

利用 CMG-GEM 组分模拟器 模拟页岩气开采



一、通过 **BUILDER** 创建页岩气“**SHALE GAS**”模型

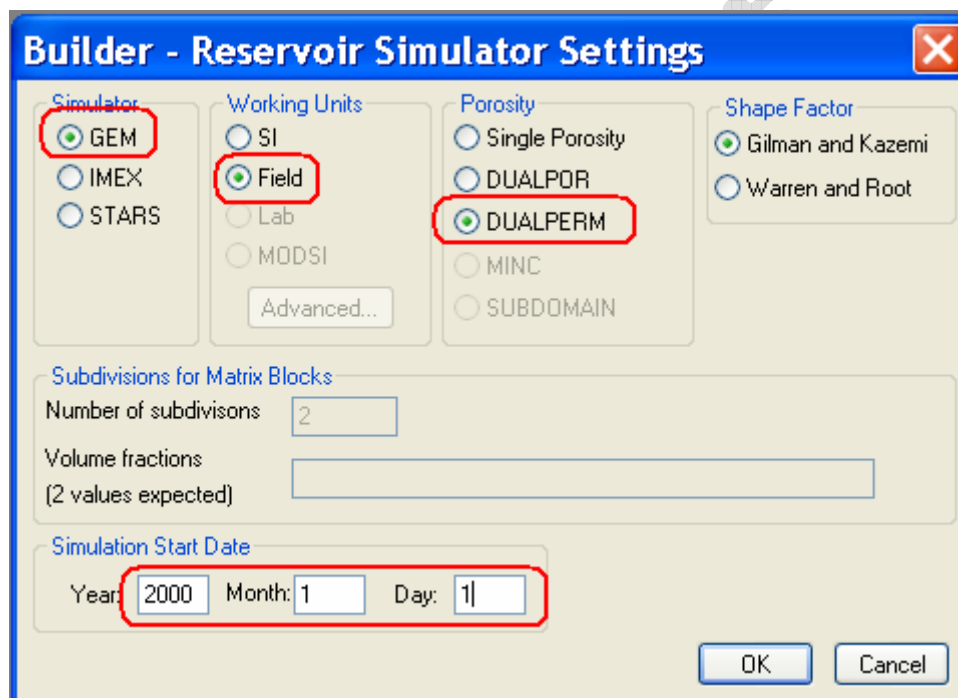
1.1 打开 BUILDER

启动 Builder（在 CMG Launcher 中双击 BUILDER 图标  ）。


1.1.1 选择以下选项：

- **GEM** 模拟器，**FIELD** 单位，**DUALPERM**，Gilman and Kazemi 形状因子。
- 开始日期 **2000-01-01**。

1.1.2 点击两次 **OK**。

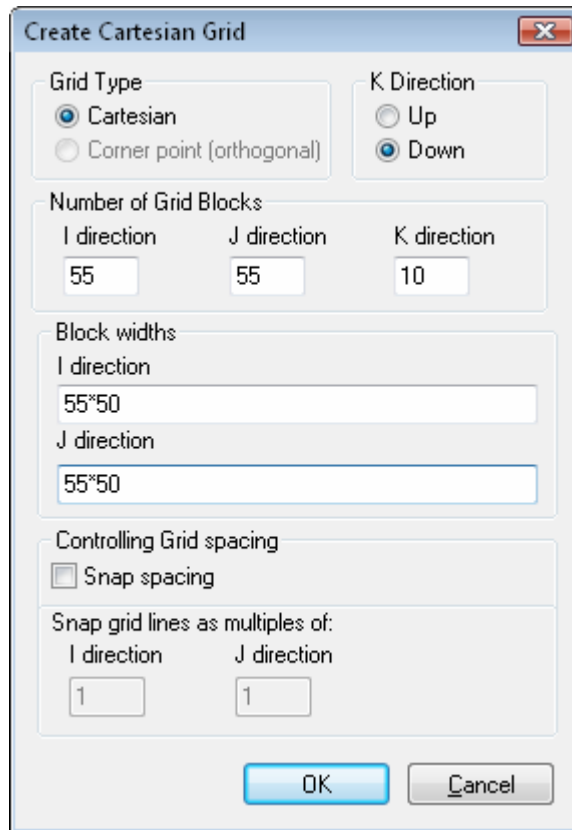



1.2 创建油藏描述数据

1.2.1 在树状图点击 **Reservoir** 标签，然后点击  按钮，并选择 **Create Grid** 和 **Cartesian...**。

1.2.2 输入以下内容：

在网格对话框中输入 I 方向为 **55**，J 方向为 **55**，K 方向为 **10**，在 I 方向对话框中输入 **55*50**，用作指定一个常数，表示 I 方向上所有 55 个网格长度均为 50ft，在 J 方向对话框中输入 **55*50**，表示 J 方向上所有 55 个网格长度均为 50ft。选择 **OK**。



1.2.3 在最左边菜单点击  (指针模式) 按钮。

1.2.4 屏幕顶部中间的 **Specify Property** 和 **Calculate Property** 按钮现在应是可选的，点击 **Specify Property**，并输入以下值（注意：单位会被自动应用）：

Grid Top – **950 ft** for layer 1

Grid Thickness – **30 ft** for all layers

Matrix Porosity – **0.03** for whole grid

Fracture Porosity – **0.001** for whole grid

Matrix Permeability I, J and K – **0.0001** for whole grid

Fracture Permeability I, J and K – **2E-5** for the whole grid (假定裂缝传导率为 0.001md.ft，那么有效的渗透率将为 0.001md.ft/50ft)。

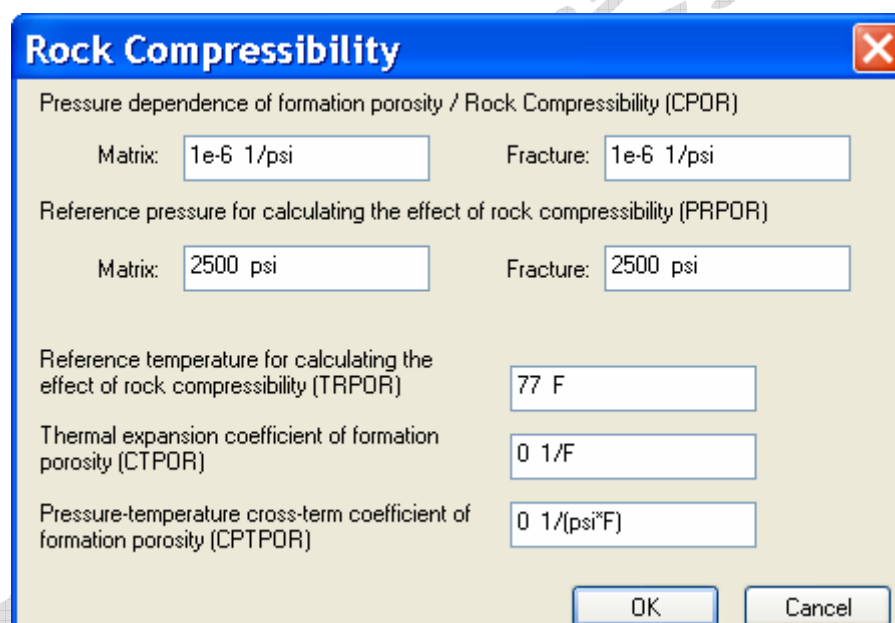
Fracture Spacing I and J direction – **50 ft** and **0 ft** for K direction whole grid。

Implicit Flag – 对裂缝油藏，我们应该用一种全隐式计算方法而不是默认的自适应隐式方法。将 **Implicit Flag for matrix and fracture** 设置为 3。

1.2.5 点击两次 OK 到 **Calculate Property**。

General Property Specification						
Edit Specification						
Go To Property: Porosity		Use Regions / Sectors				
	Grid Top	Grid Thickness	Porosity	Porosity - Fracture	Permeability I	Permeability J
UNITS:	ft	ft			md	md
SPECIFIED:	X	X	X	X	X	X
HAS VALUES:	X	X	X	X	X	X
Whole Grid			0.03	0.001	0.0001	0.0001
Layer 1	950	30				
Layer 2		30				
Layer 3		30				
Layer 4		30				
Layer 5		30				
Layer 6		30				
Layer 7		30				
Layer 8		30				
Layer 9		30				
Layer 10		30				

1.2.6 **Reservoir** 标签下双击 **Rock Compressibility**，对基质和裂缝，在 **rock compressibility** 对话框中输入 **1.00e-6 1/psi**，**reference pressure** 对话框中输入 **2500 psi**。点击 **OK**。Builder 自动应单位。这时 **Reservoir** 部分会出现绿色对勾。



Rock Compressibility

Pressure dependence of formation porosity / Rock Compressibility (CPOR)

Matrix: 1e-6 1/psi Fracture: 1e-6 1/psi

Reference pressure for calculating the effect of rock compressibility (PRPOR)

Matrix: 2500 psi Fracture: 2500 psi

Reference temperature for calculating the effect of rock compressibility (TRPOR) 77 F


Thermal expansion coefficient of formation porosity (CTPOR) 0 1/F

Pressure-temperature cross-term coefficient of formation porosity (CPTPOR) 0 1/(psi°F)

