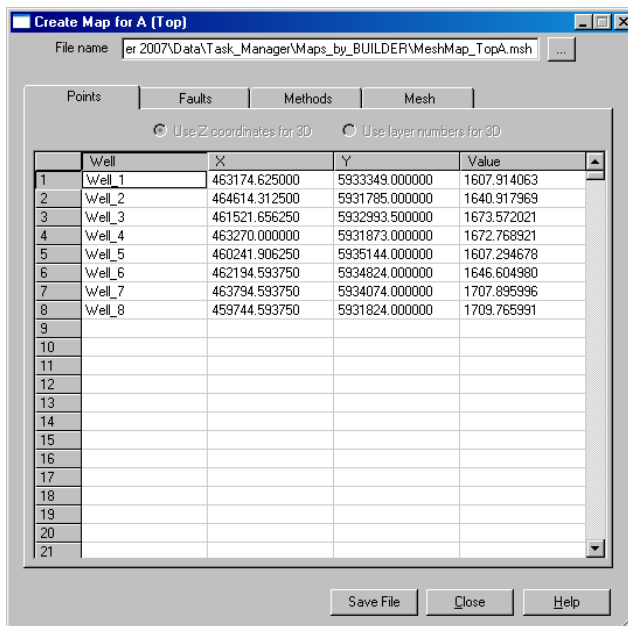
点击 **Next**

Next >

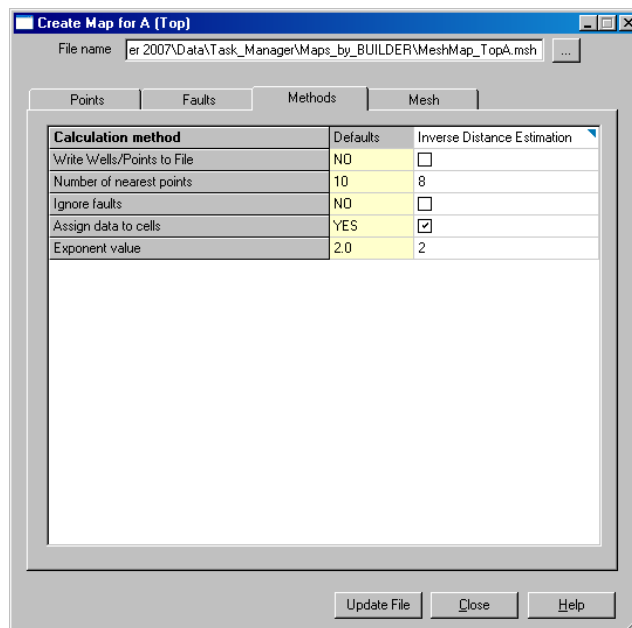
15. 创建一个水平面

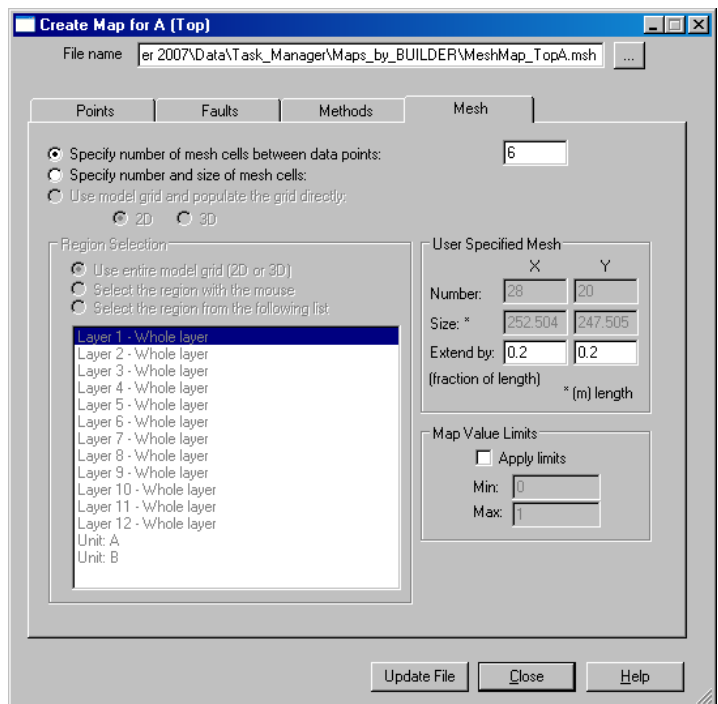


16. 需要创建三个水平面。 点击 **Create Map** 按钮 ， 创建每个水平面都会弹出一个窗口，会自动将井的坐标 (X Y) 和顶部构造值导出。点击查找按钮  编辑图名，**MeshMap_TopA** 保存到相应的文件夹。

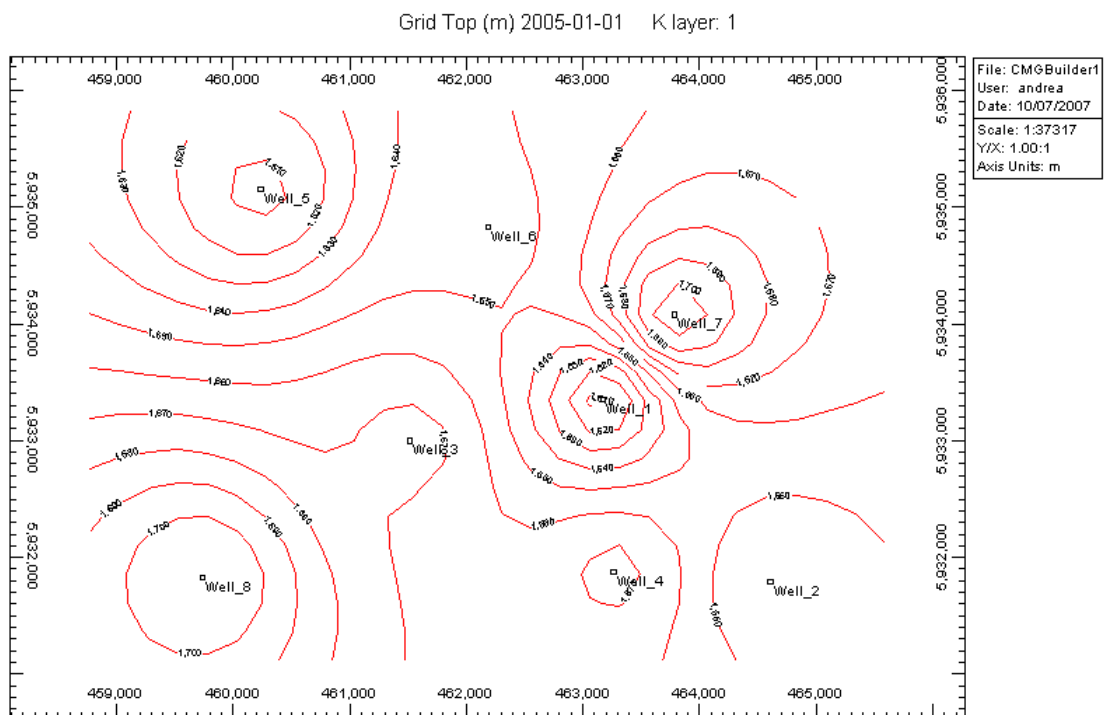


17. 计算方法 **Calculation method**, 选择 **Inverse Distance Estimation**, 点击 **Update File**, 生成等值线图。



