

第 95 期：井点插值方法快速建立地质模型操作流程

编写人：王建国

油藏建模是指根据已知控制点的资料内插、外推控制点之间及控制点以外的油藏特性，建立油藏（储层）地质模型。井点插值建模是一种确定性建模方法，它从具有确定性的控制点（如井点）出发，推测出井点之间确定的储层参数。本文介绍 Builder 快速井点插值建立简单地质模型的操作流程，这一方法适用于一些地质认识清楚，构造相对简单，并具有完整的小层数据参数的储层建模。

1 数据准备

用户在开始建立地质模型之前，需要准备好小层数据表，如表 1 所示。该表中必须包含分层情况、XY 坐标、顶底深、砂厚、有效厚度（或净毛比，推荐用净毛比）、孔隙度、渗透率和饱和度数据。如有缺失，可以根据地质认识自行补充完整。此外，要求至少有 4 口的数据，太少的话无法实现插值。

表 1 小层数据表示例

井号	层位	X 坐标	Y 坐标	顶深	底深	砂厚	有效厚度	ϕ (%)	K	So (%)
X4101	II3 ¹	19709009	3625091.68	159.2	160.6	1.4	1.14	26.91	0.502	70
X4101	II3 ²	19709009	3625091.68	161.8	168	6.2	4.4	28.94	1.489	70
X4101	II3 ³	19709009	3625091.68	169.2	171.6	2.4	2.2	28.34	0.927	70
X4201	II3 ¹	19709097	3625121	168.6	170.6	2	1.8	28.13	1.074	70
X4201	II3 ²	19709097	3625121	171	181.2	10.2	8.4	27.78	1.021	70
X4201	II3 ³	19709097	3625121	181.8	182.9	1.1	0.8	28.81	1.191	70
X4202	II3 ¹	19709073	3625072	178.5	179.9	1.4	1.4	29.03	1.444	70
X4202	II3 ²	19709073	3625072	180.4	182.2	1.8	1.6	27.18	0.424	70
X4202	II3 ³	19709073	3625072	183.4	192	8.6	8.4	29.34	1.752	70
X4203	II3 ¹	19709044	3625008	186.2	188.4	2.2	2	27.02	0.553	70
X4203	II3 ²	19709044	3625008	189.2	196.4	7.2	4.6	27.11	1.29	70
X4203	II3 ³	19709044	3625008	198.8	200.3	1.5	1.4	28.57	0.991	70
X4304	II3 ¹	19709136	3625039	192.8	197.2	4.4	3.2	28.22	1.137	70
X4304	II3 ²	19709136	3625039	198	201.6	3.6	3.2	26.14	0.67	70
X4304	II3 ³	19709136	3625039	202.8	204.4	1.6	0	12	0.2	0

2 方法简介

该建模方法是基于小层数据表，在 Builder 中利用插值方法，针对每个小层，生成每个属性的 mesh 等值线文件 (*.msh)。然后在 Builder 中导入这些 mesh 文件，利用 mesh 文件的数据对网格参数进行赋值。

下面详细介绍操作过程。

3 操作流程

- 1) 小层数据表的处理。在表 1 所示的小层数据表基础上，将表格进行拆分处理，每个层做成 1 个表。该例中共有 3 个小层： Π_3^1 、 Π_3^2 和 Π_3^3 ，因此可以分成 3 个表格。

表 2 Π_3^1 小层数据表

井号	层位	X 坐标	Y 坐标	顶深	底深	砂厚	有厚	ϕ (%)	K	So(%)
X4101	Π_3^1	19709009	3625091.68	159.2	160.6	1.4	1.14	26.91	0.502	70
X4201	Π_3^1	19709097	3625121	168.6	170.6	2	1.8	28.13	1.074	70
X4202	Π_3^1	19709073	3625072	178.5	179.9	1.4	1.4	29.03	1.444	70
X4203	Π_3^1	19709044	3625008	186.2	188.4	2.2	2	27.02	0.553	70
X4304	Π_3^1	19709136	3625039	192.8	197.2	4.4	3.2	28.22	1.137	70