OK Cancel

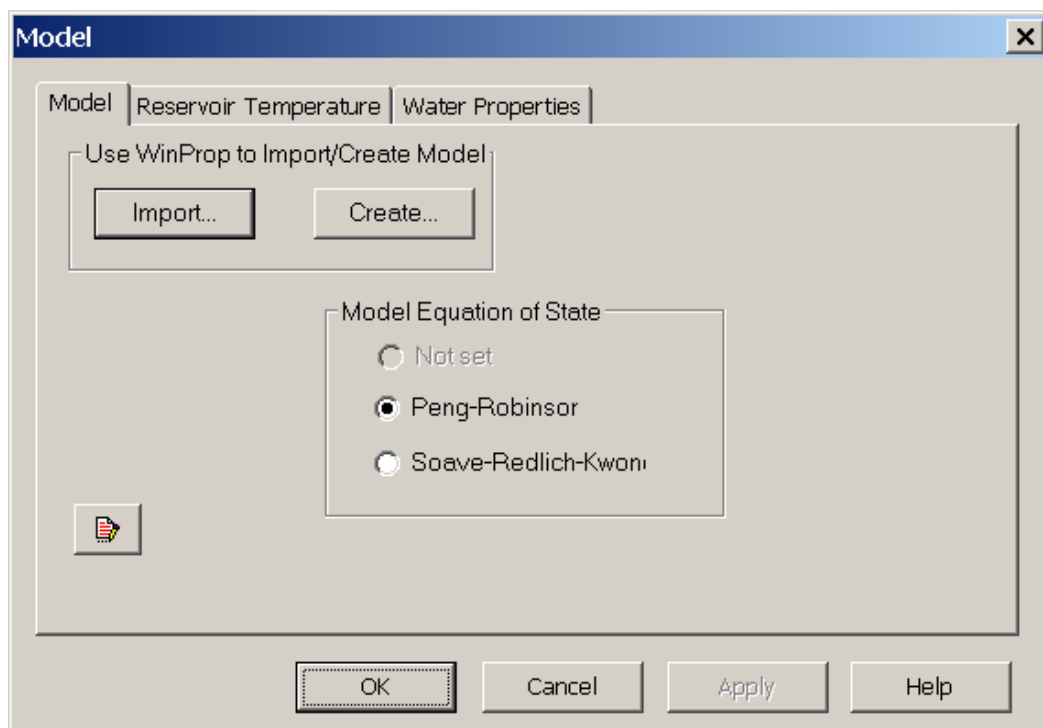
1.2.7 现在保存文件。点击 **File** 并选择 **Save As**。保存文件为“**Shale Gas model.dat**”。

1.3 创建组分属性数据

1.3.1 在 **Components** 标签处点击 ，并选择 **Model**。

1.3.2 选择 **Peng-Robinson**，转到 **Reservoir Temperature** 标签并设置油藏温度为 **100F**。

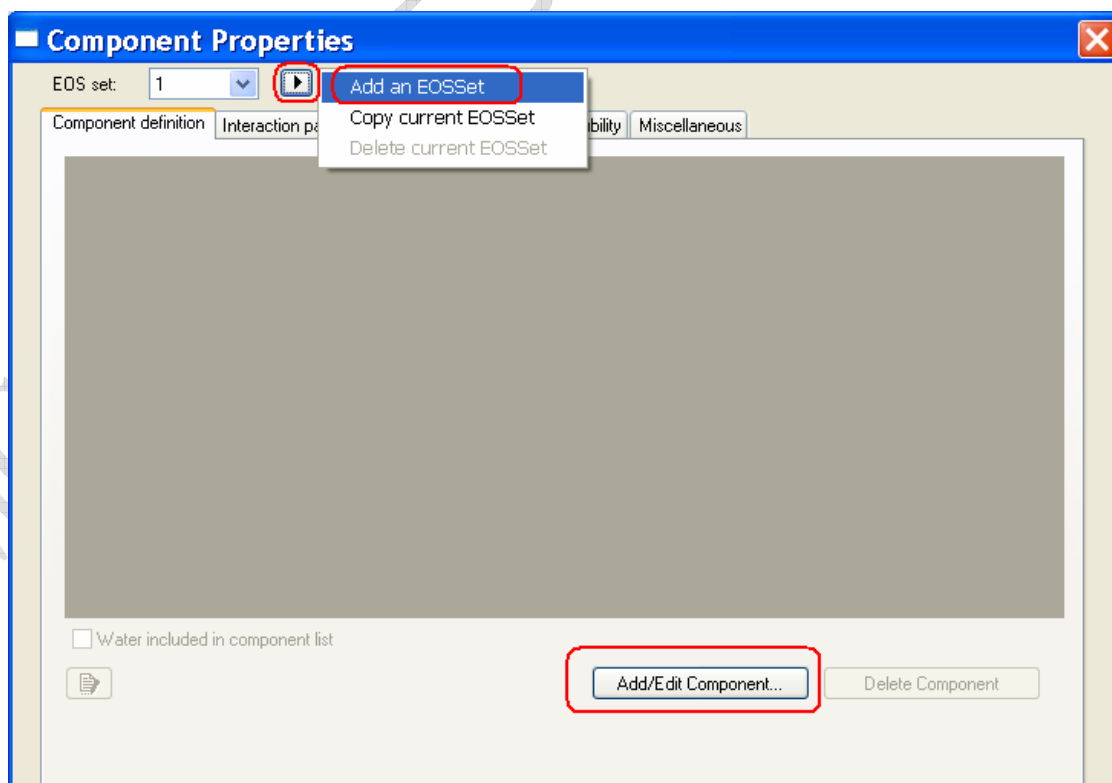
1.3.3 这有一个选项可以修改水属性或采用默认值。



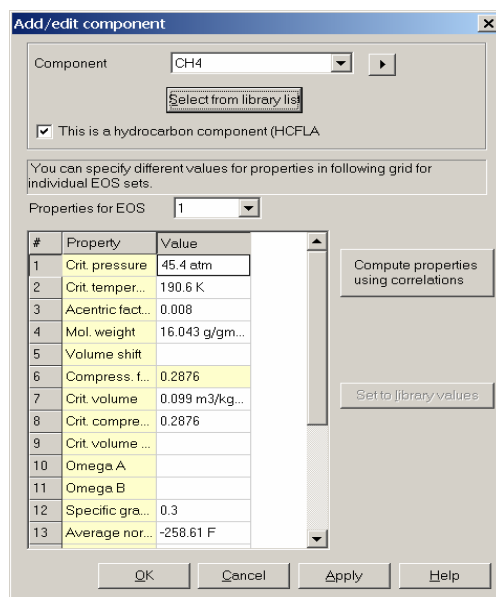
1.3.4 点击 **OK**。

1.3.5 回到 **Components** 标签，并转到 **Add/Edit Components**。

1.3.6 **Add an EOSSet** 并转到 **Add/Edit Components** 在组分库里选择 **CH₄**。



1.3.7 在组分库中选择 CH₄。



Component: CH₄

☒ This is a hydrocarbon component (HCFLA)

You can specify different values for properties in following grid for individual EOS sets.

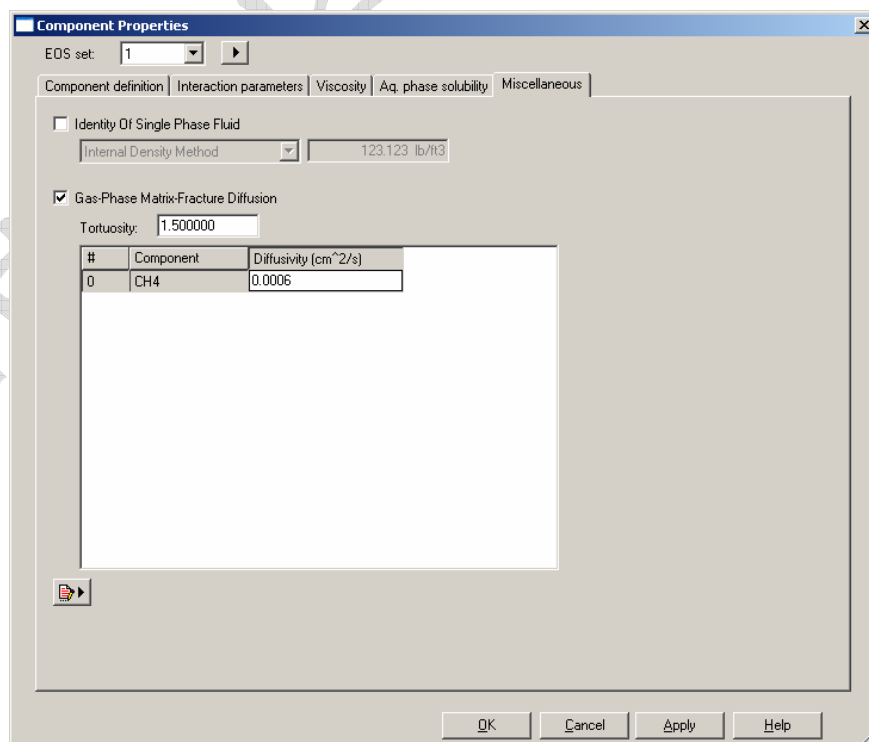
Properties for EOS: 1

#	Property	Value
1	Crit. pressure	45.4 atm
2	Crit. temper...	190.6 K
3	Acentric fact...	0.008
4	Mol. weight	16.043 g/gm...
5	Volume shift	
6	Compress. f...	0.2876
7	Crit. volume	0.099 m ³ /kg...
8	Crit. compre...	0.2876
9	Crit. volume ...	
10	Omega A	
11	Omega B	
12	Specific gra...	0.3
13	Average nor...	-258.61 F

1.3.8 现在我们有模拟纯 CH₄ 必须的状态方程参数，我们可以添加其它气体组分，但在这个练习中不需要。

1.3.9 你会发现油藏部分会再一次变红，这是由于没有定义气体的摩尔组成，当我们定义初始化部分时这里会被自动完成。

1.3.10 对 CH₄ 添加气相基质-裂缝扩散信息。在 Component properties 树状图上双击“Gas phase diffusion constants (DIFFC-GAS)”。输入以下扩散参数。



EOS set: 1

Component definition | Interaction parameters | Viscosity | Aq. phase solubility | Miscellaneous