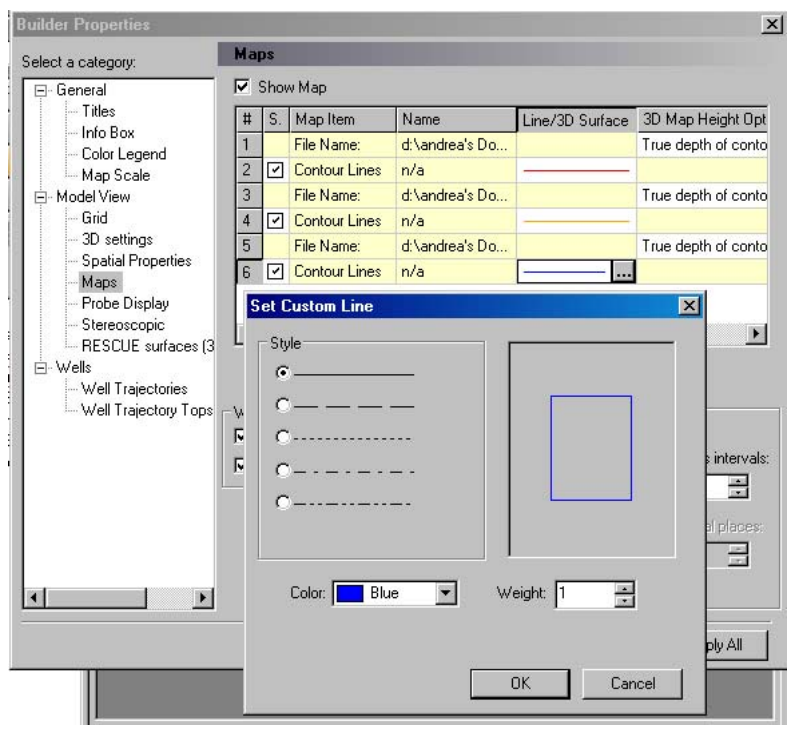


展示一下构造等值线图：

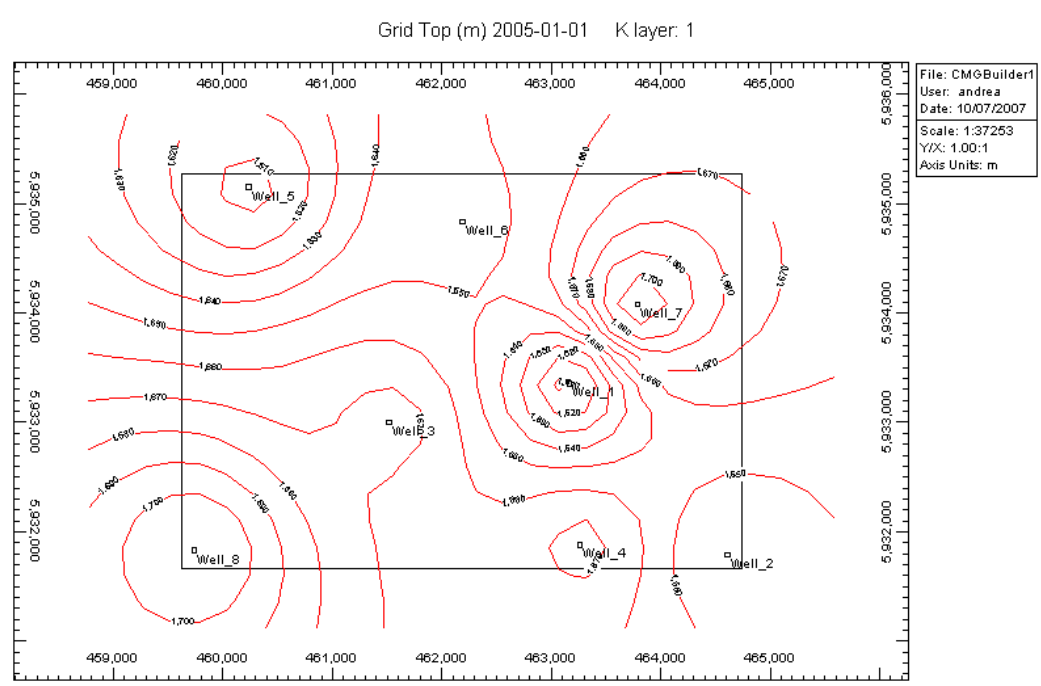


18. 重复第 17 和 18 步为建立 Tops B and C. 依次命名为 **MeshMap_TopB** 和 **MeshMap_TopC**。

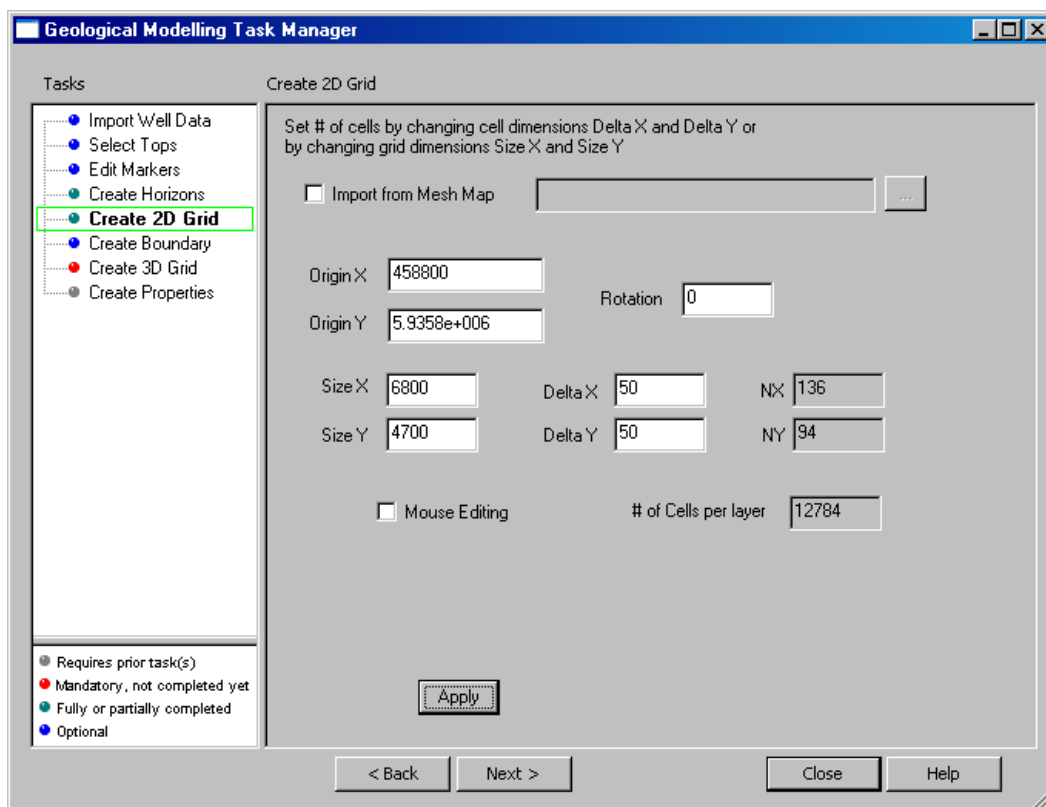
在 Builder 界面下，点击  **Set/modify properties**，可以编辑曲线类型和颜色。