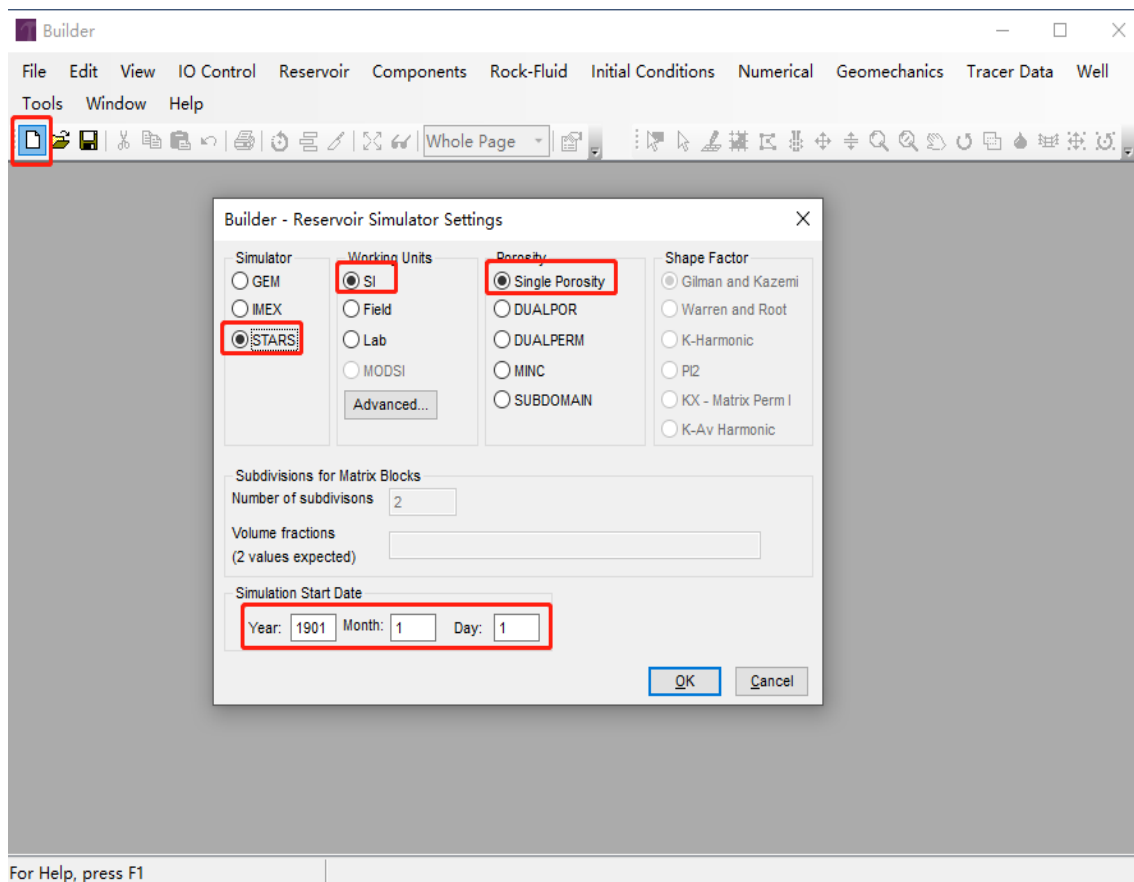
表 3 Π_3^2 小层数据表

井号	层位	X 坐标	Y 坐标	顶深	底深	砂厚	有厚	ϕ (%)	K	So(%)
X4101	Π_3^2	19709009	3625091.68	161.8	168	6.2	4.4	28.94	1.489	70
X4201	Π_3^2	19709097	3625121	171	181.2	10.2	8.4	27.78	1.021	70
X4202	Π_3^2	19709073	3625072	180.4	182.2	1.8	1.6	27.18	0.424	70
X4203	Π_3^2	19709044	3625008	189.2	196.4	7.2	4.6	27.11	1.29	70
X4304	Π_3^2	19709136	3625039	198	201.6	3.6	3.2	26.14	0.67	70

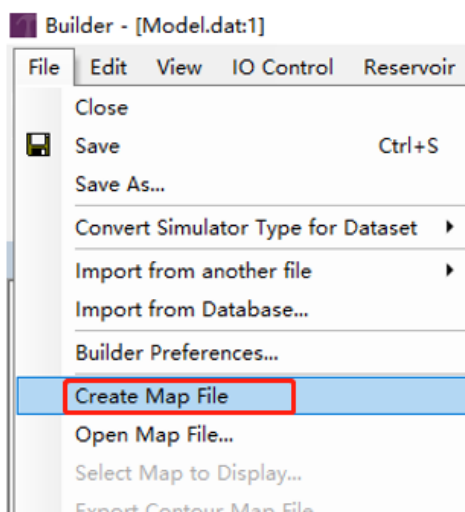
表 4 Π_3^3 小层数据表

井号	层位	X 坐标	Y 坐标	顶深	底深	砂厚	有厚	ϕ (%)	K	So(%)
X4101	Π_3^3	19709009	3625091.68	169.2	171.6	2.4	2.2	28.34	0.927	70
X4201	Π_3^3	19709097	3625121	181.8	182.9	1.1	0.8	28.81	1.191	70
X4202	Π_3^3	19709073	3625072	183.4	192	8.6	8.4	29.34	1.752	70
X4203	Π_3^3	19709044	3625008	198.8	200.3	1.5	1.4	28.57	0.991	70
X4304	Π_3^3	19709136	3625039	202.8	204.4	1.6	0	12	0.2	0