☐ Identity Of Single Phase Fluid

123.123 lb/ft³

☒ Gas-Phase Matrix-Fracture Diffusion

Tortuosity: 1.500000

#	Component	Diffusivity (cm ² /s)
0	CH ₄	0.0006

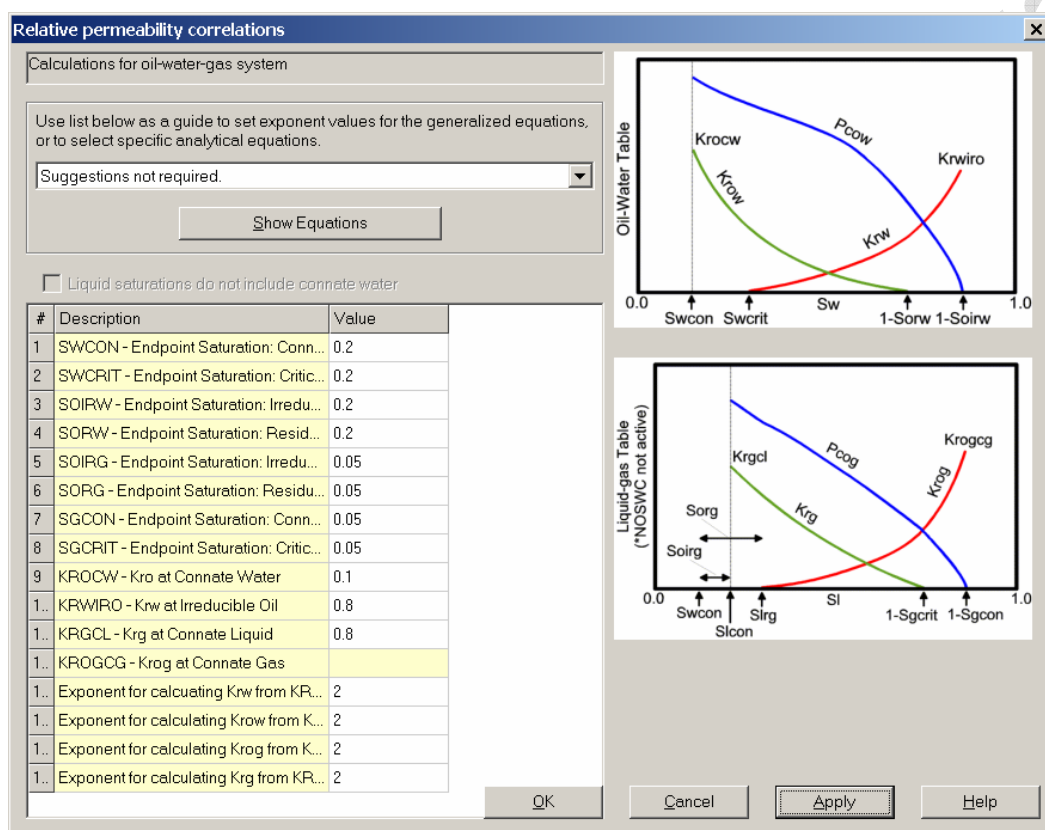
1.4 创建相对渗透率数据

1.4.1 在 **Rock Fluid section** 处点击 **Create/Edit Rock Types**。

1.4.2 点击  按钮选择 **New Rock Type**。

1.4.3 选择 **Tools** 和 **Generate Table using correlation**。

1.4.4 输入如下图所示参数：



1.5 指定气体的吸附数据

在煤层气练习中，气体吸附数据已经通过 Builder 的 **Quick CBM Setup** 功能导入，用户可以运用相同的快速 CBM 向导输入等温线数据或通过“specify property”选项输入。

但是，当运用快速 CBM 向导时，需要注意在基质中“COAL-DIF-TIME or COAL-DIF-COMP”表示没有达西流动，因此这些关键字需要从数据文件中删除并替换为“Diffusion”关键字。

在本次练习中，我们将用到 Builder 中“**Reservoir**”部分的数据输入功能。我们需要提供朗格缪尔吸附等温线模型和岩石密度的数值。

点击 **Specify Property** 并输入以下值（注意：单位会被自动应用）：

- Maximal Adsorbed Mass (CH₄) – Matrix - **0.10 gmole/lb** (167 scf/ton) (ADGMAXC) (for unit conversion, refer to the slides in the CBM section).
- Maximal Adsorbed Mass (CH₄) - Fracture – **0.0 gmole/lb**
- Langmuir Adsorption Constant (CH₄) - Matrix – **0.002 1/psi** (ADGCSTC)
- Langmuir Adsorption Constant (CH₄) - Fracture – **0.002 1/psi**
- Rock Density – **120 lbm/ft³**

General Property Specification

Edit Specification

Go To Property: **Langmuir Adsorption Constant(CH₄)** Use Regions / Sectors

	Langmuir Adsorption Constant(CH ₄)	Langmuir Adsorption Constant(CH ₄ ...	Maximal Adsorbed Mass(CH ₄)	Maximal Adsorbed Mass(CH ₄) - Fra...	Rock Density
UNITS:	1/psi	1/psi	gmole/lb	gmole/lb	lb
SPECIFIED:	X	X	X	X	
HAS VALUES:	X	X	X	X	
Whole Grid	0.002	0.002	0.1	0	120
Layer 1					
Layer 2					
Layer 3					
Layer 4					
Layer 5					

1.6 创建初始条件部分

1.6.1 在顶部菜单栏选择 **Initial Conditions** 并点击 **Initialization Setting**。

1.6.2 选择 **Water_Gas** 作为油藏初始流体，来完成垂直深度平均重力-毛细管平衡计算。

Initial Conditions

Calculation Methods Init. Region Parameters Advanced Parameters

☒ Block Saturation at each grid block average over the depth interval spanned by the grid block (VERTICAL DEPTH_AVE)

Perform Gravity-Capillary Equilibrium of A Reservoir Initially Containing

☐ Water, Oil, Gas (WATER_OIL_GAS)
☐ Water, Oil (WATER_OIL) - No free gas
☒ Water, Gas (WATER_GAS)

Water-Gas Zone Transition

☐ Use water-gas capillary pressure curves and determine water-gas transition zone. (TRANZONE)
☒ Ignore ALL capillary pressure curves. (NOTRANZONE)

Phase Pressure Correction

☒ Add phase pressure correction to ensure that the reservoir is initially in gravitational equilibrium. (EQUIL)
☐ Do not add a phase pressure correction. (NOEQUIL)

☐ Block Saturation at each grid block same as saturation prevailing at the block center (VERTICAL BLOCK_CENTER)

Perform Gravity-Capillary Equilibrium of A Reservoir Initially Containing

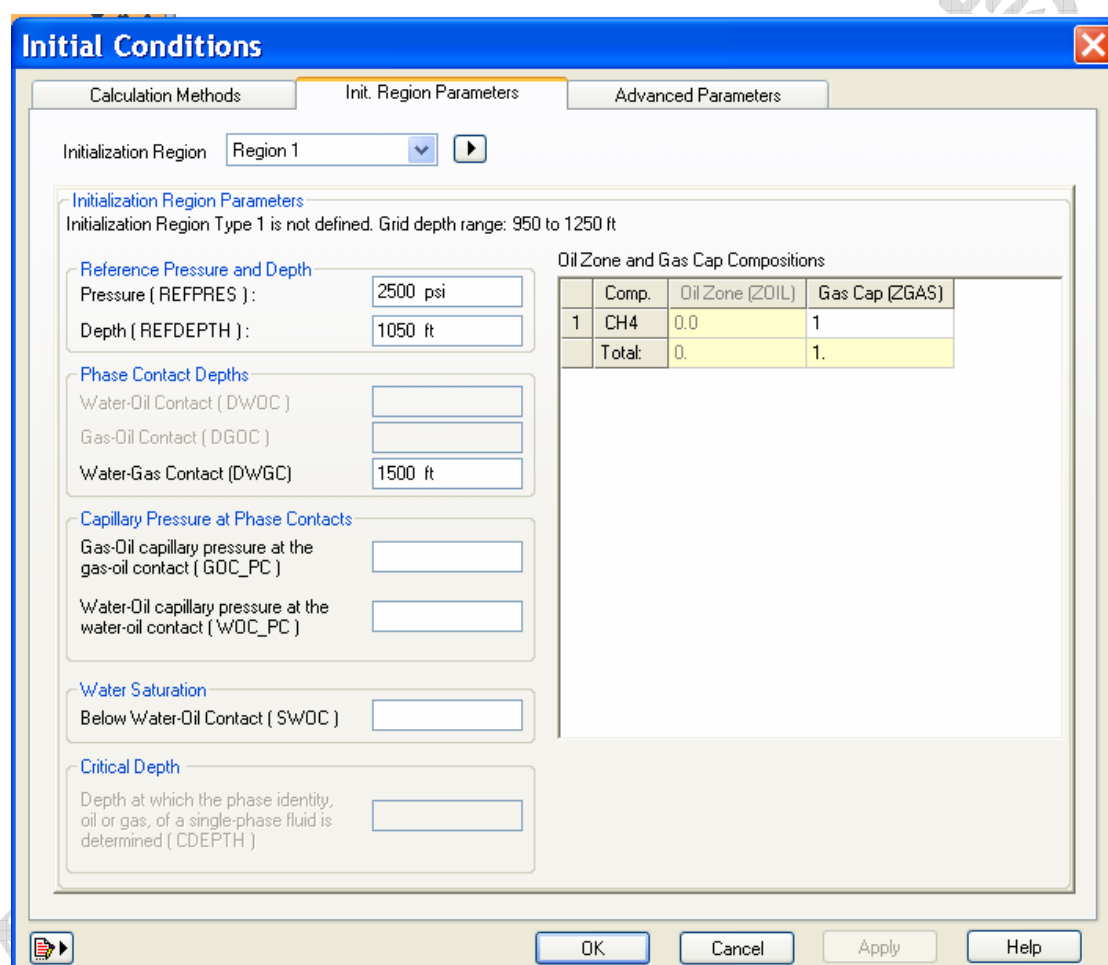
1.6.3 转到 **Init. Region Parameters** 标签，输入如下的压力、组分、和气水界面。

Reference Pressure = **2500** psi

Reference Depth = **1050** ft

Water-Gas Contact = **1500** ft

Gas cap mole fraction (ZGAS) = **1**



Initial Conditions

Calculation Methods **Init. Region Parameters** Advanced Parameters

Initialization Region: Region 1

Initialization Region Parameters
Initialization Region Type 1 is not defined. Grid depth range: 950 to 1250 ft

Reference Pressure and Depth
Pressure (REFPRES): 2500 psi
Depth (REFDEPTH): 1050 ft

Phase Contact Depths
Water-Oil Contact (DWOC):
Gas-Oil Contact (DGOC):
Water-Gas Contact (DWGC): 1500 ft