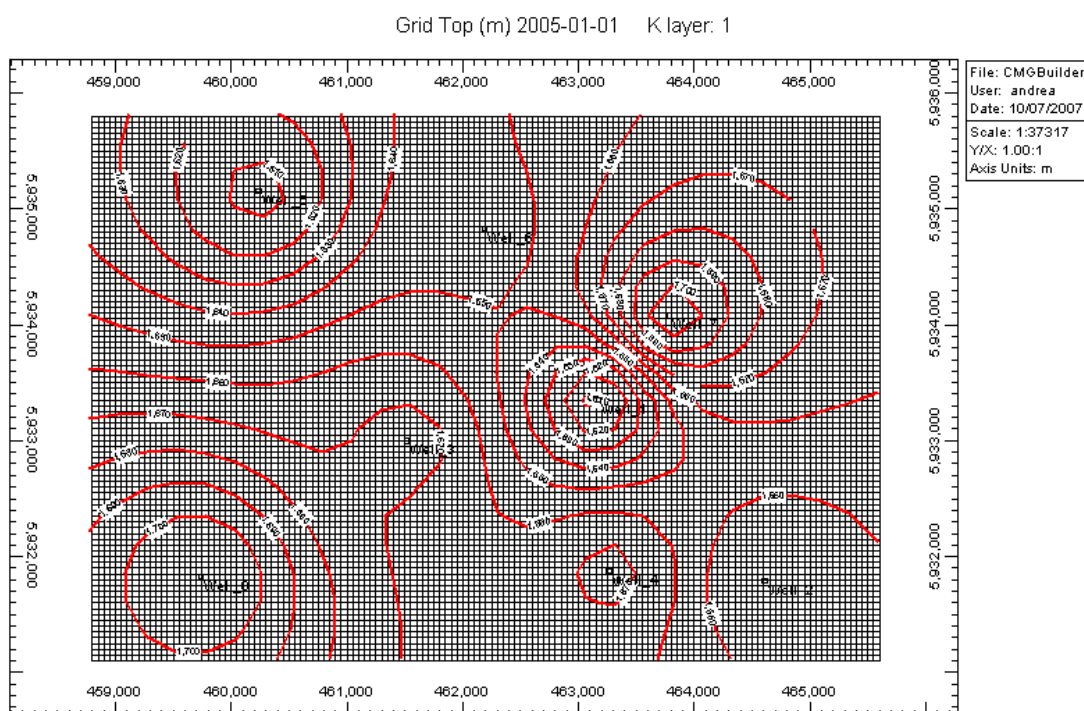
19. 点击 **Next >** 创建等值线图。



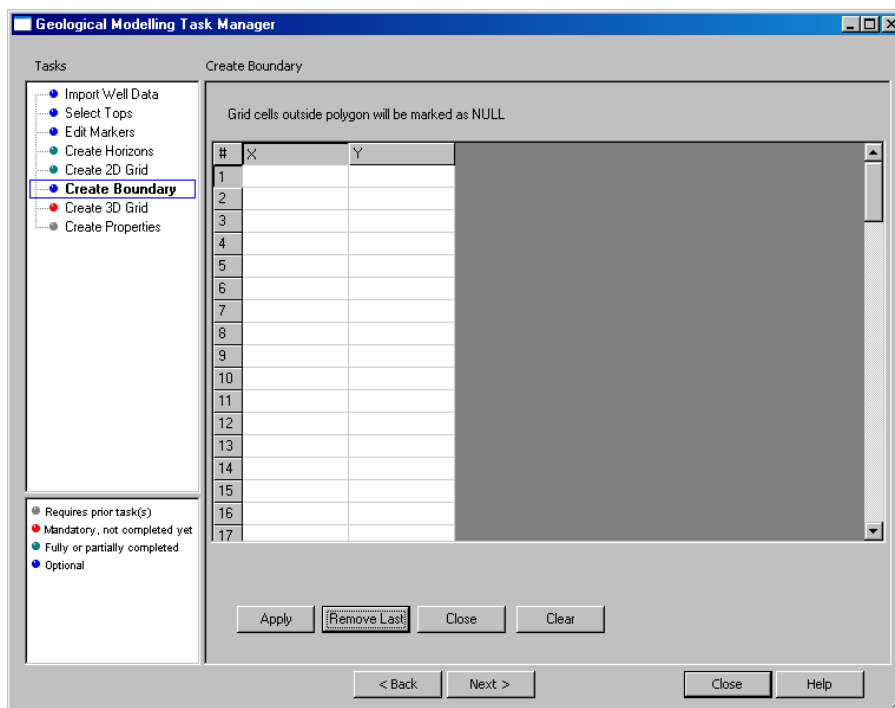
调整网格大小，确定网格范围。



点击  生成网格。

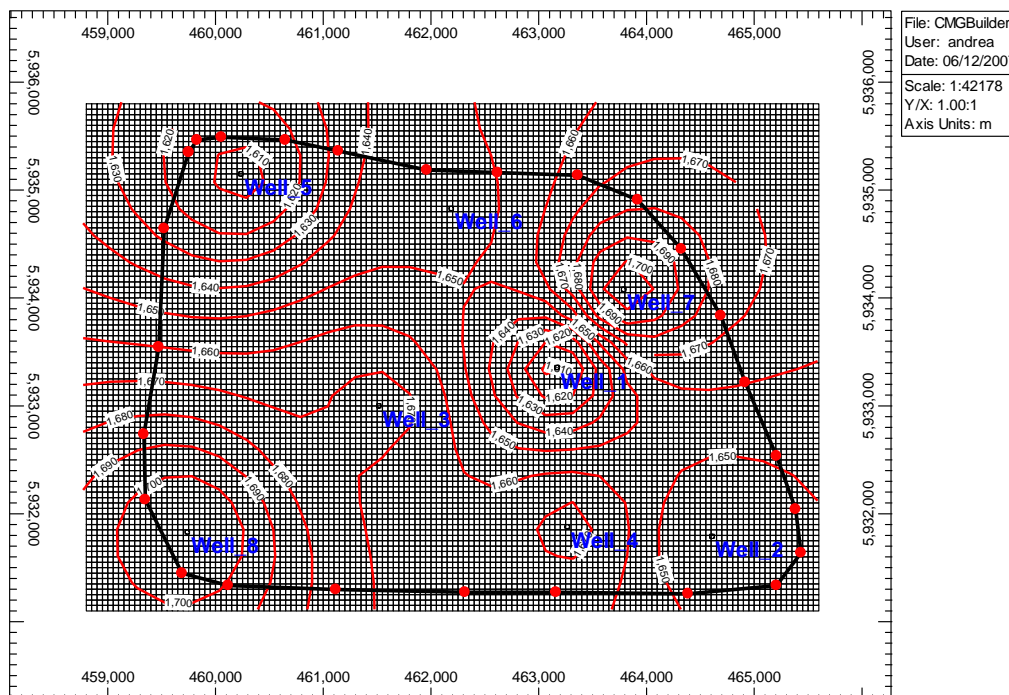


20. 点击  创建边界。

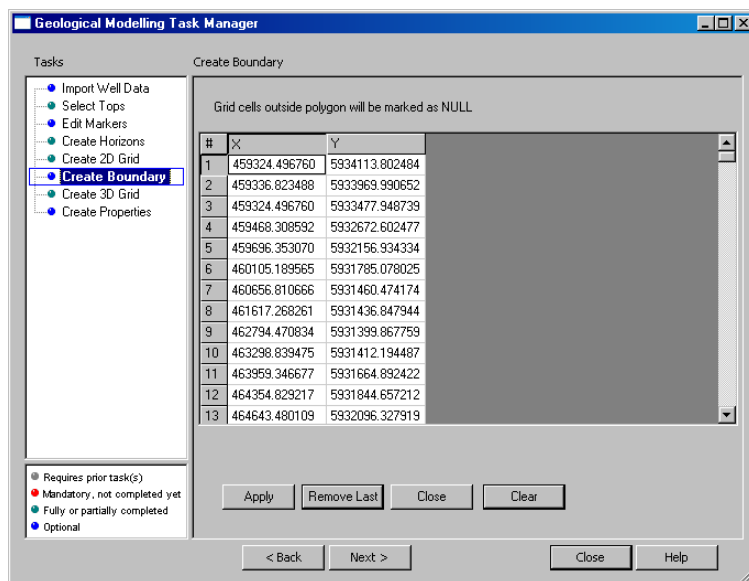



移动光标在选定的边界上依次点击，连接成一个圈闭范围。

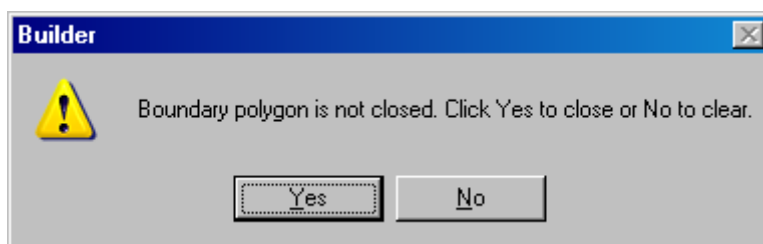
Grid Top (m) 2005-01-01 K layer: 1



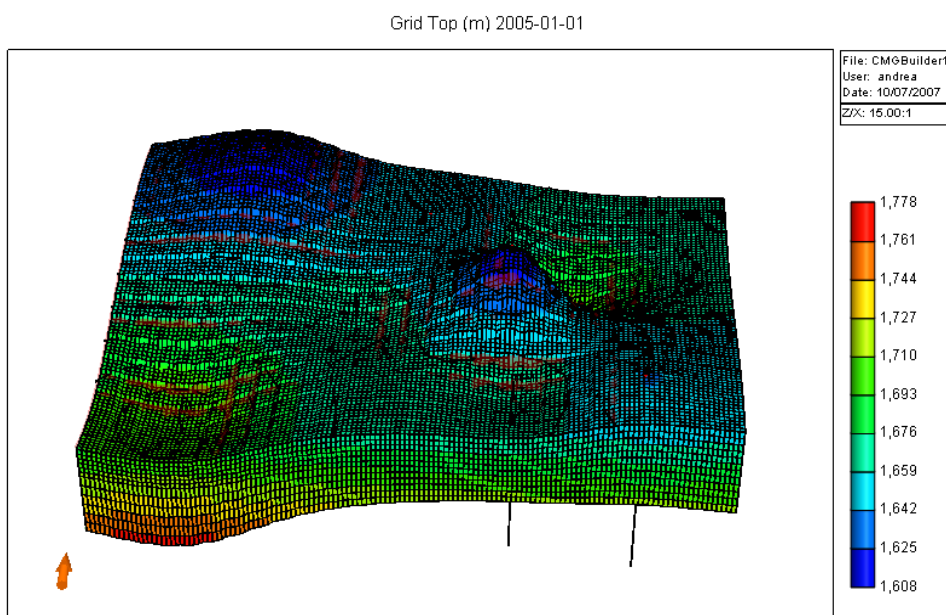
如果出现错误可以通过 **Remove Last** 按钮，进行修改。



点击  ，确定圈闭边界 点击 **Yes**

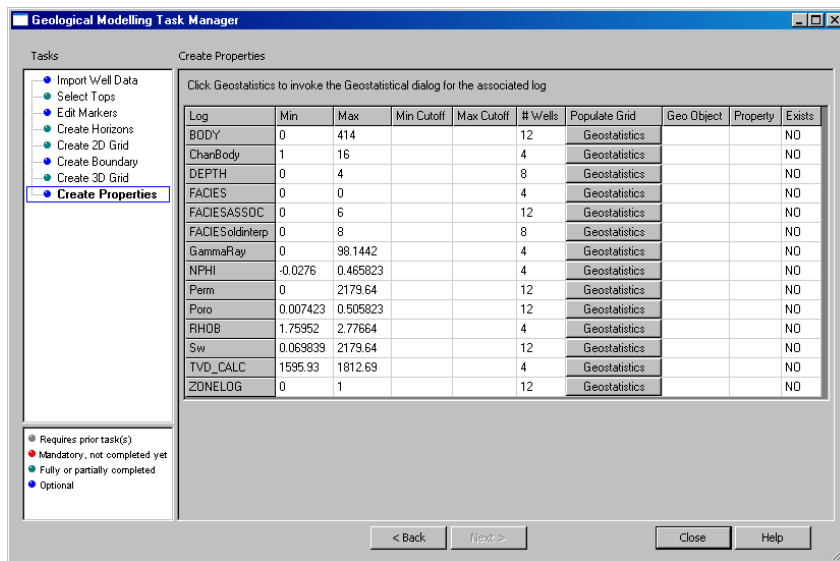


21. 下一步，创建 3D 网格，对 AB 两个地质单元改变层数 **Number of Layers** 为 6，点击 **Apply**。

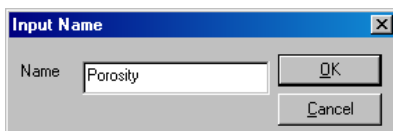


点击 

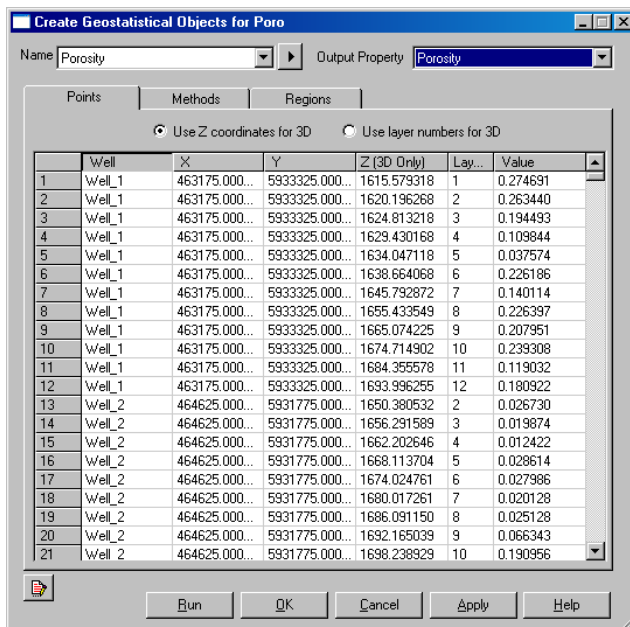
22. 下一步就是对各个属性进行地质统计学插值计算。



23. 点击 **Porosity** 对应的 **Geostatistics** 按钮，命名为 **Porosity** 然后确定 **OK**。

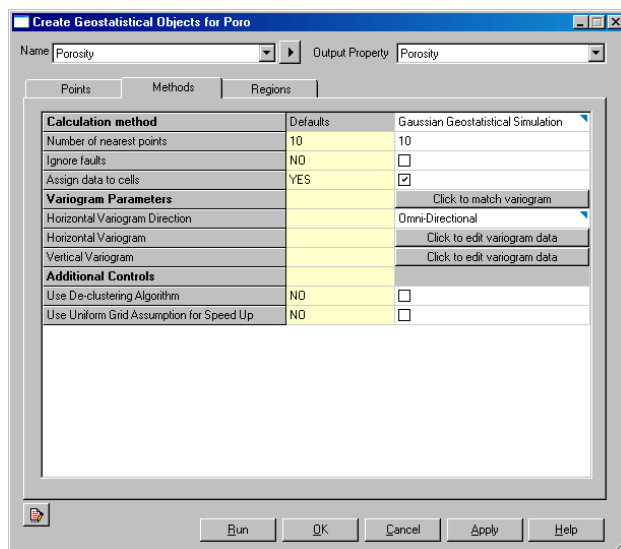


在 **Output Property** 中选择 **Porosity**，对所有的警告点击 **OK**。



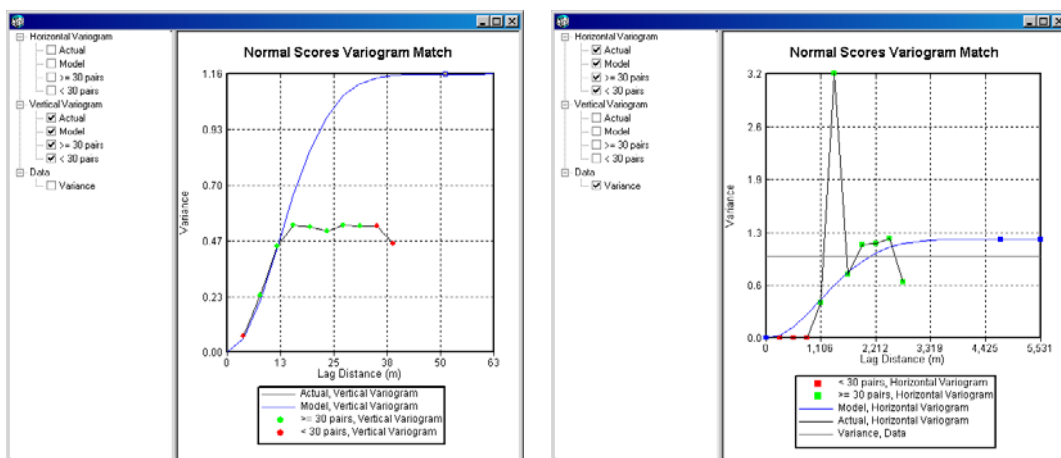
点到 **Methods** 一列

24. 在 **Methods** 这列中，计算方法 **Calculation method**. 选择 **Gaussian Geostatistical Simulation**。

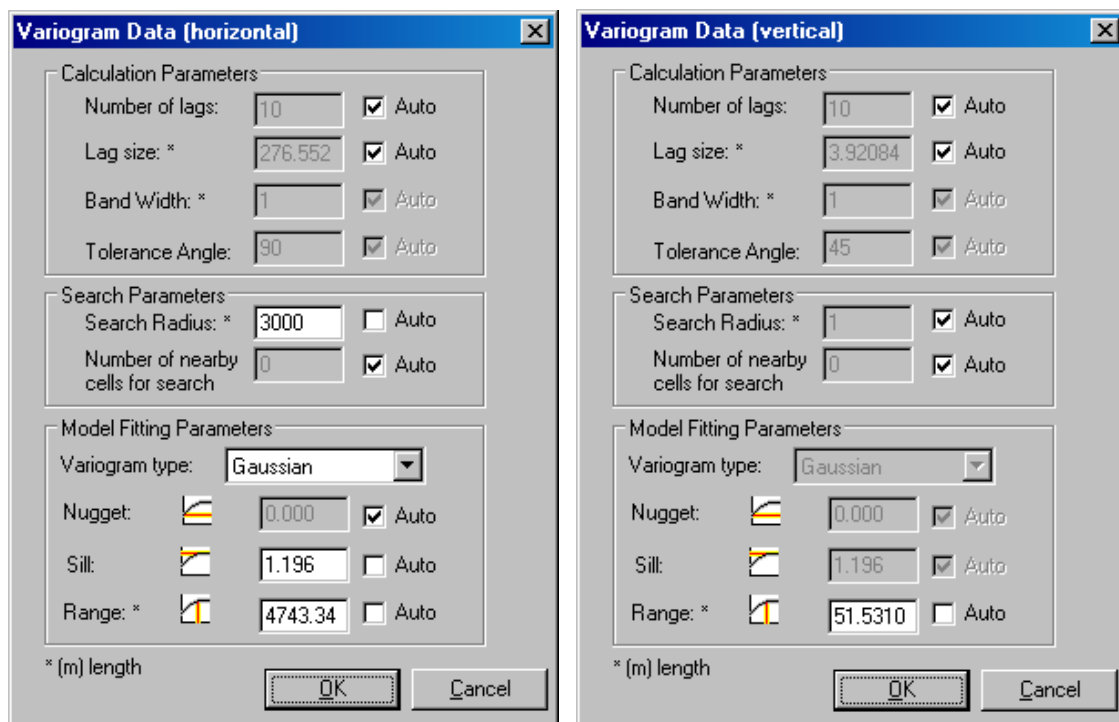


点击 **Click to match variogram** ，尽所能的拟合变量图。

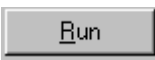
提示：首先拟合垂向的变量模型，然后是水平方向的，垂向上有更多的数据相比较水平方向。