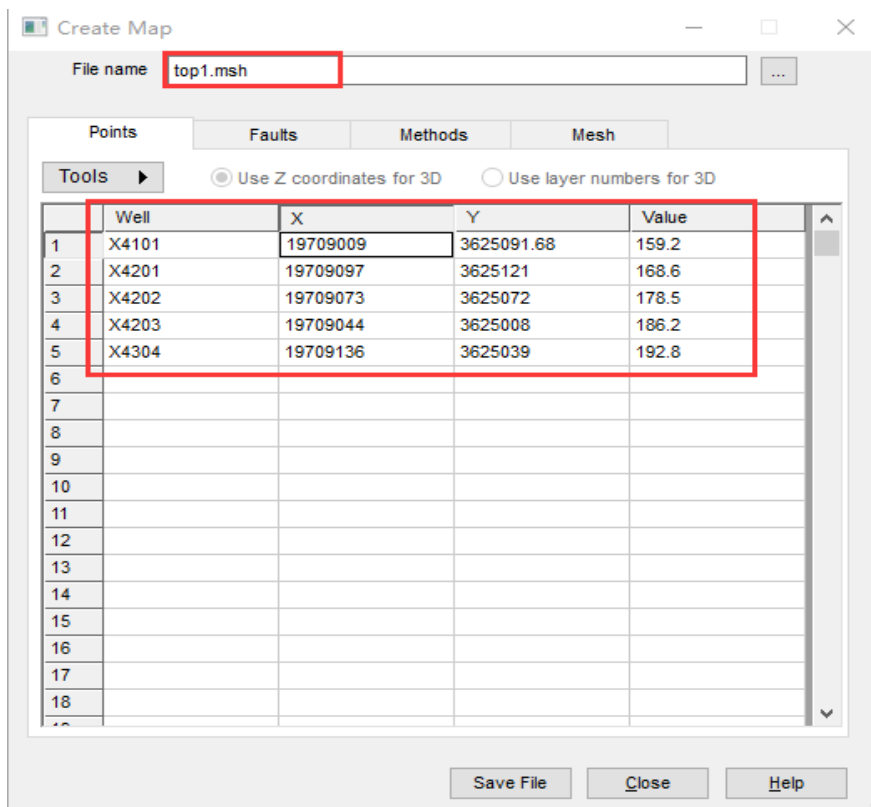
- 2) 打开 **Launcher** 界面，双击 **Builder**，建立一个新模型（以 STARS 为例），命名为 model.dat。



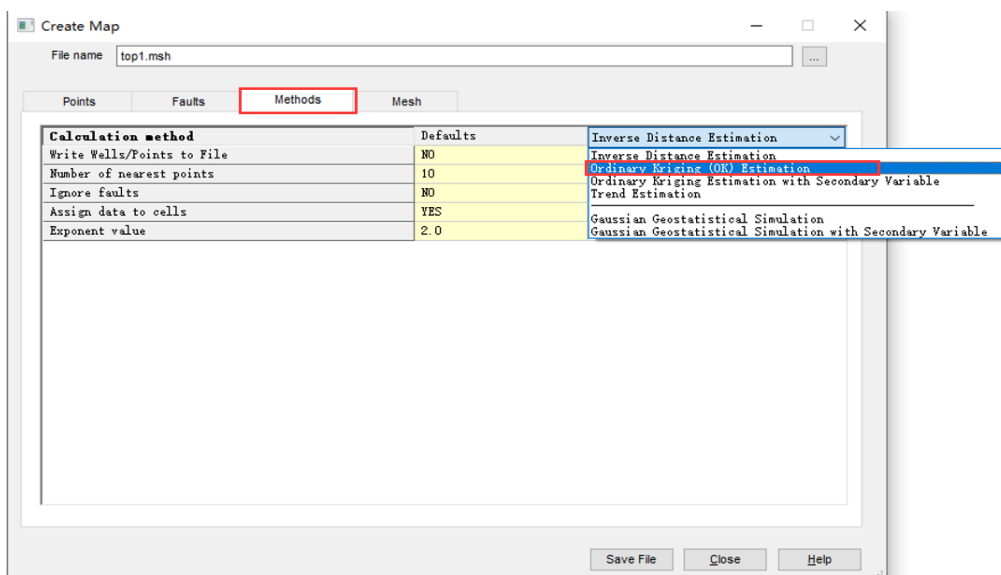
- 3) 点击 File → Create Map File。



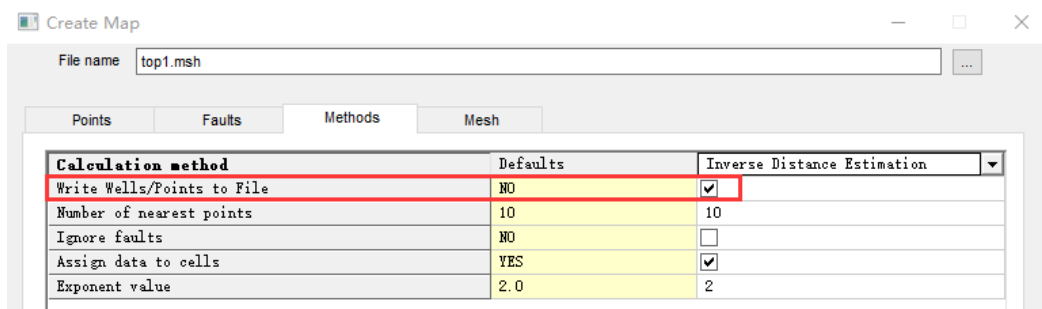
- 4) 先建立第 1 层的顶深等值线文件（mesh 格式）。在 File name 后输入 top1.msh，作为第 1 层的顶深等值线文件名。然后将表 2 中的井名、XY 坐标和顶深数据依次拷贝到下方表格中。如图所示。