Capillary Pressure at Phase Contacts
Gas-Oil capillary pressure at the gas-oil contact (GOC_PC):
Water-Oil capillary pressure at the water-oil contact (WOC_PC):

Water Saturation
Below Water-Oil Contact (SWOC):

Critical Depth
Depth at which the phase identity, oil or gas, of a single-phase fluid is determined (CDEPTH):

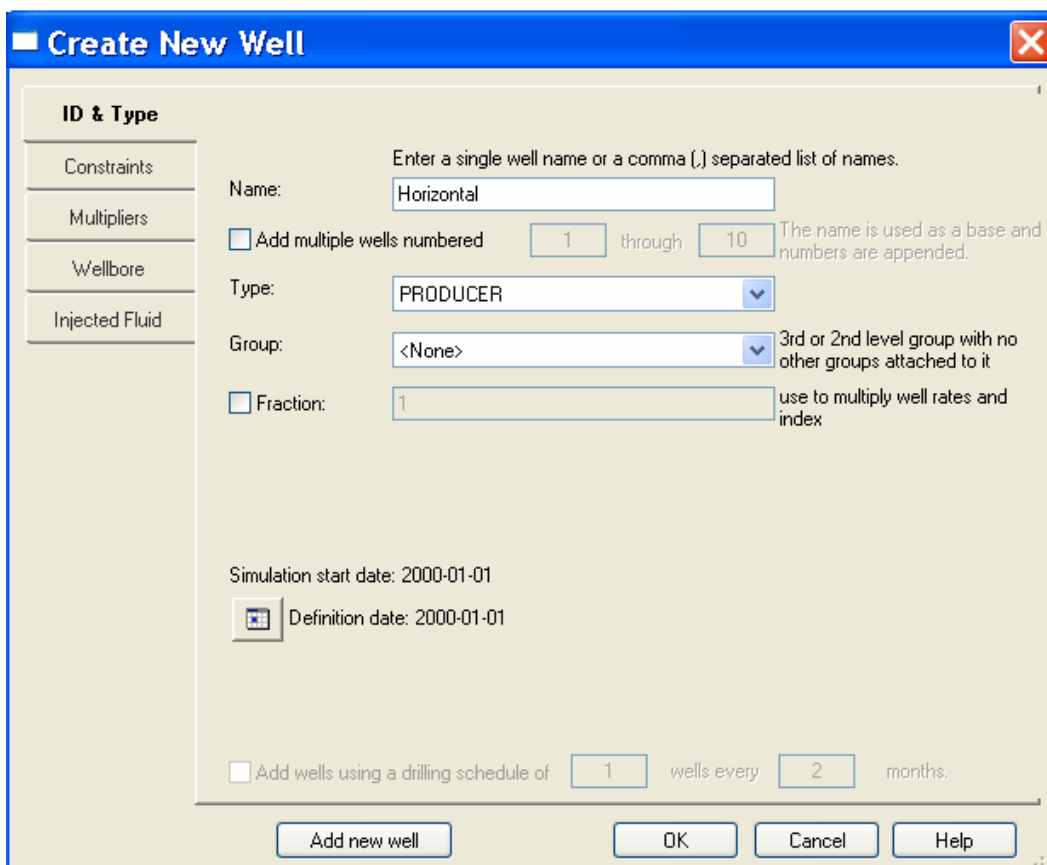
Oil Zone and Gas Cap Compositions

	Comp.	Oil Zone (ZOIL)	Gas Cap (ZGAS)
1	CH4	0.0	1
	Total:	0.	1.

OK Cancel Apply Help

1.7 井和动态数据部分

1.7.1 我们将在第 5 层沿着 I 方向从 22 28 5 到 40 28 5 钻一口水平井。在树状图中，右键点击 **Wells** 并选择 **New**。这将允许你钻一口新井。命名为 **"Horizontal"**，并选择井类型为 **"PRODUCER"**。



Create New Well

ID & Type

Enter a single well name or a comma (,) separated list of names.

Name:

☐ Add multiple wells numbered through The name is used as a base and numbers are appended.

Type:

Group: 3rd or 2nd level group with no other groups attached to it

☐ Fraction: use to multiply well rates and index

Simulation start date: 2000-01-01

☐ Definition date: 2000-01-01

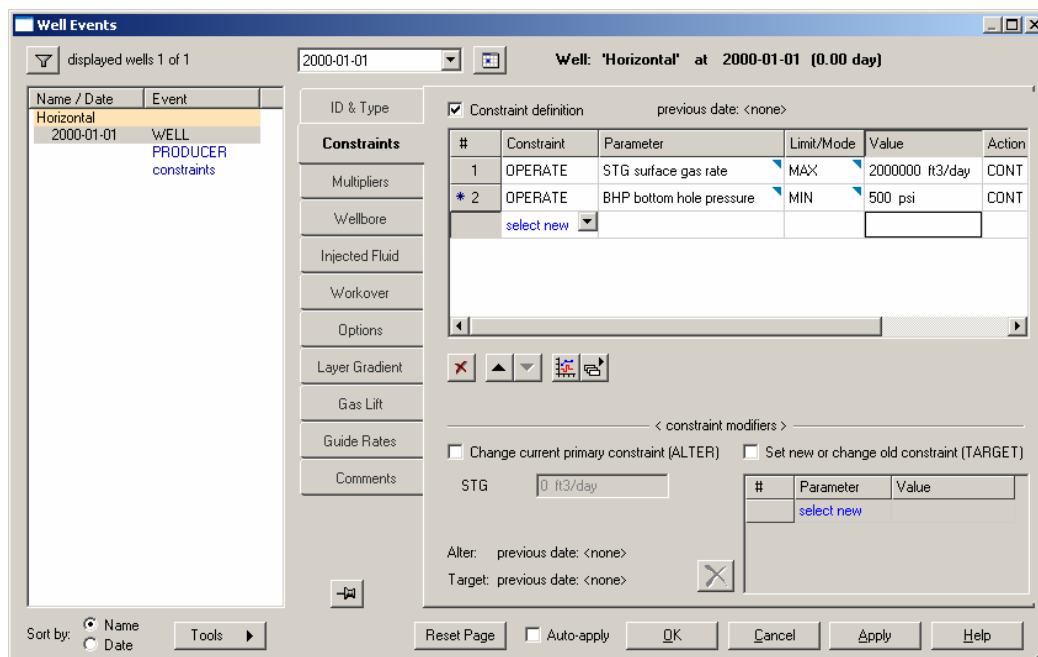
☐ Add wells using a drilling schedule of wells every months.

1.7.2 点击 **Constraints** 标签并选中 **Constraint Definition** 对话框。

1.7.3 在 **select new** 下方（在表格中的约束列）选择 **OPERATE**。然后选择 **STG surface gas rate, MAX, 2E06 scf/d, CONT REPEAT**。

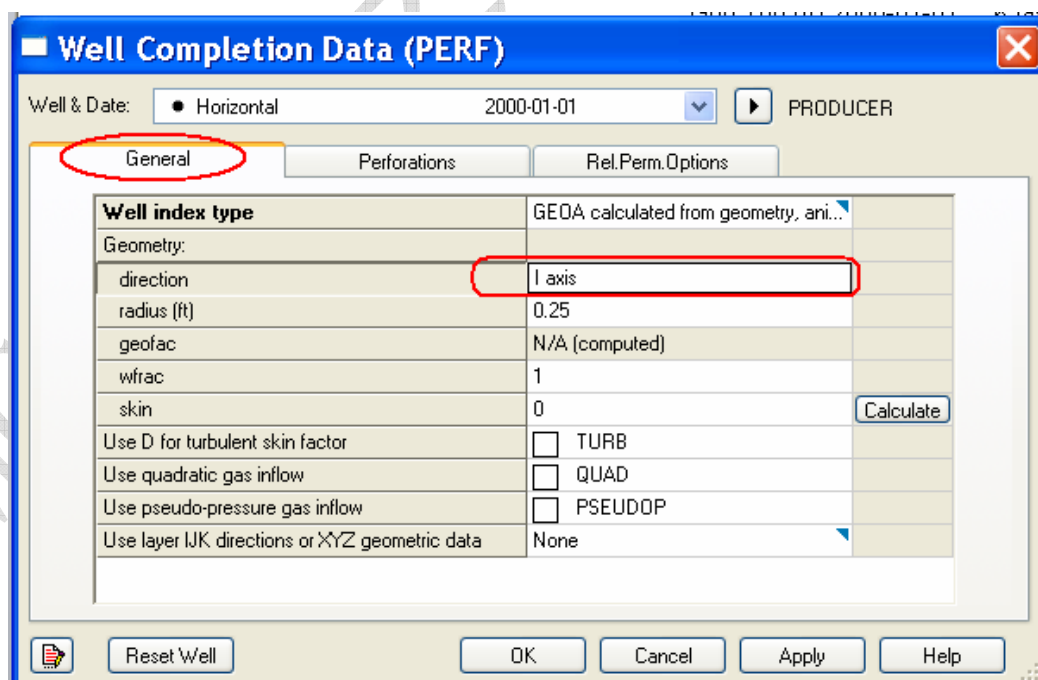
1.7.4 重复最后一步来添加另一个约束条件，输入：**BHP bottom hole pressure, MIN, 500 psi, CONT REPEAT**。

1.7.5 点击 **OK**。

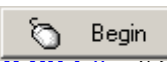



1.7.6 在树状图展开 **Wells** 和 **Horizontal**，并双击 **2000-01-01 PERF**。

1.7.7 现在应该在 **General** 标签下，由于水平井是沿着 I 方向的，将默认的 K 方向改为 I 方向以便来计算正确的井指数。



1.7.8 转到 **Perforations** 标签。

1.7.9 通过鼠标添加射孔，点击  按钮，如果“**Well Completions Data**”界面遮住井位置“**22 28 5**”及“**40 28 5**”，你可以将这个界面移动到一边，再进行射孔。也可以采用点击  按钮，并手动输入井位置（**22:40 28 5**）来射孔。