如果想得到准确的结果，请按照下面提示的数据填写。



点击 **OK**，关掉对话框。

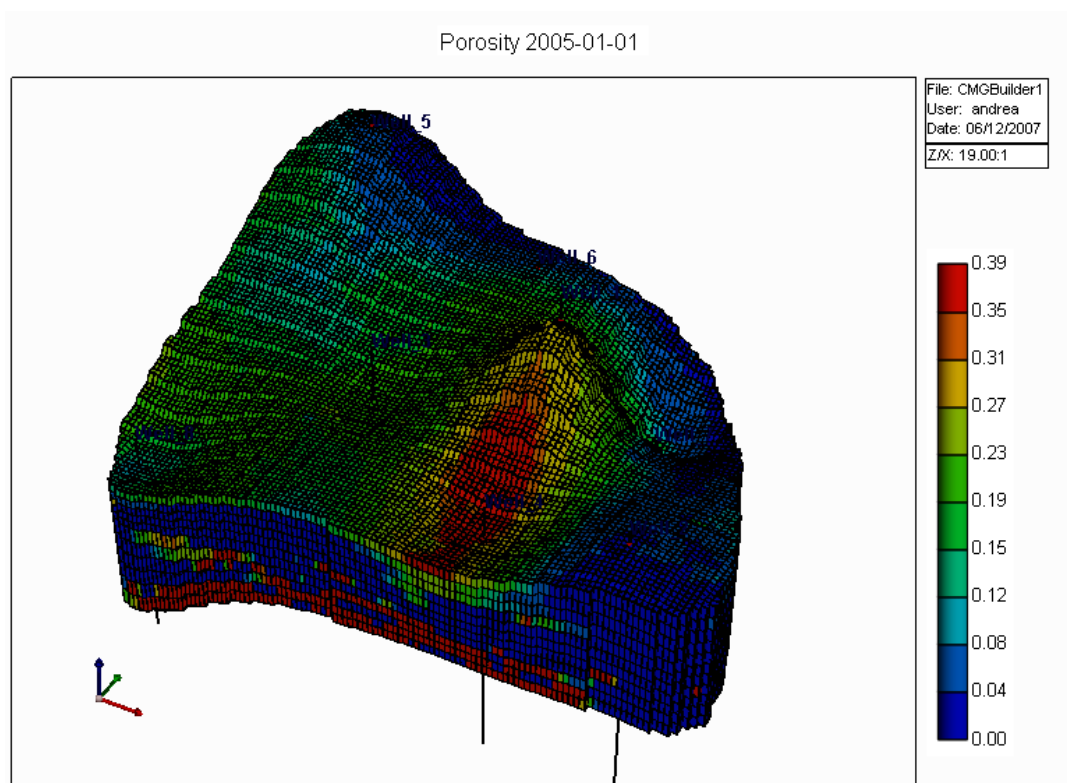
点击 **Run** ，这样就得到孔隙度的地质统计学分布。

25. 在对话框中，可以看到孔隙度已经得到了地质统计学数据，这样就可以看孔隙度的 3D 图形。如果存在问题还可以重新对拟合参数进行调整。

Click Geostatistics to invoke the Geostatistical dialog for the associated log

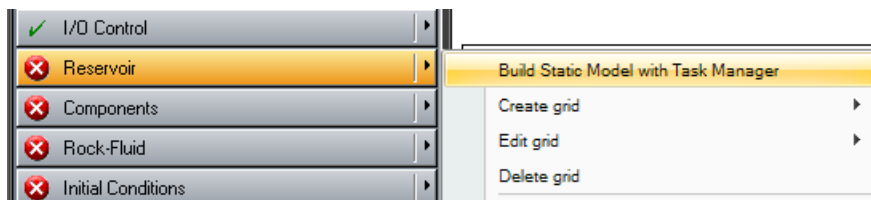
Log	Min	Max	Min Cutoff	Max Cutoff	# Wells	Populate Grid	Geo Object	Property	Exists
BODY	0	414			12	Geostatistics			NO
ChanBody	1	16			4	Geostatistics			NO
DEPTH	0	4			8	Geostatistics			NO
FACIES	0	0			4	Geostatistics			NO
FACIESASSOC	0	6			12	Geostatistics			NO
FACIESoldinterp	0	8			8	Geostatistics			NO
GammaRay	0	98.1442			4	Geostatistics			NO
NPHI	-0.0276	0.465823			4	Geostatistics			NO
Perm	0	2179.64			12	Geostatistics			NO
Porosity	0.007423	0.505823			12	Geostatistics	Porosity	Porosity	YES
RHOB	1.75952	2.77664			4	Geostatistics			NO
Sw	0.069839	2179.64			12	Geostatistics			NO
TVD_CALC	1595.93	1812.69			4	Geostatistics			NO
ZONELOG	0	1			12	Geostatistics			NO

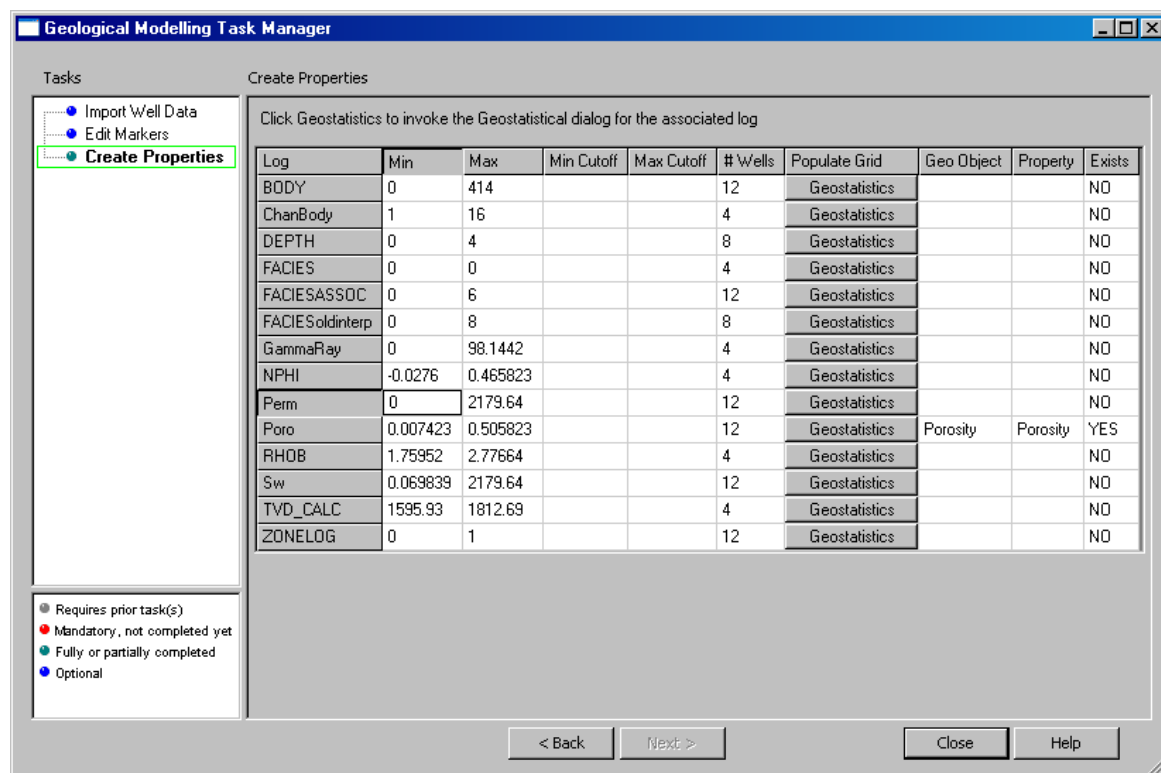
检验孔隙度 3D 图形分布（可能有一点区别）。



点击 **Close** ，保存文件“**TaskManager_BaseCase.dat.**”

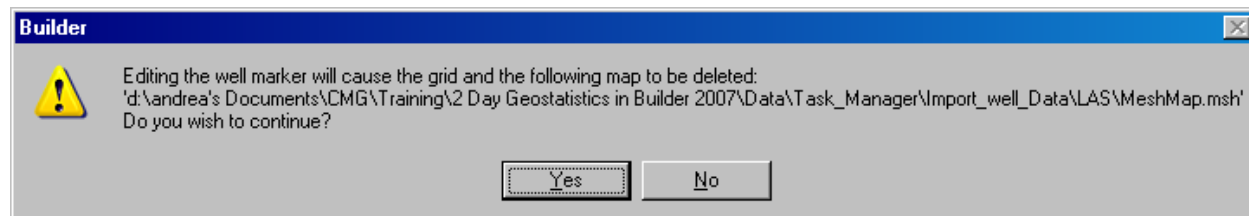
26. 模拟渗透率的 3D 分布图，在 reservoir 中选择 build static model with task manager



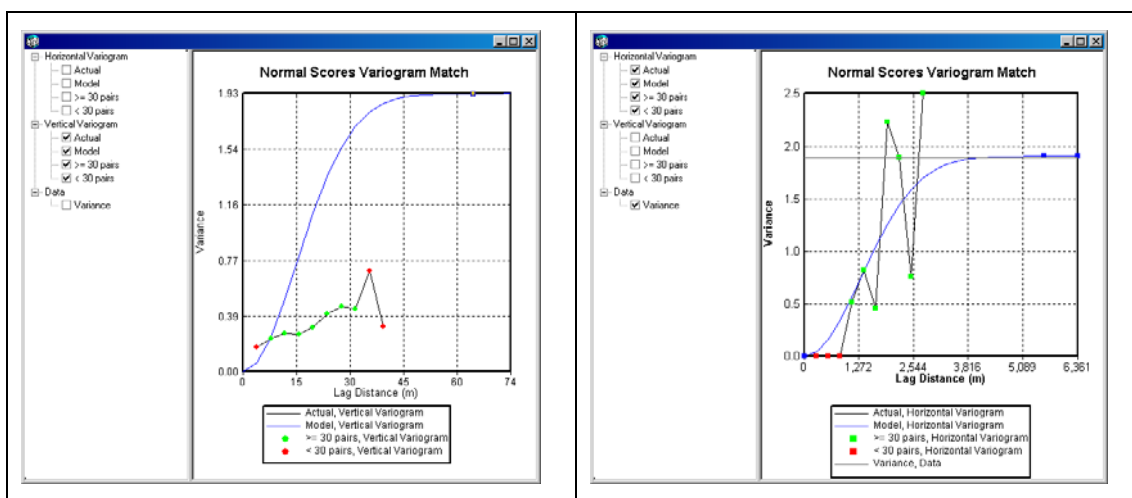
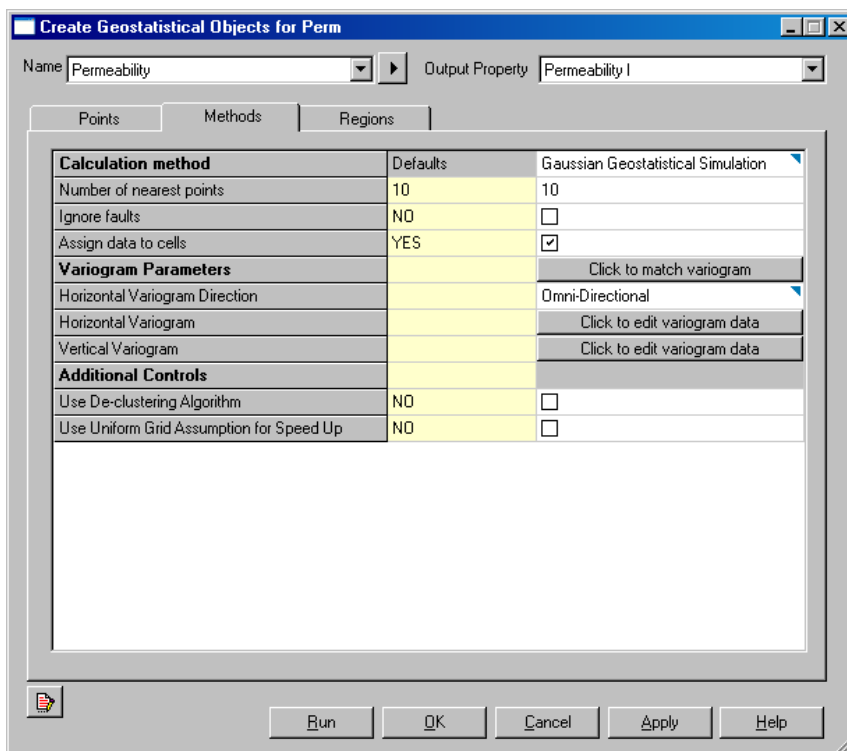