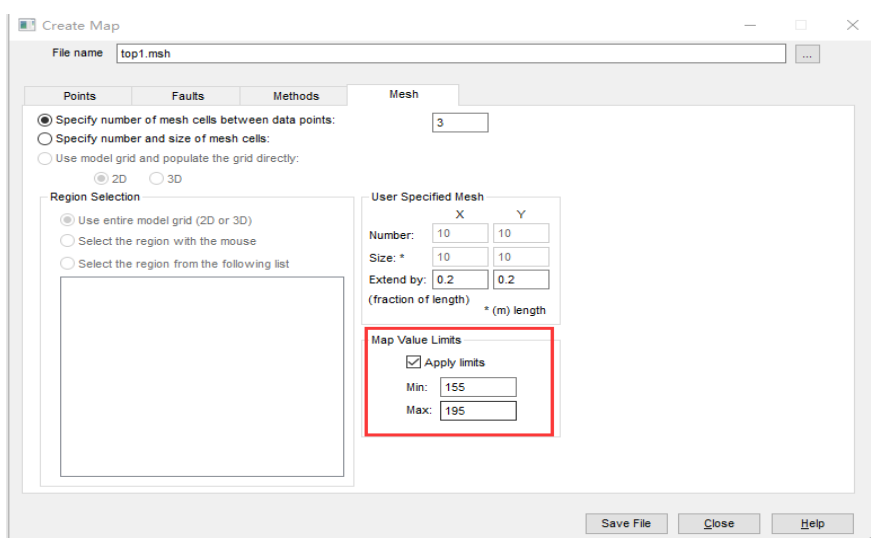
5) 切换到 Methods 选项卡，在 Calculation method 后面选择合适的插值方法。例如，本次选择克里金插值（Ordinary Kriging (OK) Estimation）。



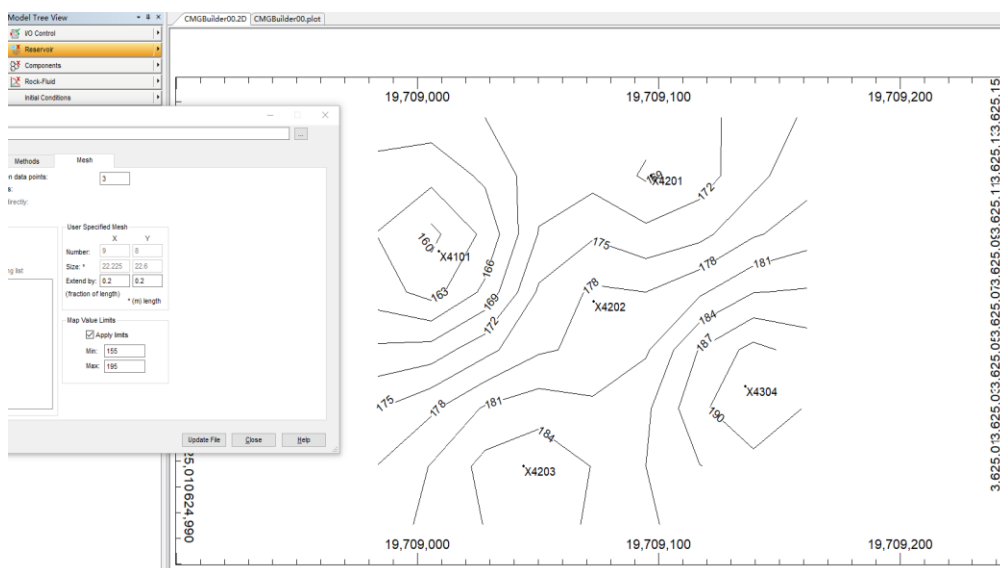
6) 将 Write Wells/Points to File 后面的复选框选中。该选项是将井点坐标写入到 mesh 文件中，以方便井点的显示。



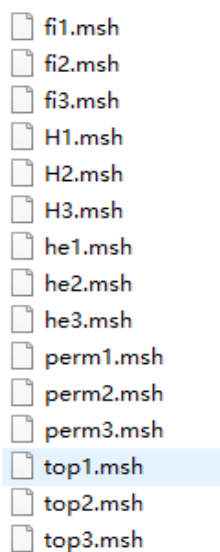
- 7) Methods 选项卡下的其他选项采用缺省设置。
- 8) 切换到 Mesh 选项卡。在 Map Value Limits 选项下设置该参数插值后的最大最小值。该取值范围需要根据对地质的认识进行合理的设置。