1.7.10 点击 **Wells & Recurrent** 标签并双击 **Dates**。

1.7.11 点击  转到 **Add a range of dates**。选择 **From: 2000-01-01**, **To:2005-01-01**。对出现对话框点击两次 **OK**。选择步长为一个月。

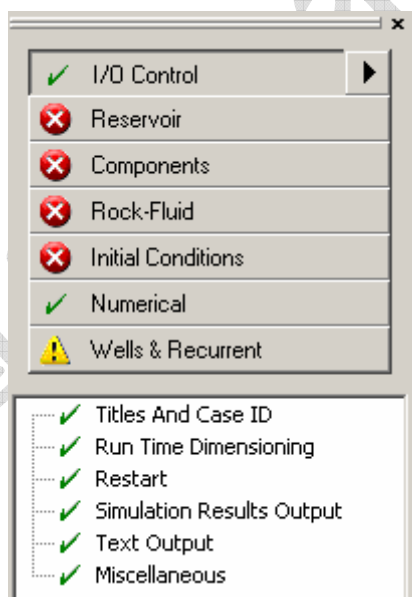
1.7.12 在 **set STOP** 列，点击 **2005-01-01**，所以模拟器在此日期处停止。点击 **Close**。

1.7.13 点击 **OK**。所有部分都会出现 **green check mark**。

1.7.14 保存数据。

1.8 输入输出控制

1.8.1 在树状图中点击 **I/O Control**。



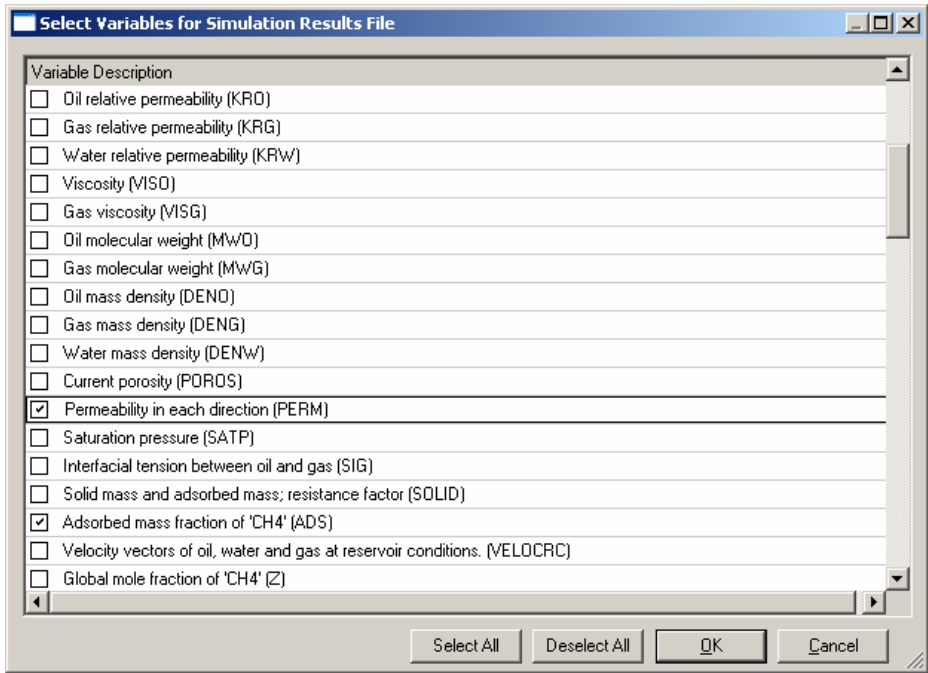
1.8.2 双击 **Titles And Case ID**。

1.8.3 输入“**Shale Gas Reservoir**”，点击 **OK**。

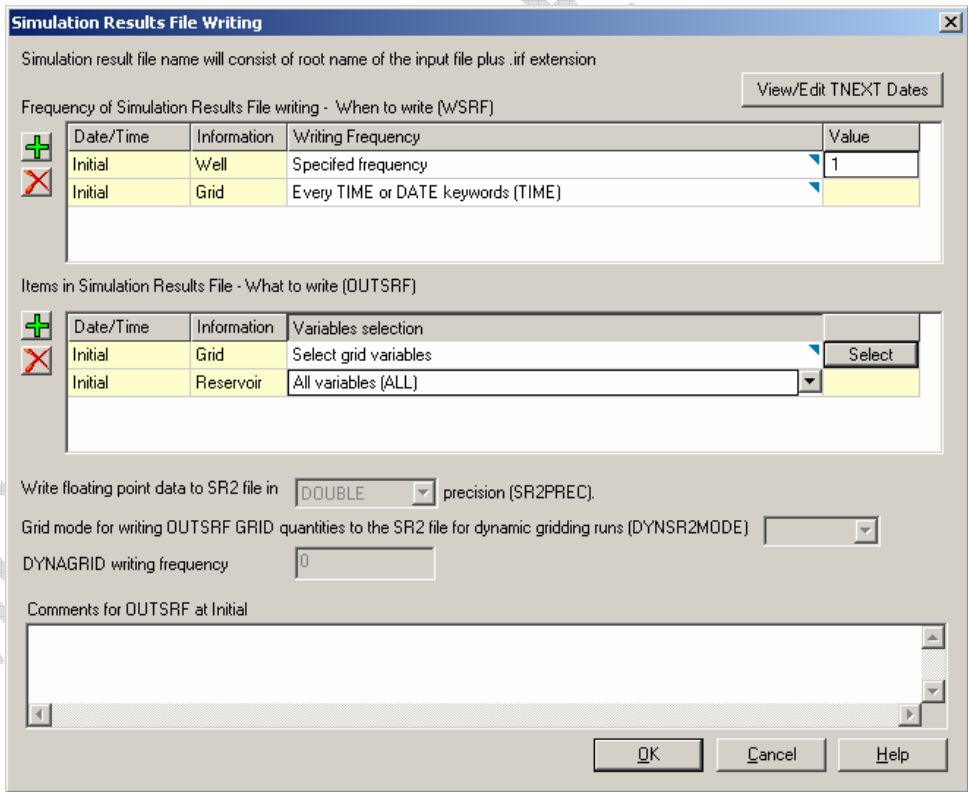
1.8.4 双击 **Simulation Results Output**。

1.8.5 点击 **Select** 按钮转到 **select grid variables**。我们现在通过选中“**Adsorbed Mass Fraction of 'CH4'**”来选择输出吸附气。这个选择将提供几项与气体吸附有关的信息，这些信息将在后处理里看到。并且，选择“**Permeability**”。

in each direction”，点击两次 **OK** 并保存数据。



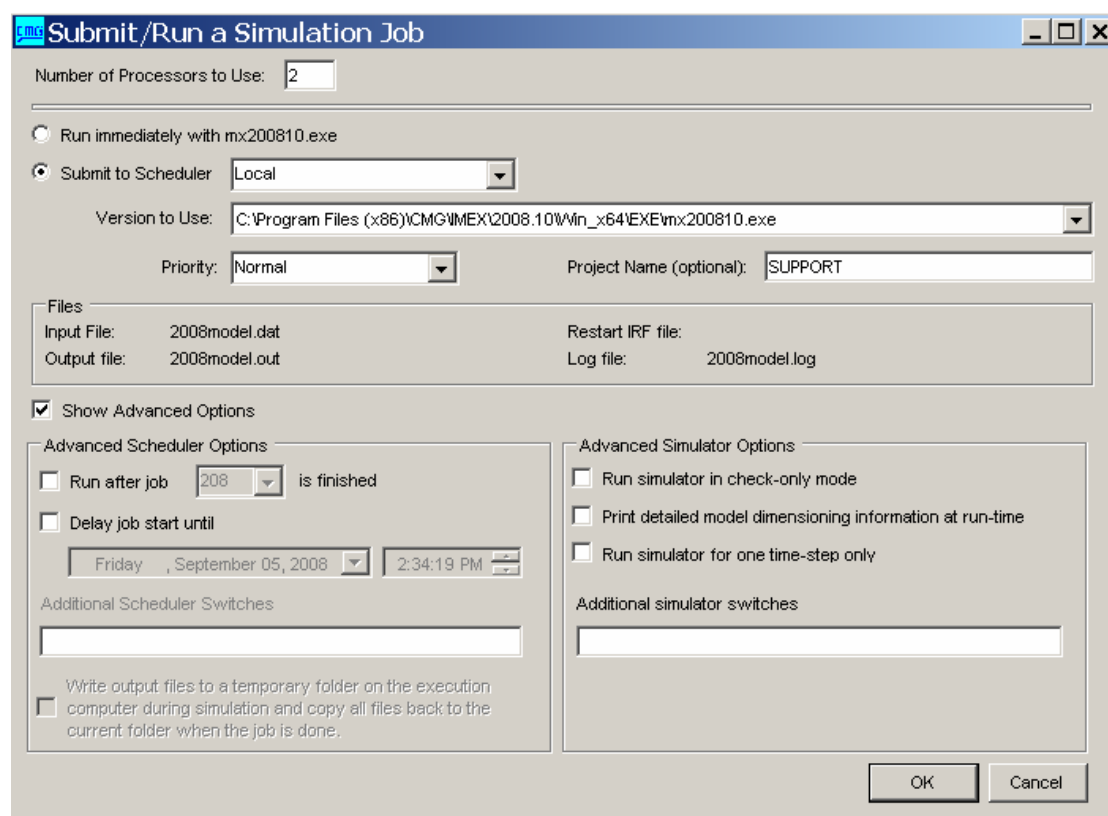
1.8.6 如下图所示更改“Initial Reservoir to All Variables”:



1.8.7 保存数据。

二、运行 GEM 模型

在 **CMG Launcher** 下拖拽数据“**Shale Gas Model. Dat**”到 **GEM** 图标上运行数据。



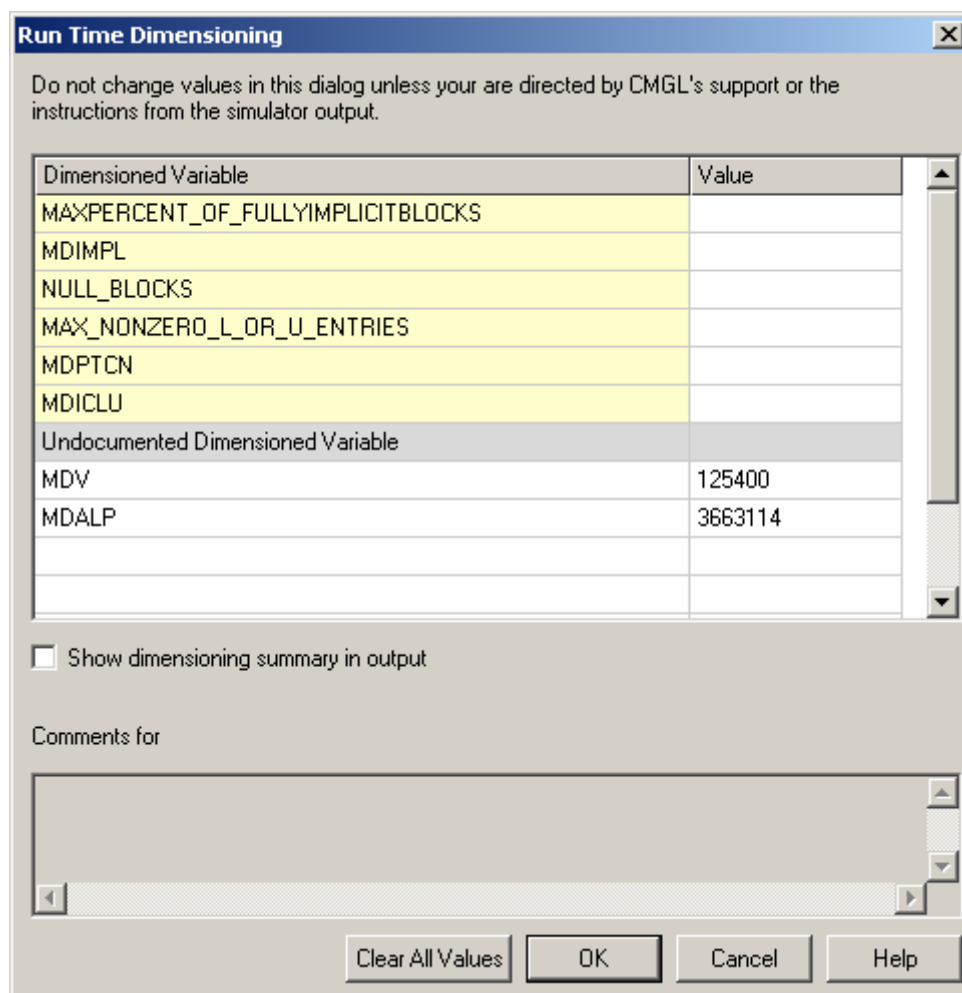
2.1 选择 **Submit to Scheduler** 并点击 **OK**。

2.2 GEM 运行过程中创建的新文件包括：

- Shale Gas Model.out**，一个包含模拟器输出的“printer”格式的 ASCII 文件。
- Shale Gas Model.irf**，是一个 ASCII 文件，与“**Shale Gas Model.mrf**”文件一起用于 RESULTS Graph, RESULTS 3D 和 RESULTS Report 显示和输出（注意：文件夹中保存*.irf 和 *.mrf 文件）。
- Shale Gas Model.mrf**，一个包含模拟器输出的二进制文件。
- Shale Gas Model.log**，一个包含运行信息的 ASCII 文件。

2.3 选择当前运行文件并选择 **View Log file**，可以查看当前正在运行的 log 文件。

2.4 如果模型异常中止，通过*.log 文件找出原因。如果是 **Array Dimensioning** 错误，转到 **I/O section**；选择 **Run Time Dimensioning** 并增加数组维数。两种常见数组维数可以被改变，如下所示：



Do not change values in this dialog unless your are directed by CMGL's support or the instructions from the simulator output.

Dimensioned Variable	Value
MAXPERCENT_OF_FULLYIMPLICITBLOCKS	
MDIMPL	
NULL_BLOCKS	
MAX_NONZERO_L_OR_U_ENTRIES	
MDPTCN	
MDICLU	
Undocumented Dimensioned Variable	
MDV	125400
MDALP	3663114

☐ Show dimensioning summary in output

Comments for

Clear All Values OK Cancel Help

三、人工裂缝页岩气模型

注意：为了比采用表皮因子更加准确的模拟裂缝，用户需要进行局部网格加密，得到垂直于裂缝方向的较窄的网格块。“Hydraulically Fractured Wells Wizard”可以自动完成这个乏味的工作并执行局部网格加密(LGR)以使网格大小接近实际裂缝宽度。由于在模拟器中最小网格宽度不能小于井筒半径，因此最小网格宽度（例如裂缝网格）会象征性地设置为 1 英尺，其它裂缝参数会适当的调

整来达到一个无量纲的裂缝传导率理想值。你可以在笛卡尔和角点网格创建直井的单一平面垂直裂缝或者水平井的多平面垂直裂缝。

作为一个练习，我们将在“**Shale Gas Model.dat**”井的水平段创建 4 个垂直裂缝。在 I 方向的 22 到 40 网格块钻一口水平井，接下来假设 22,28,34,40 节点有人工压裂措施。

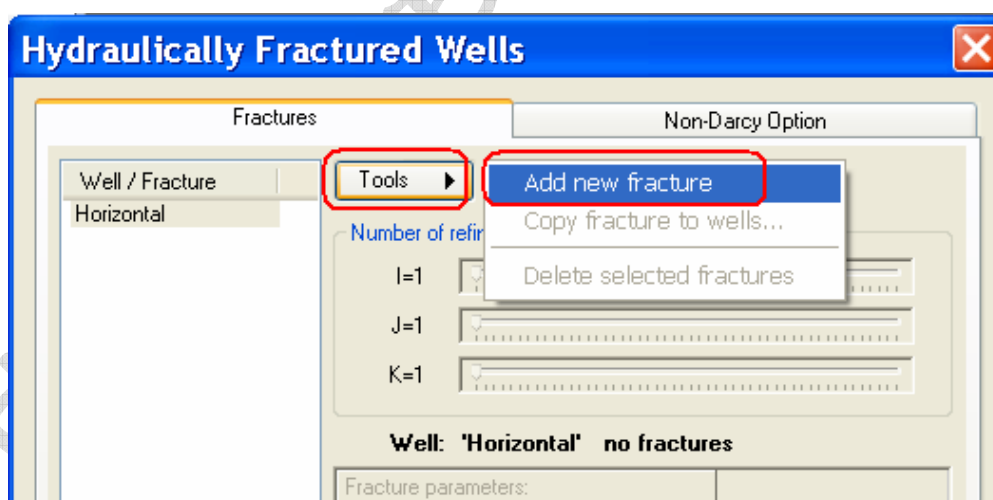
3.1 在 Builder 2009.10 版本中打开“**Shale Gas Model.dat**”。