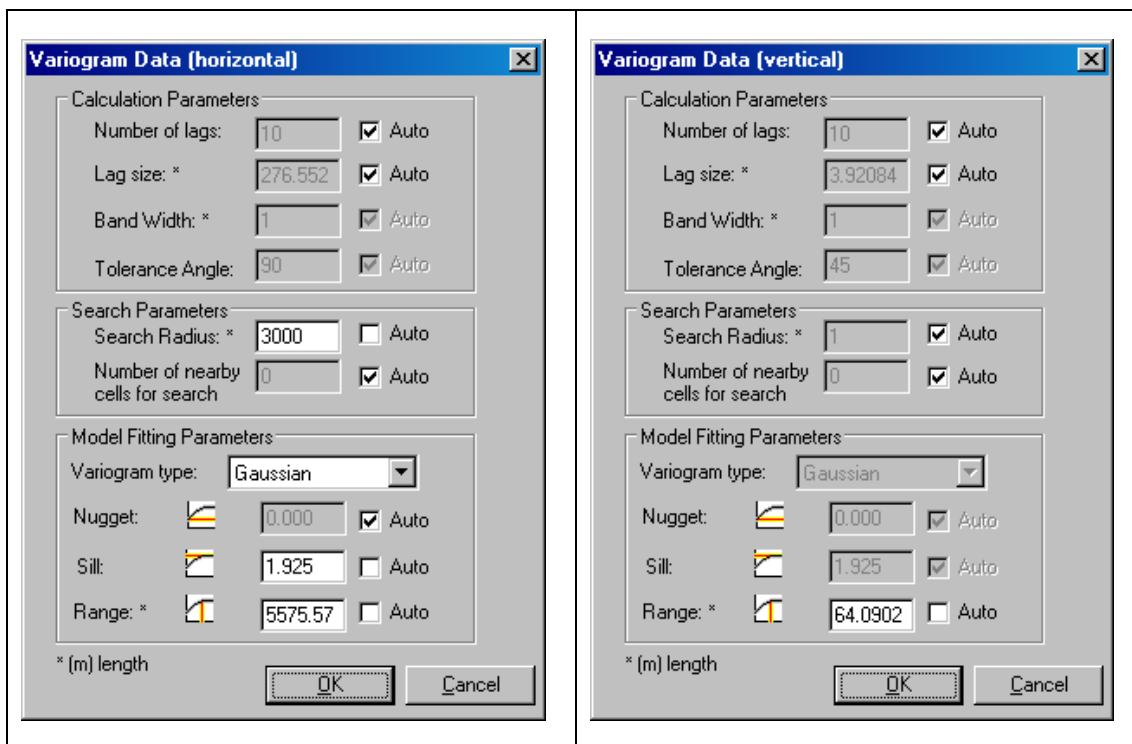
提示：

这个任务管理只有 *Import Wells*, *Edit Markers*, and *Create Properties*. 对于其他的设置已经固定，然而，想重新设置其他选项，点击 YES ,否则选 NO.

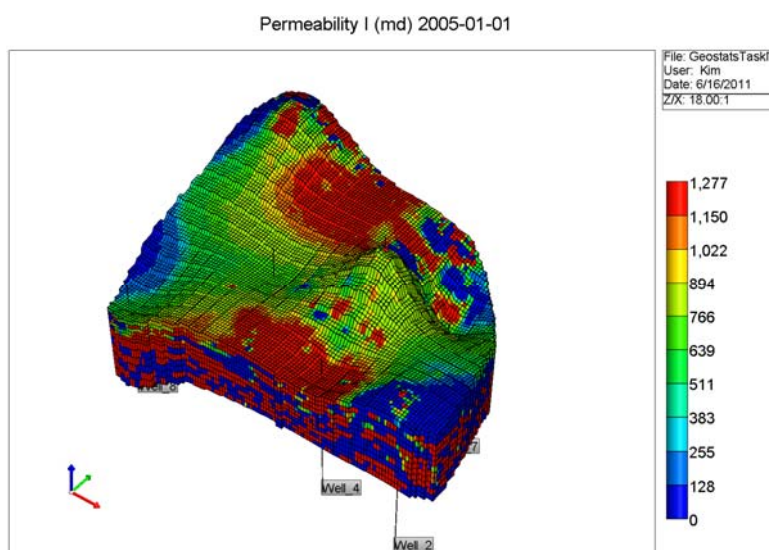


27. 点击渗透率对应的 **Geostatistics** 按钮，重复步骤 24 到 26 ，其中只是将名字改为 Permeability ，在 *Output Property* 中选择 Permeability I.

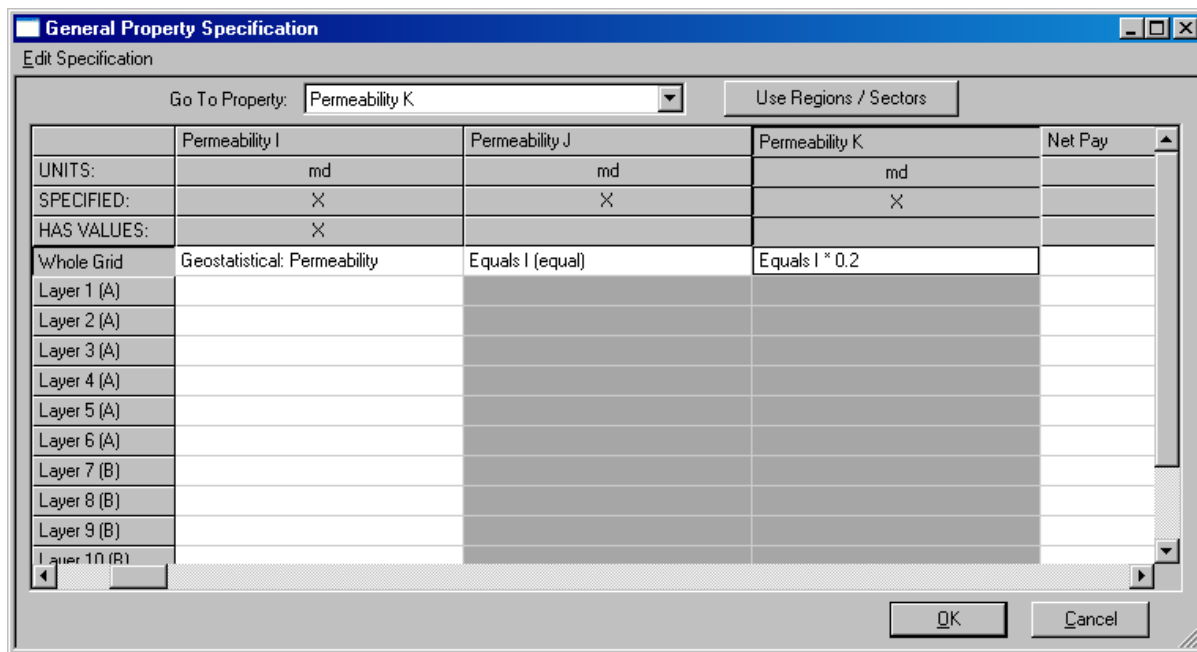




点击 **Run**，检测渗透率的 3D 图形。(可能看上去有点区别).



28. 通过在 builder 中点击 **Specify Property** 按钮，设置 **Perm J equal Perm I** 和 **Perm K equal 0.2 * Perm I**.



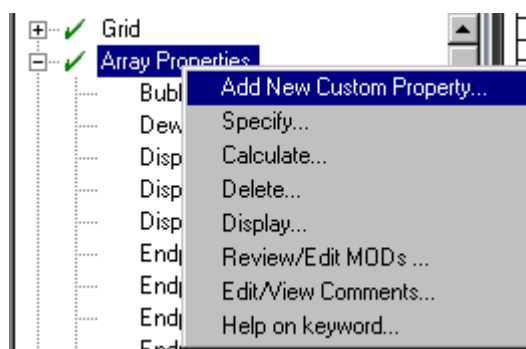
点击两次 **OK**

生成的模型如 **model1.dat** 文件。

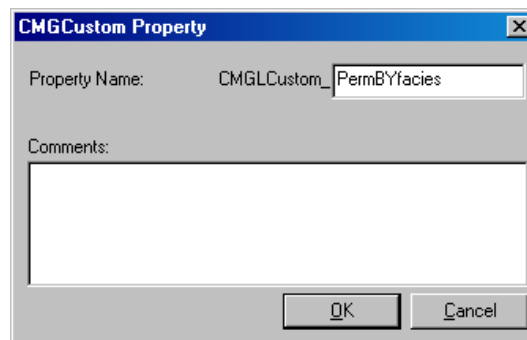
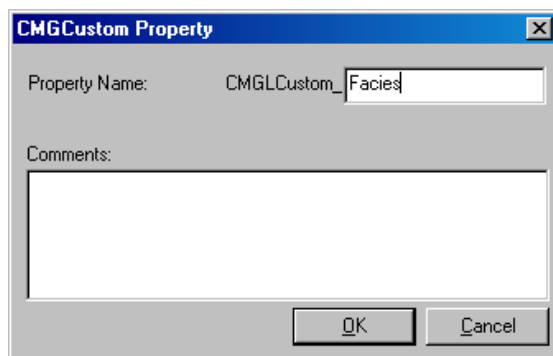
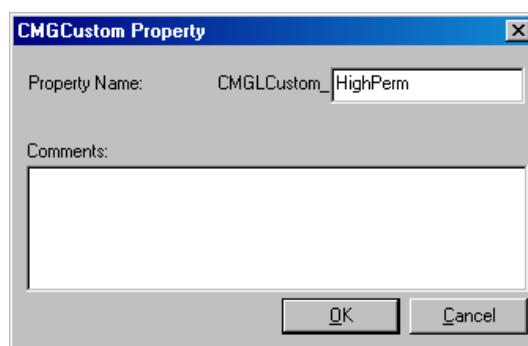
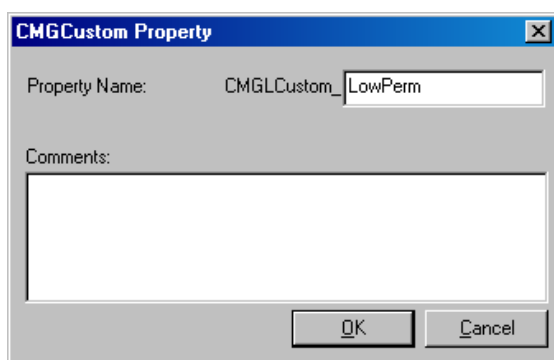
(三) 使用 Builder 进行相控建模流程

用对象建模（object modelling）方法在 builder 中建立沉积相分布图，然后通过沉积相分布来控制油藏属性。

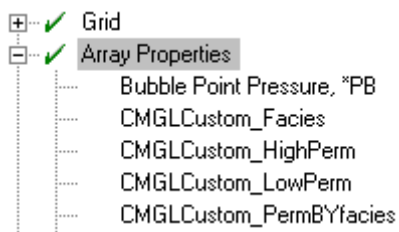
1. 在 Array properties 中创建 4 个新的属性，



用这个对话框创建 4 个新的属性：

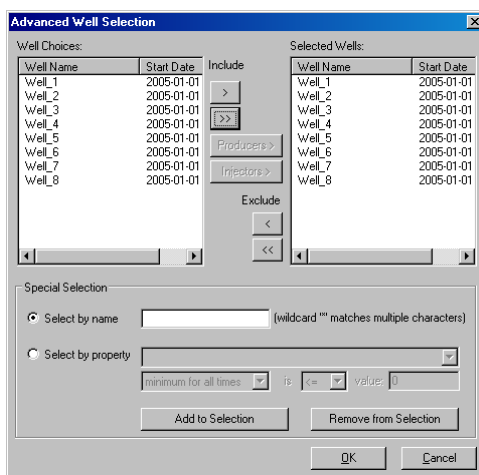


之后可以在 **Array properties** 的下来菜单中看到新建的属性名。

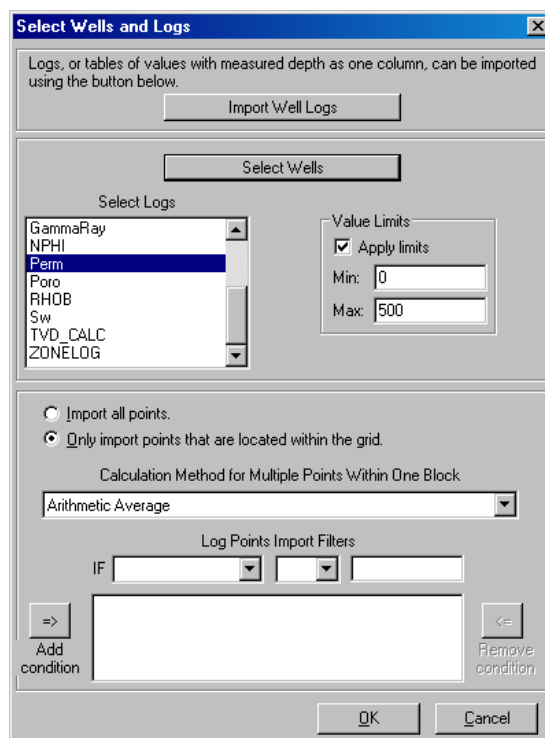


2. 首先创建 low permeability 分布，渗透率的范围是小于 500mD，点击 **Reservoir > Geostatistics**. 命名为 **LowPerm**，把它赋给 **CMGLCustom_LowPerm**