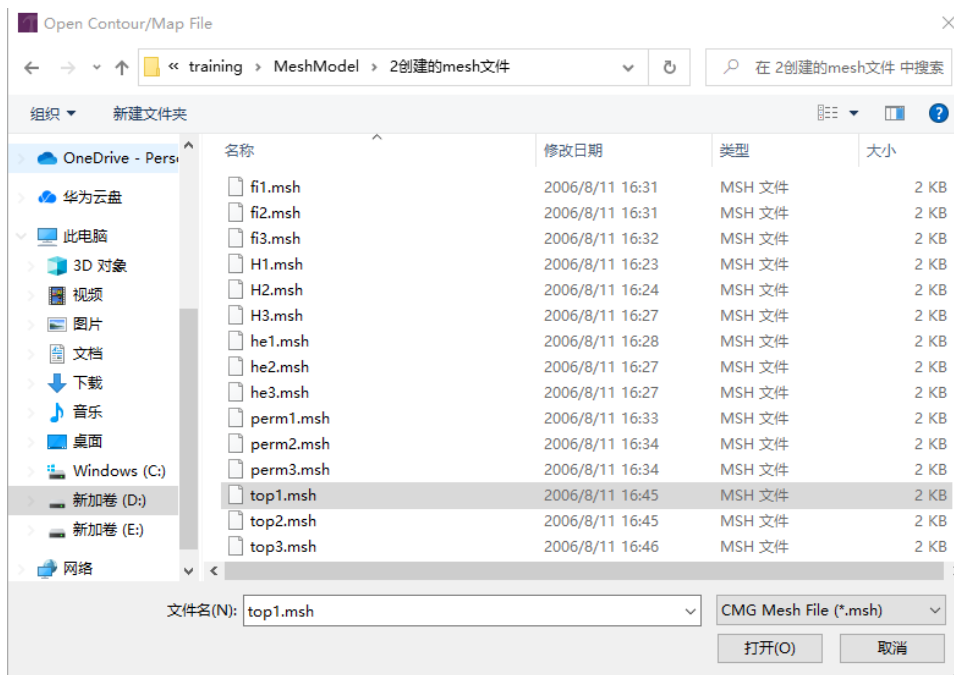
- 9) Mesh 选项卡下的其他选项采用缺省设置。
- 10) 至此，完成该页面的所有设置，点击 Save File，生成 mesh 文件。如图所示。



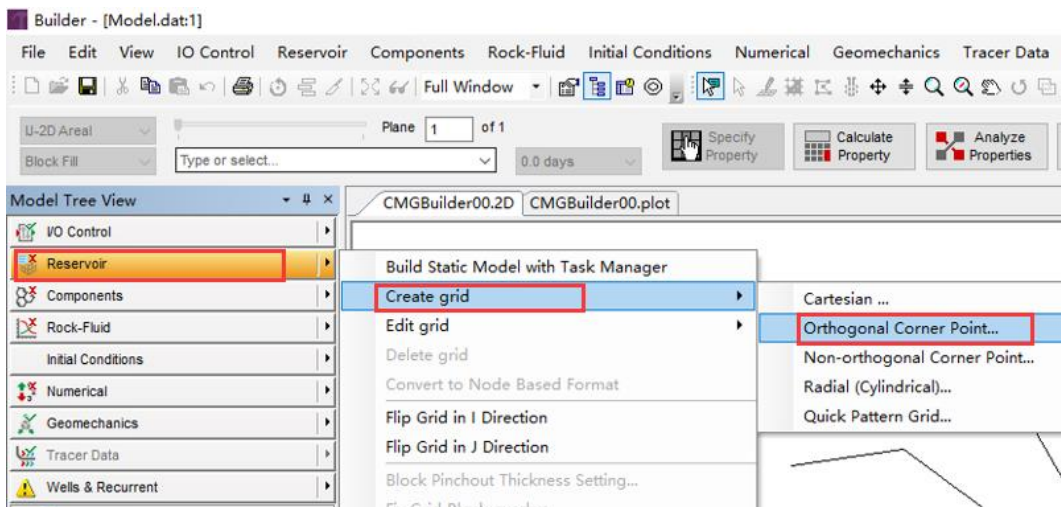
- 11) 此时，在工作目录下可以看到 **top1.msh** 文件。该文件是文本文件，可以用文本编辑器打开查看。
- 12) 重复 4-11 步的操作，依次建立第 2 层和第 3 层的顶深 mesh 文件。
- 13) 重复 4-12 步的操作，依次为砂厚（或底深，二选一）、有效厚度（或净毛比）、孔隙度、渗透率数据分别建立各自的等值线 mesh 文件。该例中饱和度比较特殊，取值基本相同，可以不建立等值线 mesh 文件。形成的文件夹列表如图所示。



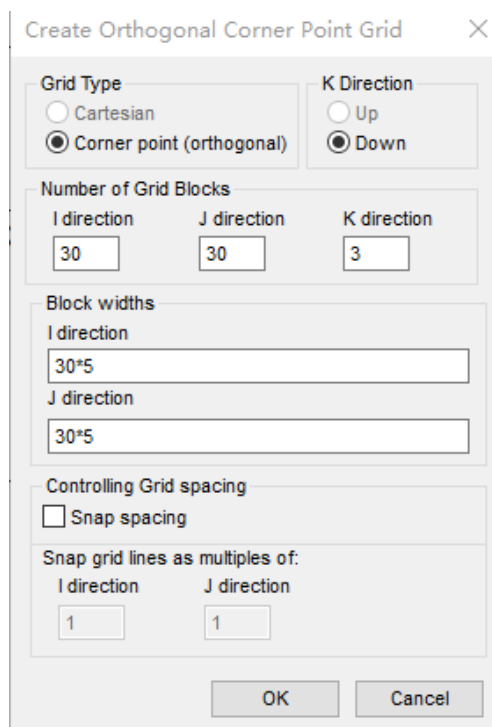
- 14) 所有的 mesh 文件都做好后，就可以导入 **Builder** 建立地质模型了。
- 15) 点击 **File** → **Open Map File**，选择一个 mesh 文件打开。如果已经显示了等值线，可以跳过这一步。