3.2 转到 **File**; **Save As** 后改变文件名并另存为“**Shale Gas Model_HF.dat**”。

3.3 在树状图中，展开 **Wells**，展开 **Horizontal**，并点击 **2000-01-01 PERF** 查看射孔信息。

3.4 在 **Well** 菜单中选择 **Hydraulically Fractured Wells...**以开始向导。

3.5 点击 **Tools** 按钮并从弹出的菜单中选择 **Add new fracture** 。



3.6 一个新的裂缝（没有参数）会增加到已选定的井。

3.7 如下所示指定裂缝属性：

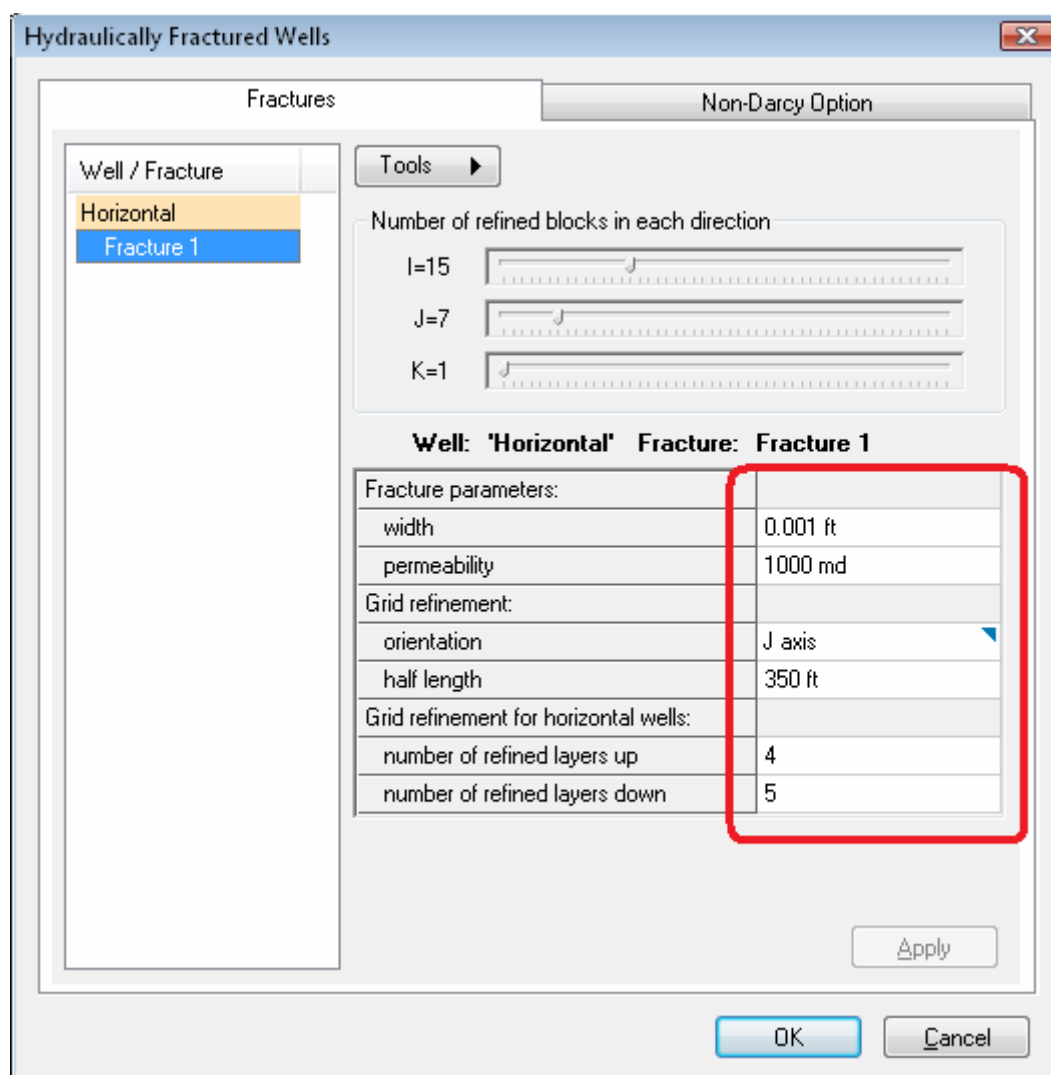
Fracture width: **0.001 ft**

Fracture Permeability: **1000 md**

Fracture Half Length: **350 ft**

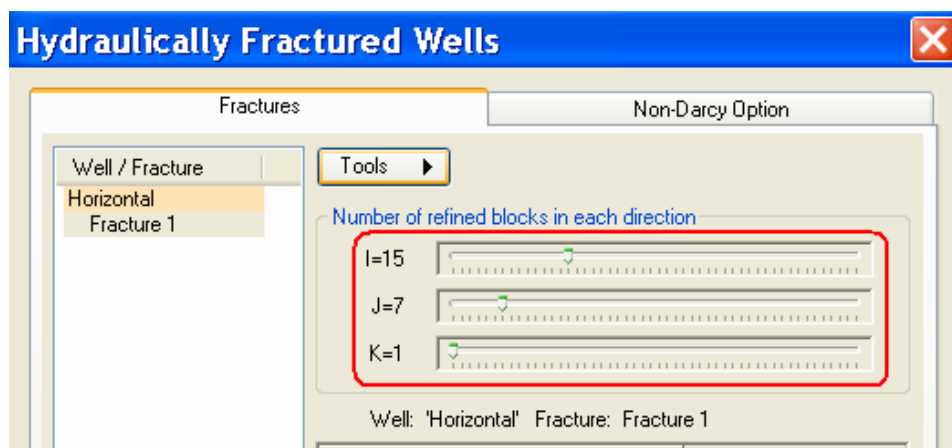
Fracture Orientation: **J axis**

Grid Refinement up and down: **4 and 5** (We are assuming that the fracture went 4 layers up and 5 layers down)

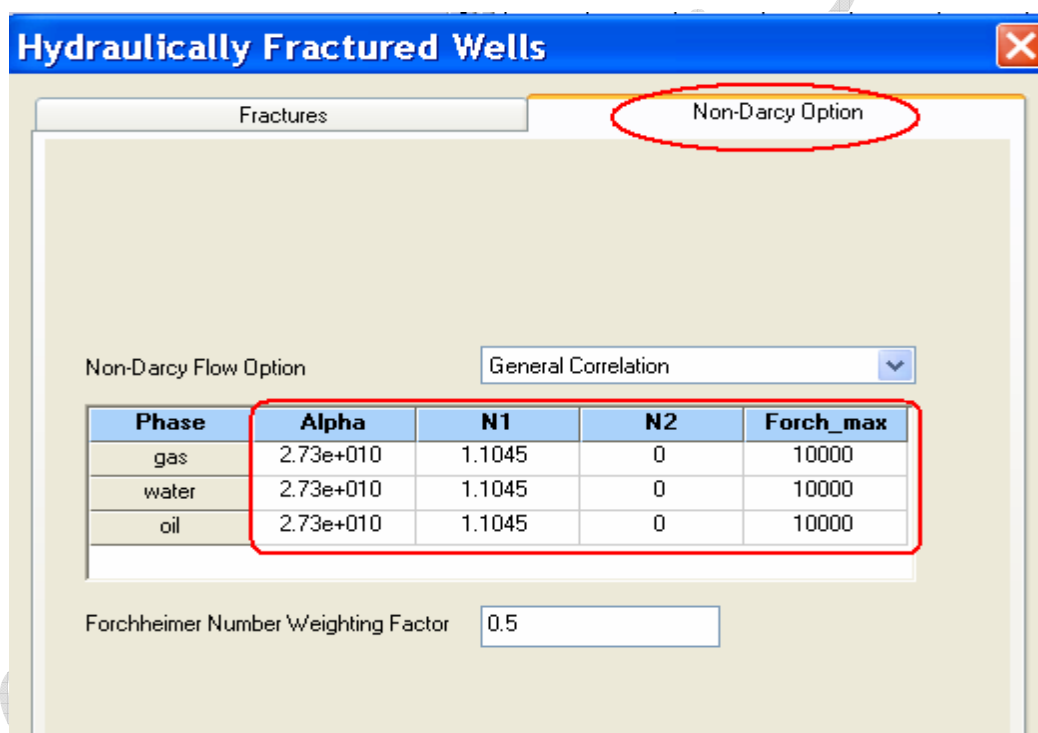


3.8 一旦设置了裂缝属性，“**Number of refined blocks in each direction**”部分将被激活。你可通过滑动 I, J, K 方向改变默认“**Number of refined blocks in each direction**”值的大小。注意只在 I 和 J 方向允许奇数加密。

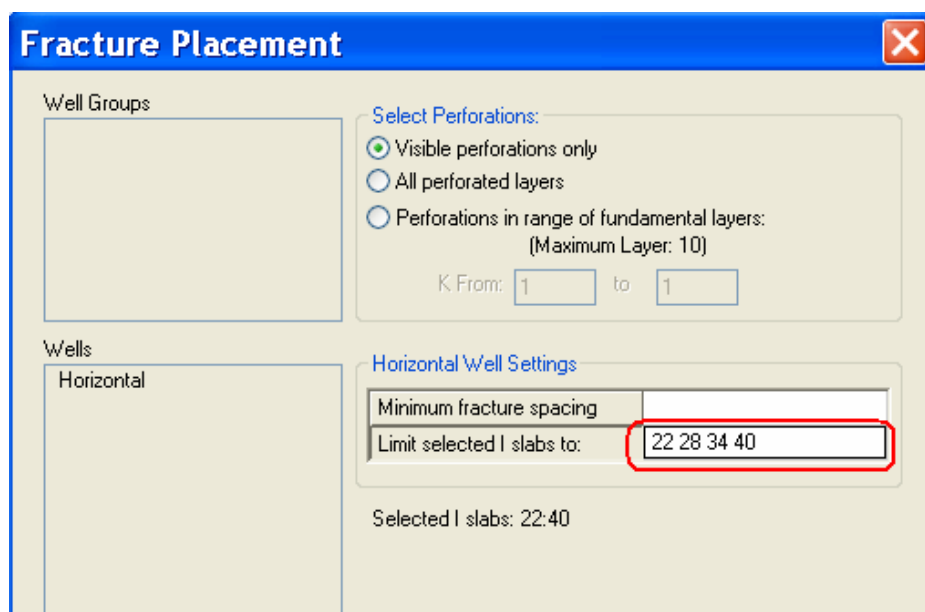
本次练习中选择: I=15, J=7, K=1



3.9 人工裂缝井向导包含两个标签：“Fractures”是创建人工裂缝，“Non-Darcy Option”为选择相关的气体非达西流动计算。转到 **Non-Darcy Option** 标签并选择 **General Correlation** 进行模拟非达西流模拟。输入以下系数值：

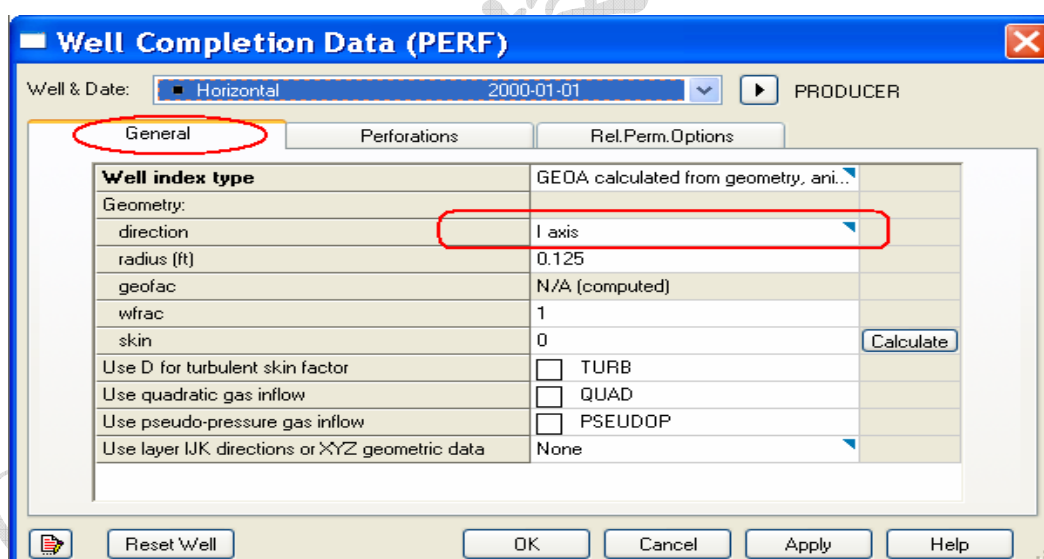


3.10 一旦指定必要参数时转到 **Fractures** 标签点击 **Apply** 按钮。一个你能够为已选择井进行射孔的 **Fracture Placement** 对话框将会弹出。这个例子看出我们可以在 I 方向 **22, 28, 34, 40** 节点射孔；转到 **Limit selected I slabs box** 分配这些节点并点击 **OK**。