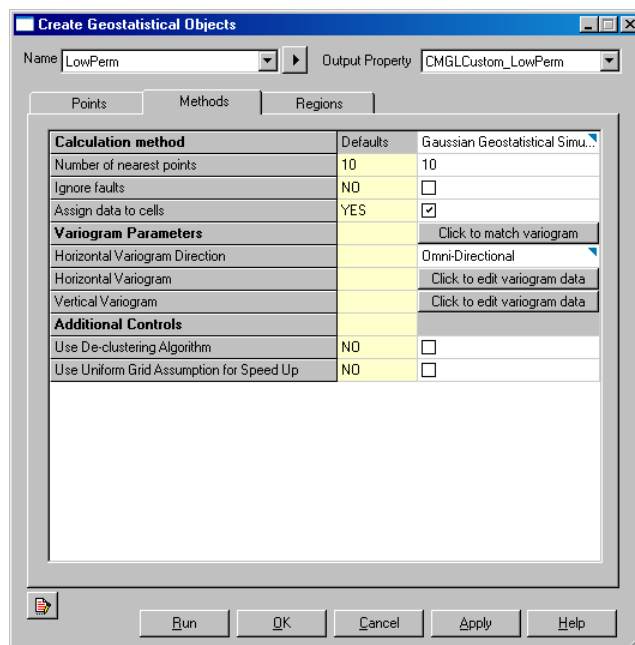
3. 点击 **Tools > Import Logs or tables of measured depth values...** 点击 >> 选择所有的井。



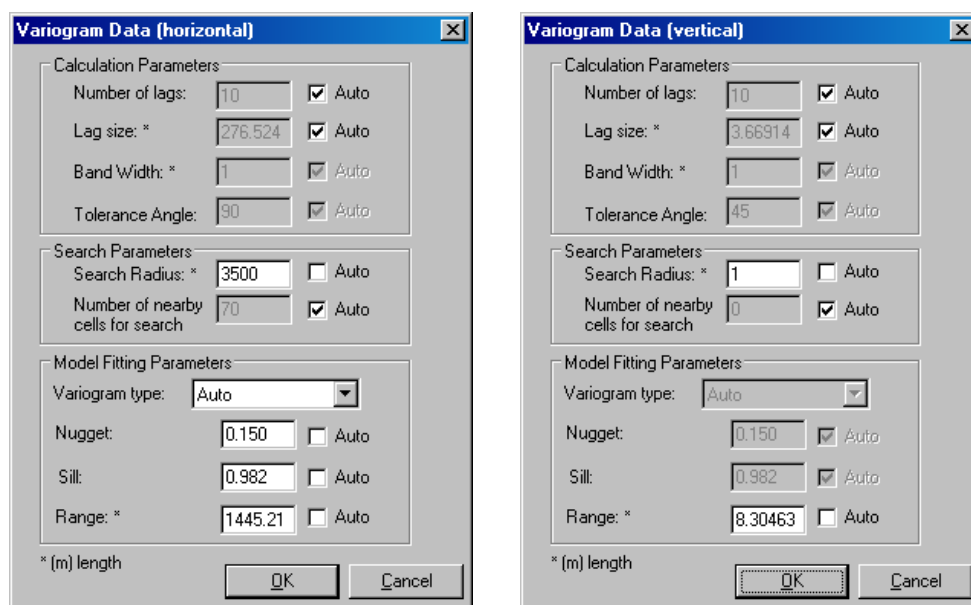
4. 选择 **Perm** 曲线，设置区间 **0 到 500 mD**。点击两次 **OK**。如果此处没有出现 logs 数据，那么需要重新导入一下 las 文件。



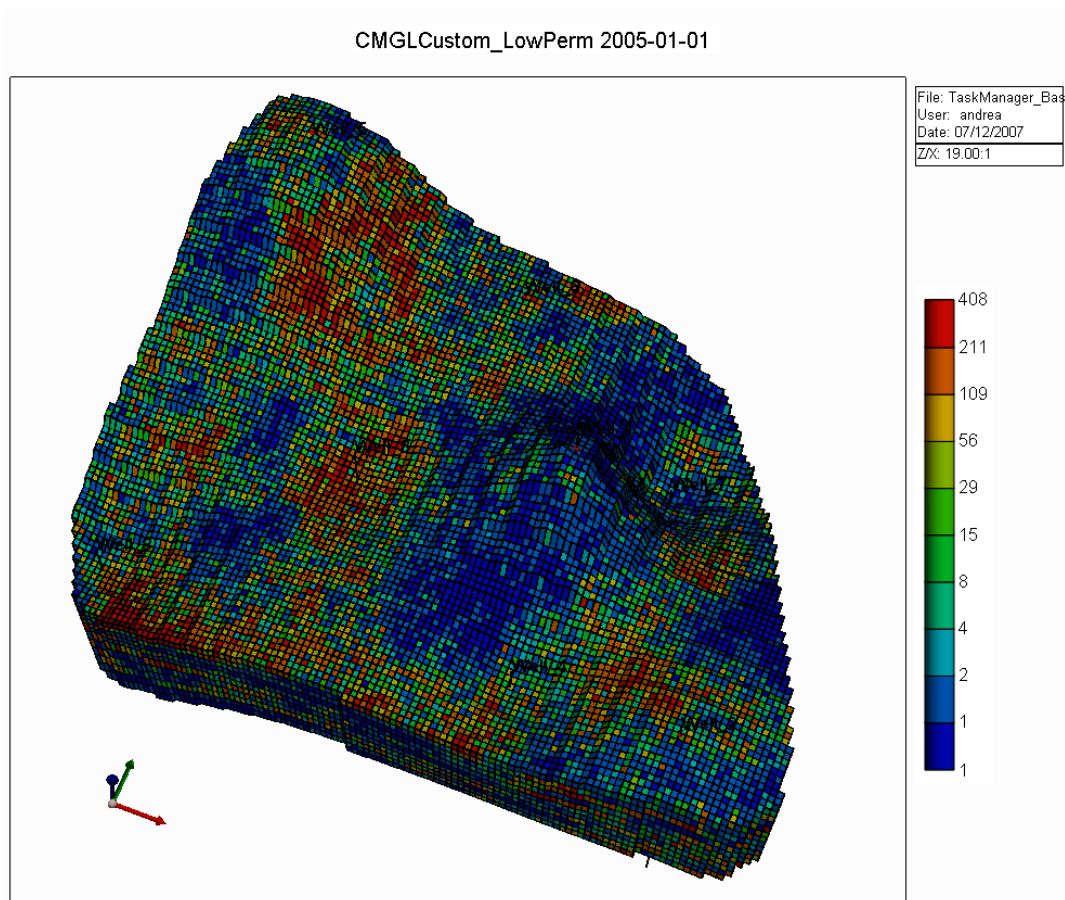
5. 点击 **Methods**



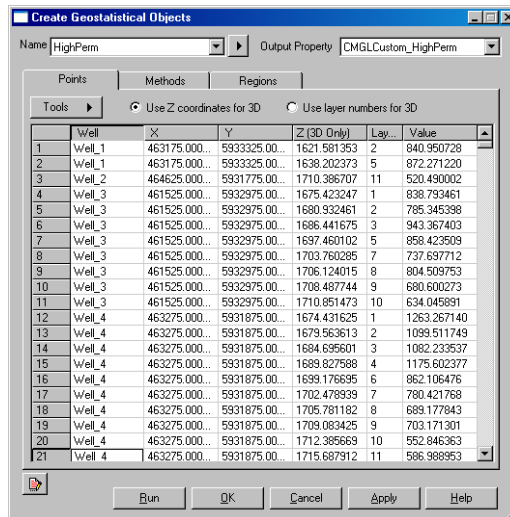
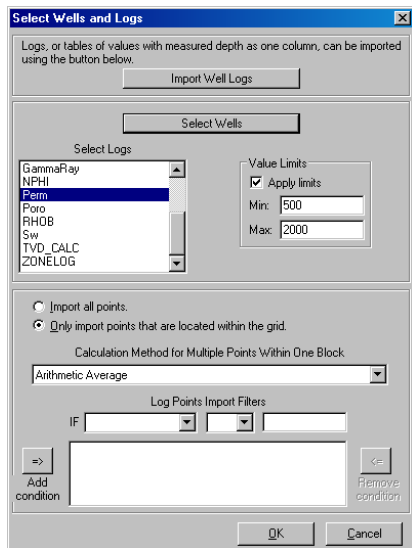
6. 尽其所能的拟合变量模型。下面是建议输入的拟合数据：



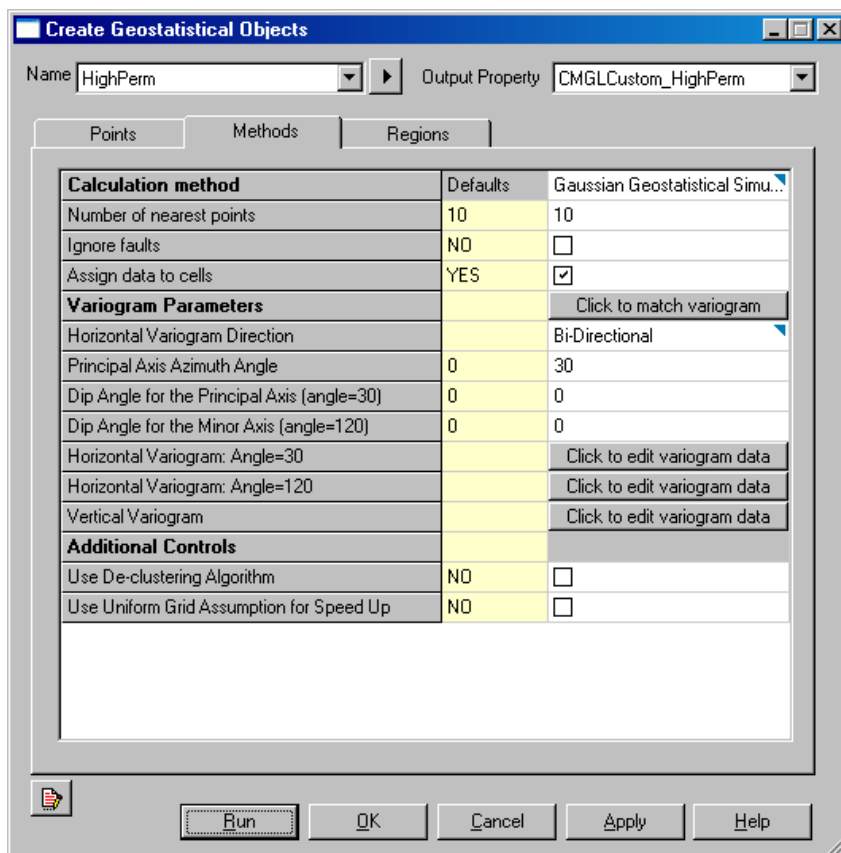
7. 这样就得到了 low permeability 分布图.