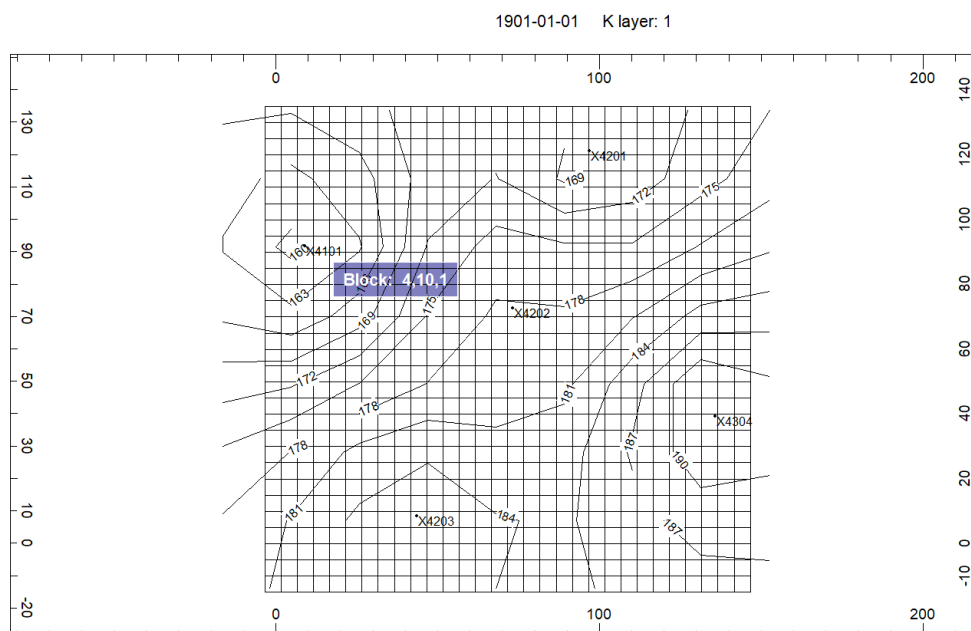
16) 根据油藏形状建立网格。选择 Reservoir → Create Grid → Orthogonal Corner Point..., 该例中选择的是正交角点网格。



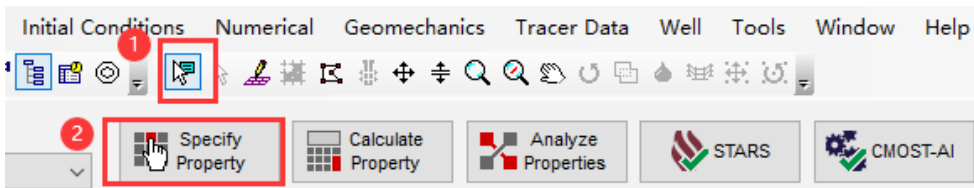
17) 根据油藏面积，设计合适的网格数和网格步长。该例中，油藏大小大约是 150m*150m，假如需要网格步长为 5m。垂向上不进行细分的话，就是 3 层。那么需要设置的网格维数为 30*30*3。



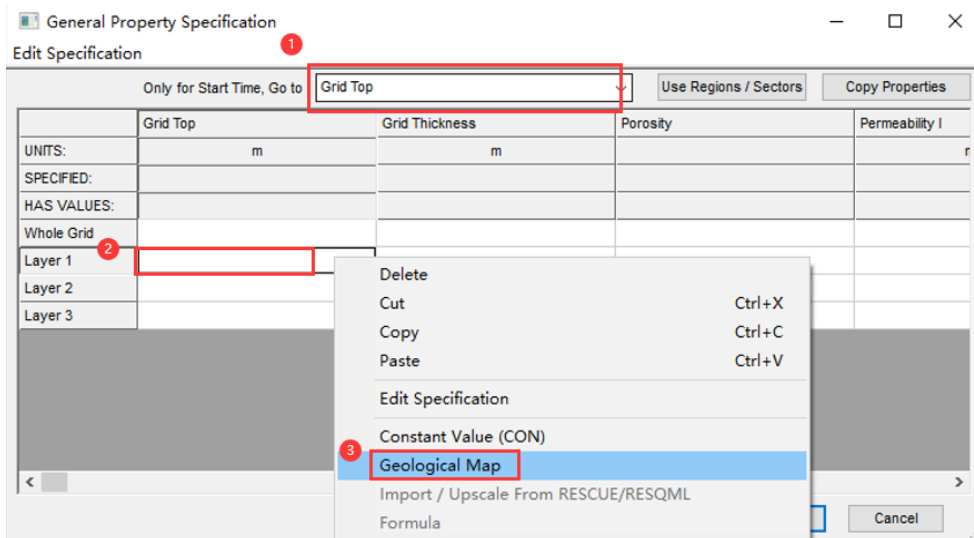
- 18) 按住 Shift 键，用鼠标拖动网格，使网格尽可能覆盖住所有井和模型的主要部分。



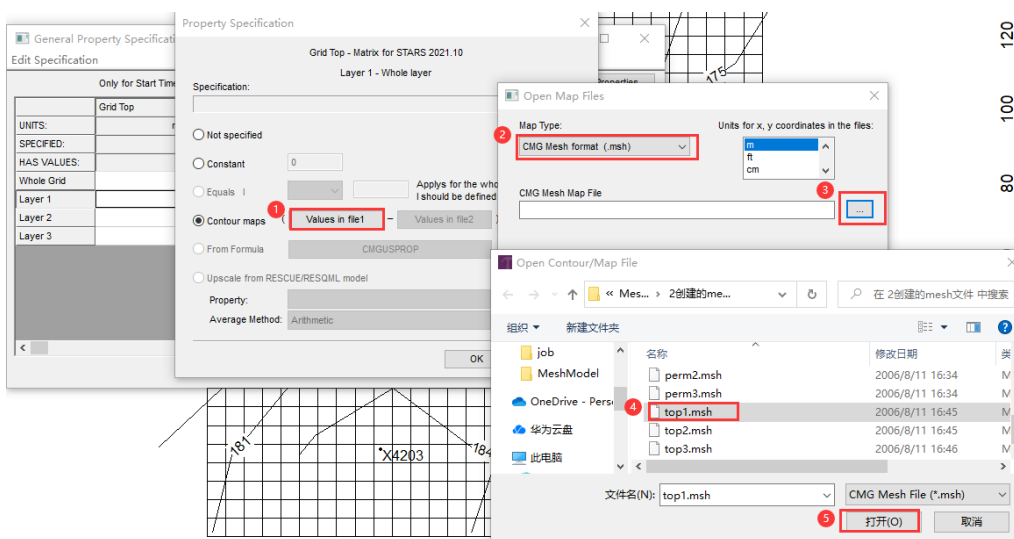
- 19) 网格确定后，接下来给网格赋值。点击工具栏中的 Probe Mode 按钮，退出网格编辑状态。然后点击 Specify Property 按钮，进入赋值页面。



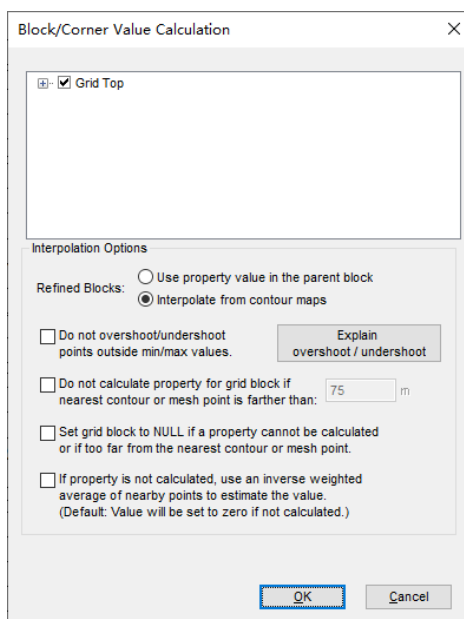
20) 在赋值页面的属性列表中，选择 Grid Top，在 Layer1 对应的格子上点击右键，选择 Geological Map。此处注意，不要在 Whole Grid 后面的格子上点右键。



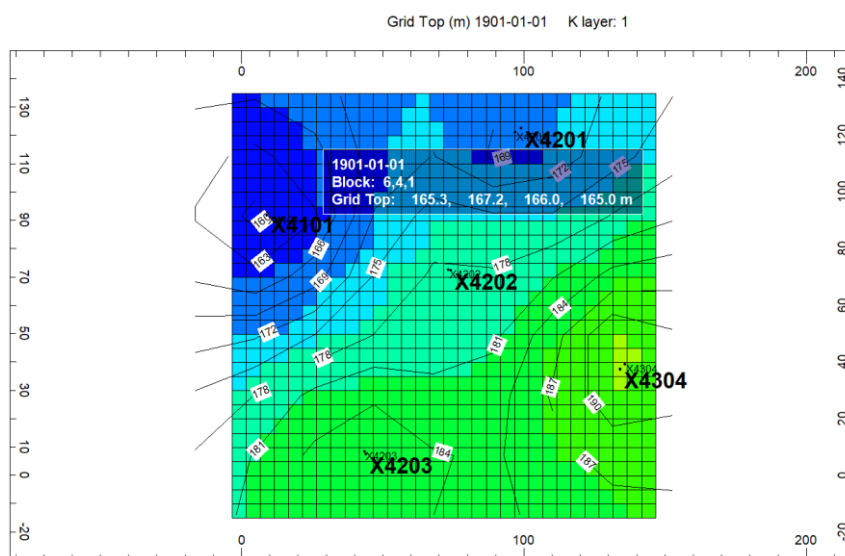
21) 在弹出的界面中，点击 Values in file1 按钮，在弹出的界面中选择文件类型为 CMG Mesh format (.msh)，找到 top1.msh 文件，打开。具体操作如下图所示。