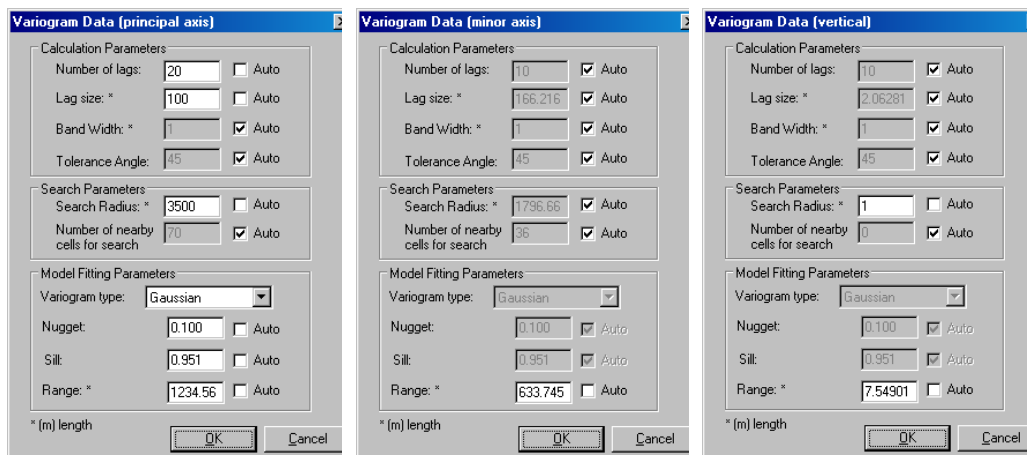
8. 重复上面的做法，设置渗透率的范围为 500 to 2000 mD ，命名为 HighPerm，把它赋给 CMGLCustom_HighPerm。



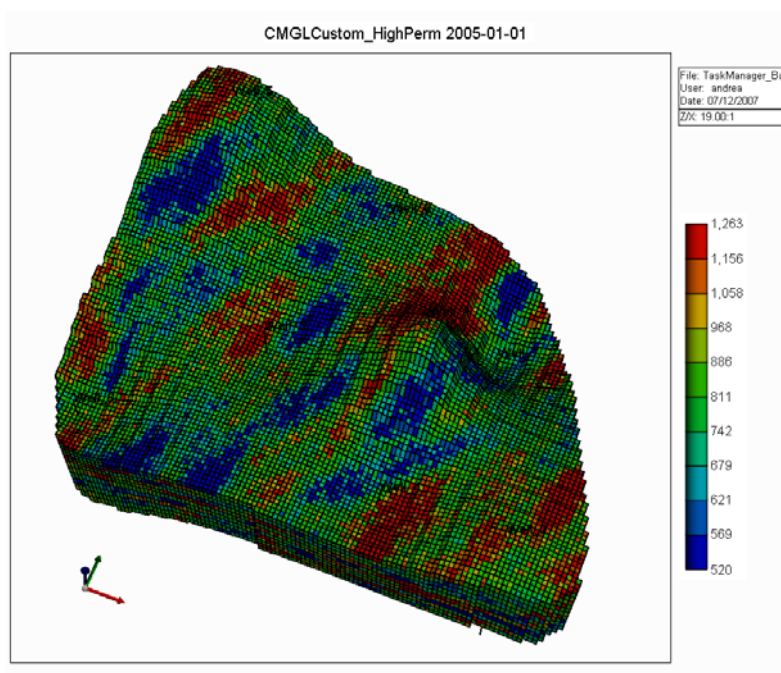
9. 为了设置方向的分布使用 **Bi-Directional**



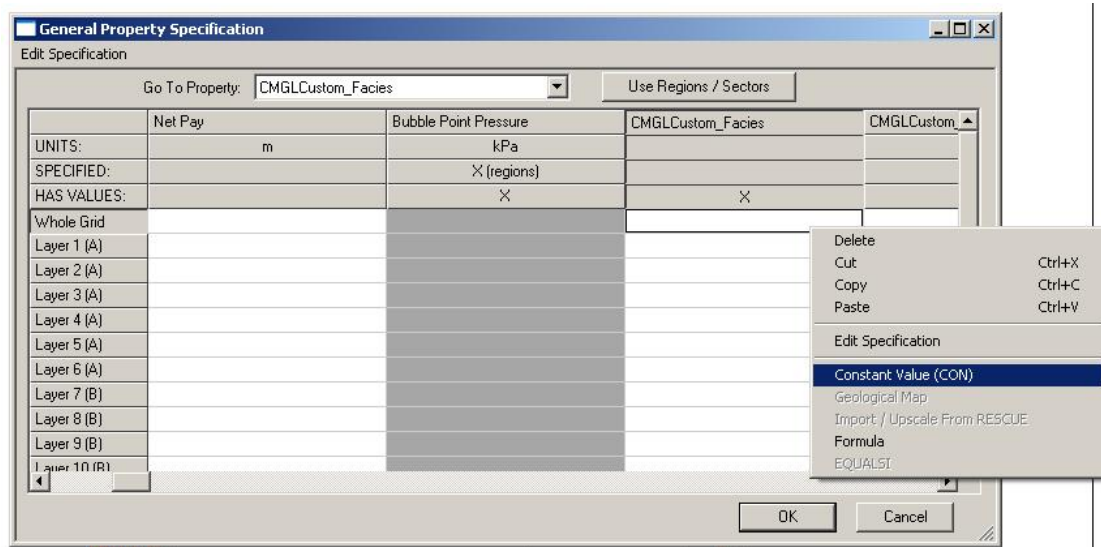
10. 尽其所能的拟合变量模型。下面是建议输入的拟合数据：



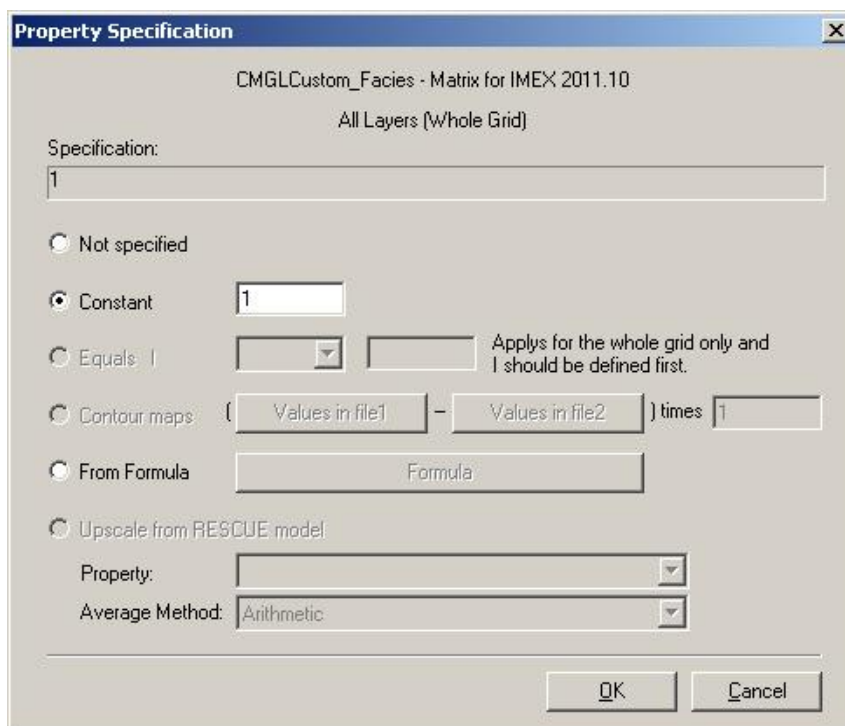
这样就得到了 high permeability 分布图：



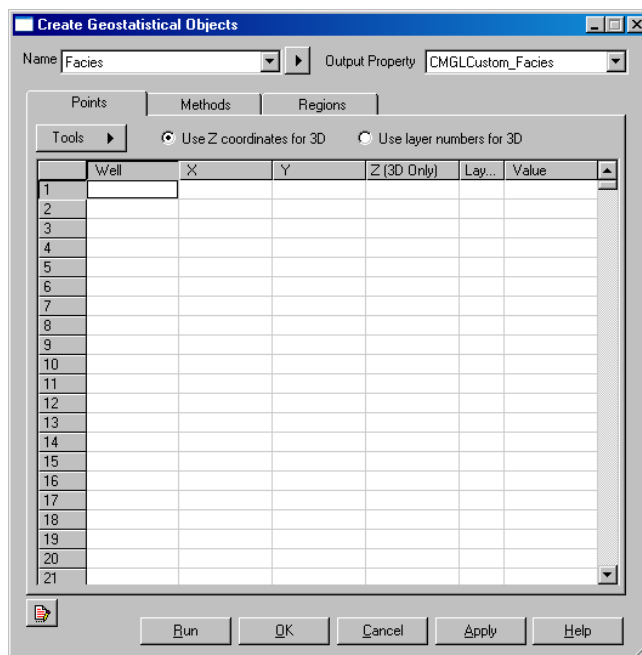
11. 下一步，创建沉积相模型，沉积相分为两种，一是河道相，二是河道间。在 builder 中点击 general property, **CMGLCustom_Facies** 属性, 对应 **Whole Grid** 上面右击, 选择 **Constant Value (CON)**, 如下:



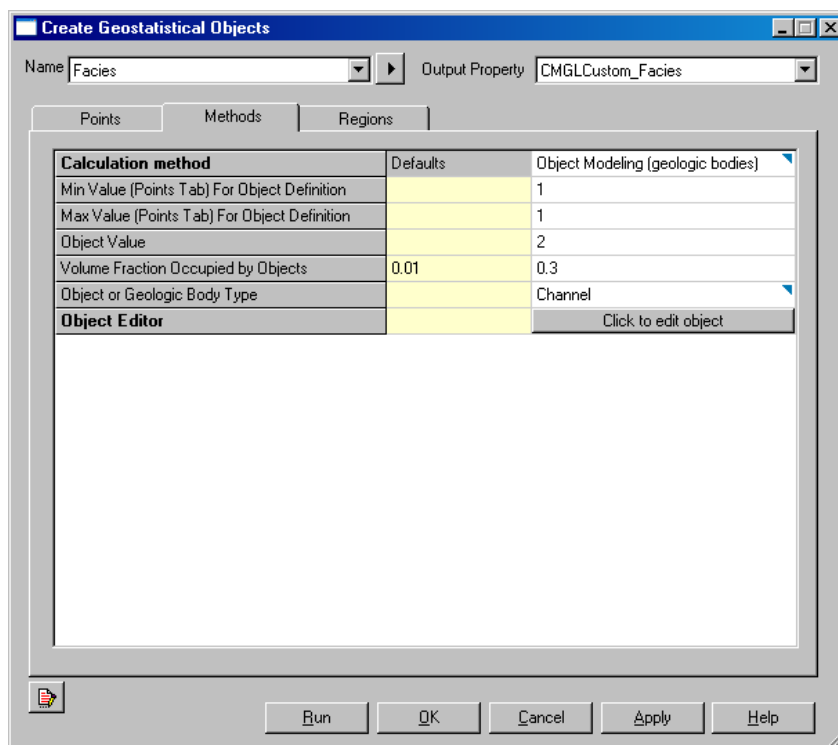
Constant 内容为 1



12. 下一步，生产沉积相模型，以河道相为主体相，点击 **Reservoir > Geostatistics**，命名为 **Facies**，将其赋值于 **CMGLCustom_Facies**。



13. 点击 **Methods**，在计算方法 **Calculation method** 选择 **Object Modeling**。设置如下：



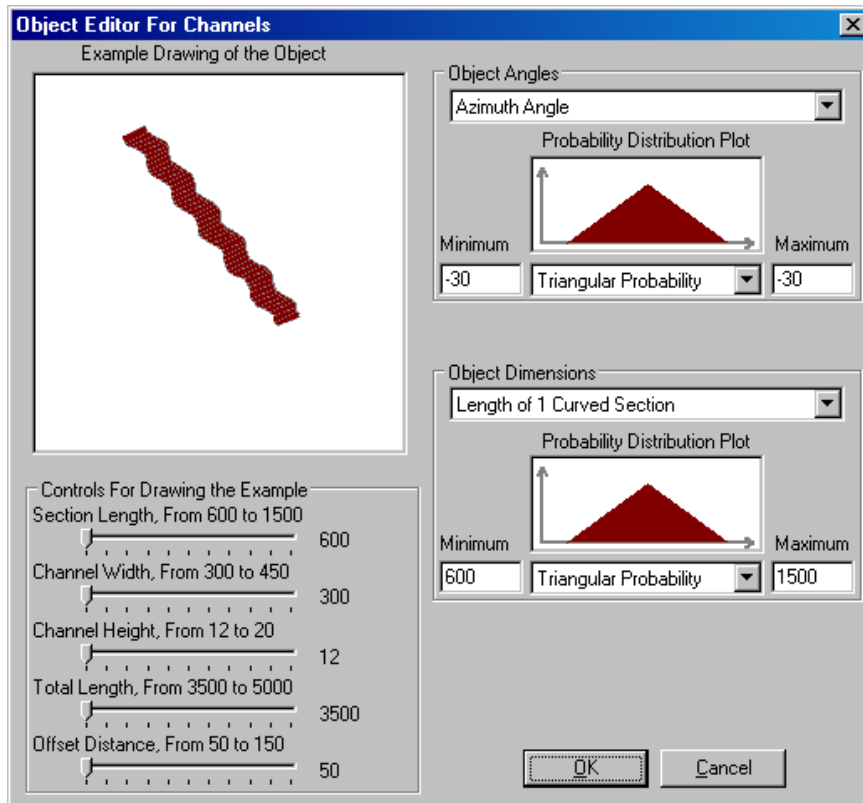
Min Value 和 **Max Value** 设置为 1. **Object Value** 设置为 2, 实际上就是主体相（河道相）为 2. **Volume Fraction Occupied by Objects** 设置为 0.4, 这就意味着河道相占整个模型的 40%。