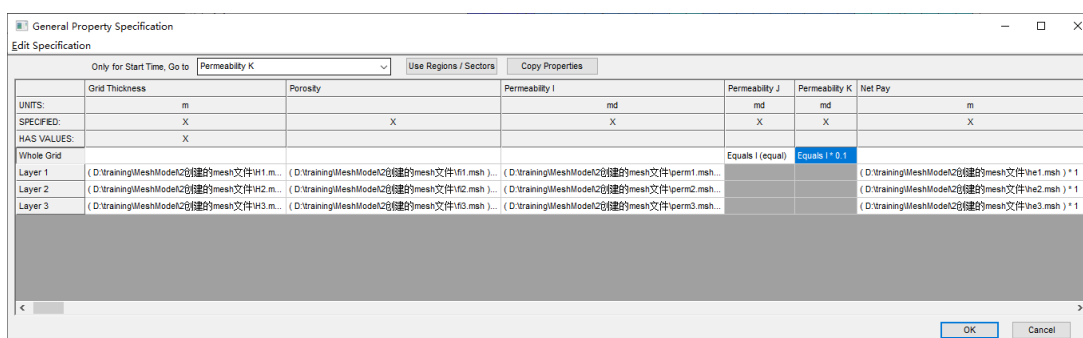
22) 多次 OK 后进入赋值计算状态，一般无需选择，直接 OK。



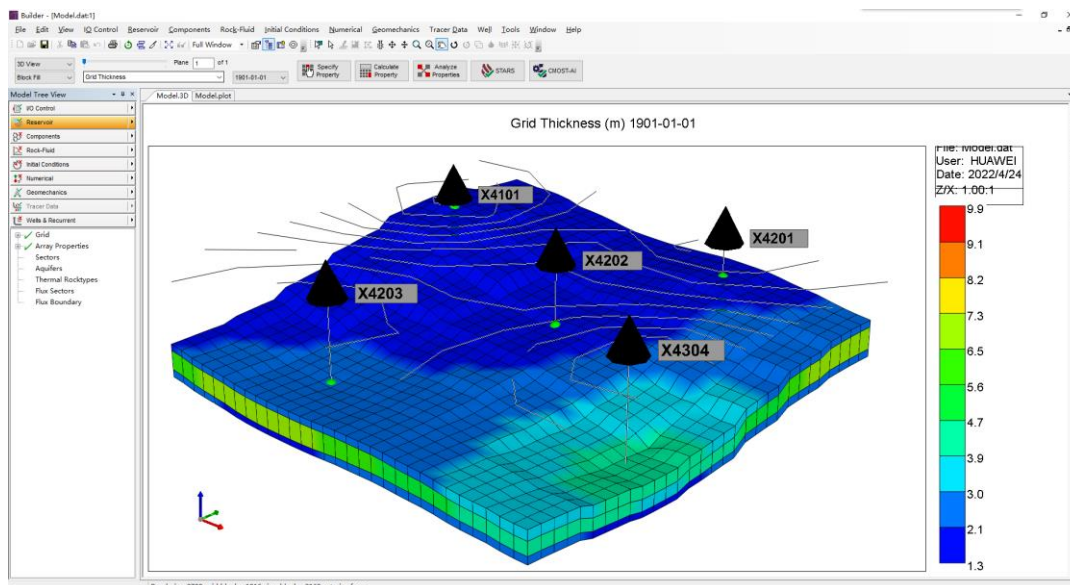
23) 此时可以看到油藏顶部构造图。



24) 下面就重复 20-22 步的操作，依次将砂厚、有效厚度（或净毛比）、孔隙度、渗透率的 mesh 文件导入，赋值到网格上。注意，J 和 K 方向的渗透率是从 I 方向等过来或乘以系数的。



25) 此时，地质模型已经建立起来，保存模型，如下图所示。



插值方法介绍

克里金法 (Kriging) 插值

克里金法的命名来自于南非金矿工程师丹尼·克里格 (DANIE G. KRIGE)，以纪念其使用回归方法对空间场进行预测的开创性研究。克里金法 (普通克里金) 的提出者为法国统计学家乔治斯·马瑟伦 (GEORGES MATHERON)，在其 1963 年发表的著作 PRINCIPLES OF GEOSTATISTICS 中，马瑟伦将克里金法定义为“对已知样本加权平均以估计平面上的未知点，并使得估计值与真实值的数学期望相同且方差最小的地统计学过程”。

趋势面 (Trend Surface) 光滑插值

作为一个非精确的插值方法，趋势面插值用多项式表示的线或面按最小二乘法原理对数据点进行拟合，并用于估算其它值的点，线和面多项式的选择取决于数据是一维还是二维。包括线性或一阶次趋势面的数学模拟模型、二次趋势面的数学模拟模型、三次趋势面的数学模拟模型 (二维)。