14. 点击: 

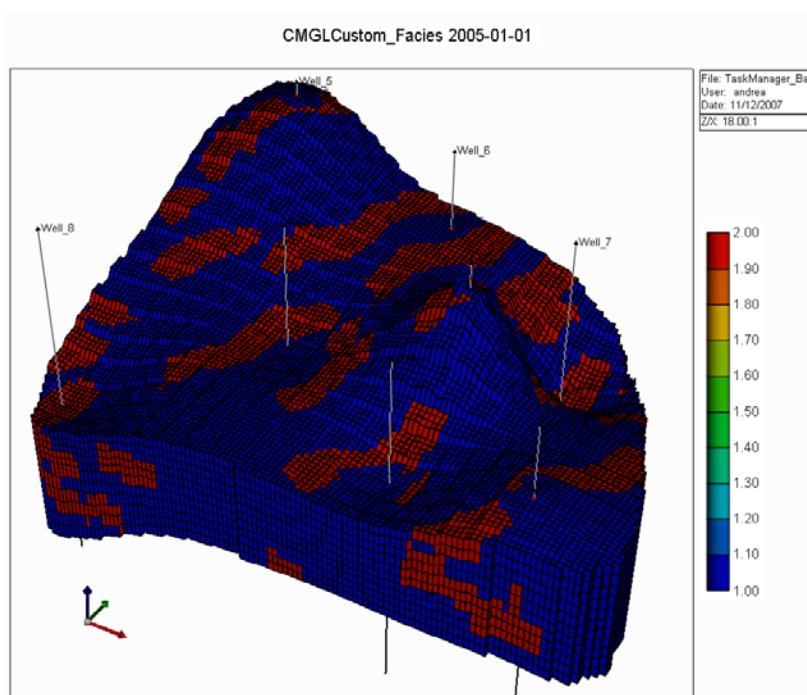
15. 属性设置如下:

分布模式 **Triangular**:

- **Azimuth angle** – Min: -30 and Max: -30
- **Length of 1 Curved Section** – Min: 600 and Max: 1500
- **Channel width** – Min: 300 and Max: 450
- **Channel Height** – Min: 12 and Max: 20
- **Total length** – Min: 3500 and Max: 5000
- **Curved Section Offset Distance** - Min: 50 and Max: 150

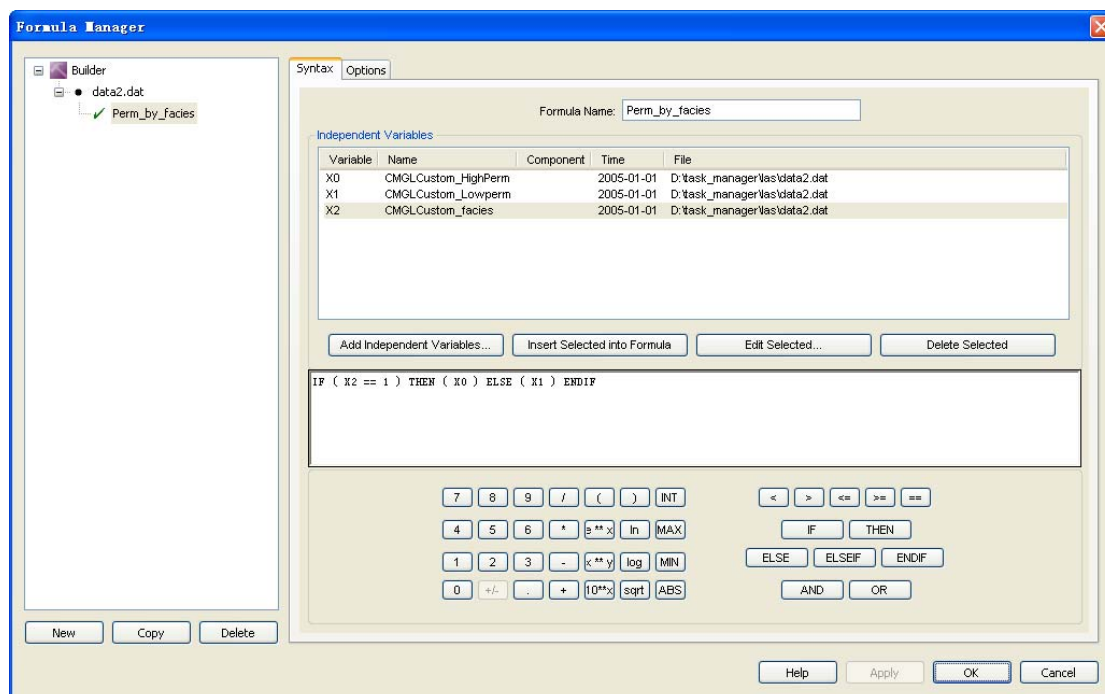


16. 点击 **OK** 和 **Run**.



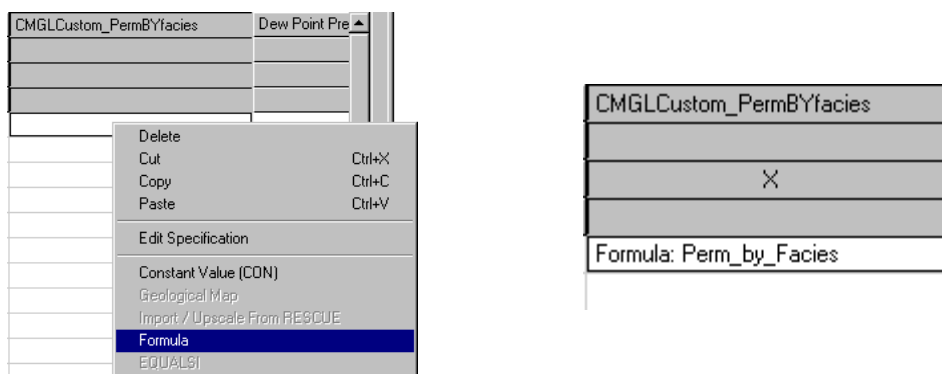
17. 然后是创建公式 **Tools > Formula Manager**

18. 公式命名 **Perm_by_Facies**. 增加三个属性 : **HighPerm, LowPerm,和 Facies**。

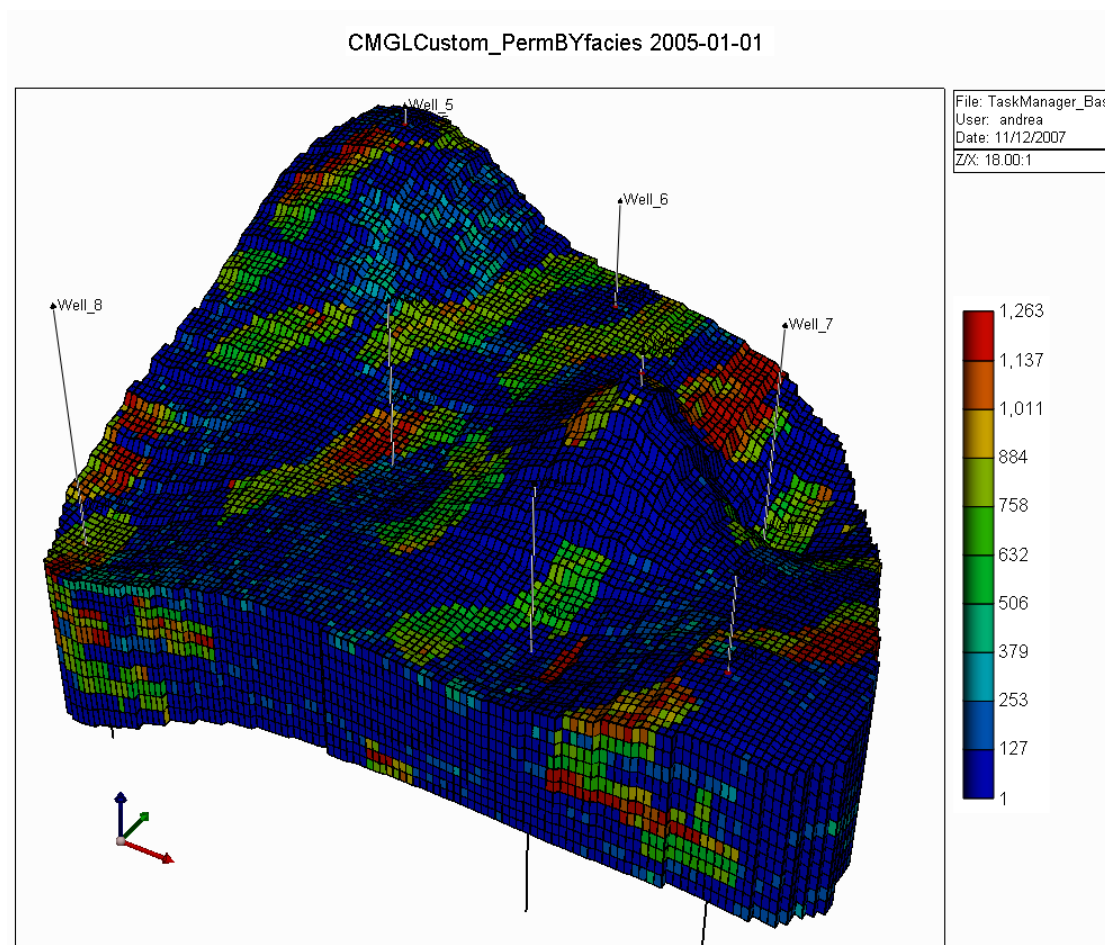


点击两次 **OK** 。

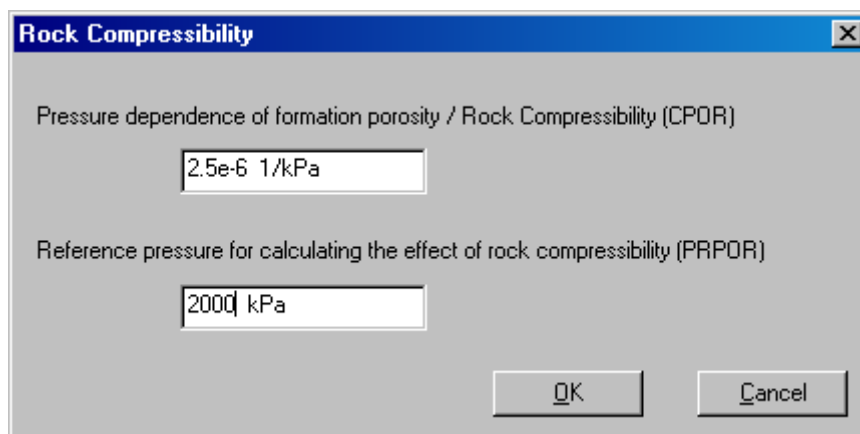
19. 双击 **Reservoir > Array Properties** 菜单中的 **CMGLCustom_PermBYfacies** 属性。
20. 右击 the **Whole Grid** 选择 **Formula**. 点击公式选择 **Perm_by_Facies**. 点击 **Close** 和 **OK**.



点击两次 **OK**，得到沉积相控制渗透率模型。



21. 设置岩石压缩系数 Rock Compressibility:



点击 **OK**.

生成的模型如 **model2.dat** 文件。