3.11 在树状图中，展开 **Wells**，展开 **Horizontal**，并双击 **2000-01-01 PERF**。

3.12 在 **General** 标签下方。由于水平井是沿着 I 方向的，将默认的 K 方向改为 I 方向以便计算正确的井指数。

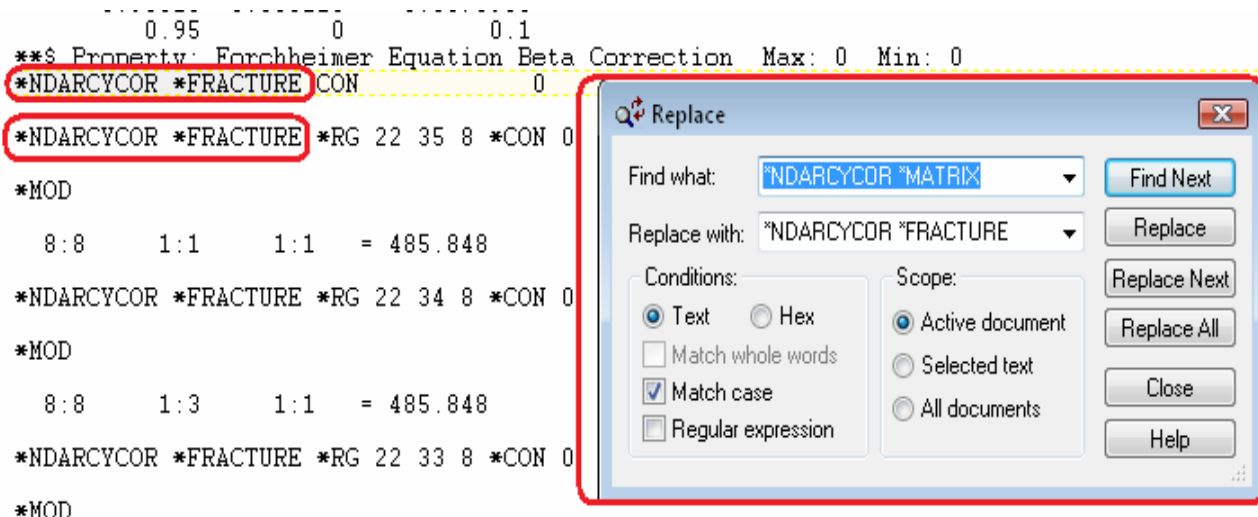


3.13 保存模型。

如果使用的是 **BUILDER 2009.13**，忽略下面的步骤并跳过直接转到步骤 4.15。其他请按照步骤 4.14。

3.14 人工裂缝向导最初为模拟单一油藏孔隙度而开发，我们需要在文本编辑器中进行一点改变以便模型的运行。在文本编辑器中打开“**Shale Gas**

Model_HF.dat”模型，并查找“**NDARCYCOR MATRIX**”关键词。通过文本编辑器的“**Replace All**”功能将“**NDARCYCOR FRACTURE**”代替 **NDARCYCOR MATRIX**。



3.15 保存文件并退出文字编辑器。

3.16 你现在可以拖拽“**Shale Gas Model_HF.dat**”到 GEM 图标。（启动模拟器）

3.17 如果模型异常终止，打开“***.log**”文件找出原因。如果是“**Array Dimensioning**”错误，之后转到 **I/O** 部分；选择“**Run Time Dimensioning**”并增加数组维数。重复一次，“**MDV**”和“**MDALP**”尺寸将会被增加。

3.18 你还可以更改你的数值参数以平稳运行模型。更改：

DTMIN=1E-8

DTWELL=1E-6

Numerical			
2000-01-01 (Numerical)			
Keyword Description	Default Value	Dataset Value	Set At Time
Timestep Control Keywords			
Maximum Number of Timesteps (MAXSTEPS)	30000		
Maximum Time Step Size (DTMAX)	365 day		
Minimum Time Step Size (DTMIN)	0.01 day	1e-8 day	
First Time Step Size after Well Change (DTWELL)	1e-008 day	1e-006 day	
Maximum CPU Seconds (MAXCPU)			
Minimum number of iterations per timestep (ITERMIN)	1		
Normal Variation per Time Step (NORM)			
Pressure (PRESS)	145.038 psi		
Saturation (SATUR)	0.15		

四、带裂缝的页岩气模型

注意：这个练习将采用局部网格加密使用 GEM 来模拟水力压裂油藏中的非达西流动(**Shale Gas Model_HF.dat**)。在练习中，如果达西流动和 Forchheimer 流动用来预测裂缝的合理压降，裂缝将被一英尺宽的拟裂缝来代替。另外，裂缝周围区域需要使用一个极小的局部加密网格来模拟以便准确模拟裂缝周围的压降。

在裂缝性页岩油藏非达西流模拟时，我们采用之前的局部网格加密来模拟与垂直井或水平井连接的裂缝网格内的流动。我们研究模型中的较低的基质渗透率(100 nano-Darcies)的影响并推荐采用更简单的双重渗透率及局部加密网格。

4.1 在文本编辑器中打开“**Shale Gas Model.dat**”模型并保存为“**Shale Gas Model_NETWORK.dat**”。

4.2 我们首先加密油藏的矩形区域，并确信包含了裂缝的矩形网格。在数据文件“**DUALPERM/ SHAPE GK**”后输入以下关键字：

DUALPERM

SHAPE GK

refine 22:40 19:37 1:10 into 9 9 1

DPCONNECT 1

4.3 由于采用了 9 x 9 x 1 对数间隔加密，对网格进行调整以致最内部网格能够代表 2 英尺宽的网格（裂缝）。

DI IVAR

55*50.0

DI RG 22:40 19:37 1:10 IVAR 10 7 4 3 2 3 4 7 10

4.4 调整裂缝的渗透率以保证裂缝的传导率，例如 $K_{frac} \times A_{frac} = K_{fraceff} \times A_{Inner block}$ 。在这个例子里，1 mD-ft 裂缝表示一个有效的渗透裂缝率(0.001/2)

x 1000 mD 等于 **0.50 mD**。如下所示在 I 和 K 方向分配裂缝渗透率为 **0.5 mD**，
 A. 采用上述的双渗属性来模拟压裂后裂缝渗透率的增大。
 B. 压裂之外的网格并没有进行加密，这些区域的渗透率计算如下所示，为 **2E-5 mD**。

** $k_f \times b_f = 1.0 \text{ md-ft}$

** frac perm is pseudoized to so $k \times 2$ (inner block dia) $ft = 1000 \times 0.001$ (fracture thickness) $ft = 1/2 = 0.5 \dots$ in stimulated reservoir volume (srv)

** frac perm is pseudoized to so $k \times 50.0ft = 0.001 \text{ md-ft}$ (unstimulated fracture conductivity)
 $= 0.001/50 = 2e-5 \dots$ outside srv

PERMI MATRIX CON 1e-4

PERMJ MATRIX CON 1e-4

PERMK MATRIX CON 1e-4

PERMI FRACTURE CON 2e-5

PERMJ FRACTURE CON 2e-5

PERMK FRACTURE CON 2e-5

** (Modelling of fracture fairways, As an example PERMI FRACTURE; Similarly for PERM I,J,K FRACTURE and MATRIX).

PERMI FRACTURE RG 22:40 19:37 1:10 ALL 4*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 4*2e-5 9*0.5 4*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 4*2e-5

PERMJ FRACTURE RG 22:40 19:37 1:10 ALL 4*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 4*2e-5 9*0.5 4*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 4*2e-5

PERMK FRACTURE RG 22:40 19:37 1:10 ALL 4*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 4*2e-5 9*0.5 4*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 8*2e-5 0.5 4*2e-5

PERMI MATRIX RG 22:40 19:37 1:10 ALL 4*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 4*1e-4 9*0.5 4*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 4*1e-4

PERMJ MATRIX RG 22:40 19:37 1:10 ALL 4*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 4*1e-4 9*0.5 4*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 4*1e-4

PERMK MATRIX RG 22:40 19:37 1:10 ALL 4*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 4*1e-4 9*0.5 4*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 8*1e-4 0.5 4*1e-4

4.5 X, Y 方向的垂直裂缝间的距离为 **50 ft**。在一个对数空间局部网格加密中 **50 ft x 50 ft** 块被分成 **9** 个网格(**10 7 4 3 2 3 4 7 10**)。该局部网格加密的网格块在 **j=5** 行和 **i=5** 栏被设定为裂缝孔隙度并代表裂缝通道。在 **j=5** 行和 **i=5** 栏的局部网格基质孔隙度为零。在每个单元中，每 **0.001 ft** 宽的裂缝被假定为 **2 ft** 长的局部网格块，因此，平均裂缝孔隙度（假定孔隙度百分百都在 **0.001 ft** 宽的裂缝中）是

** Matrix keeping por in matrix to 0.03 even in fracture block as por = 1

POR FRACTURE RG 22:40 19:37 1:10 ALL 4*1.2e-5 0.00 8*1.2e-5 0.00
8*1.2e-5 0.00 8*1.2e-5 0.00 4*1.2e-5 9*0.00 4*1.2e-5 0.00 8*1.2e-5 0.00
8*1.2e-5 0.00 8*1.2e-5 0.00 4*1.2e-5

4.6 基质非达西校正系数设定为零，裂缝的校正系数非零（在 SLT 表格中的最后一个条目）如下所示：

4*0 903.8 4*0

用在 NDARCYCOR 系数中的值是 $(Kfrac/Kfraceff)^{(2-1.1045)}$ ，在这里，kfrac 等于 4000 mD，Kfraceff 等于 0.1 mD。由于采用 40 英尺宽的裂缝模拟 0.001 英尺宽的实际裂缝，Kfraceff 是 0.1 mD。

在 NDARCYCOR 方程中 1.1045 值为 Forchheimer number 中 Beta 因子的渗透率倍数指数。

```
NONDARCY GENERAL 0.5
27.3e9      1.1045 0
27.3e9      1.1045 0
27.3e9      1.1045 0
NDARCYCOR MATRIX CON 0
NDARCYCOR FRACTURE CON 0
NDARCYCOR MATRIX RG 22:40 19:37 1:10 ALL          ** = 1000/0.5**(2-1.1045)
4*0 903.8 4*0
4*0 903.8 4*0
4*0 903.8 4*0
4*0 903.8 4*0
9*903.8
4*0 903.8 4*0
4*0 903.8 4*0
4*0 903.8 4*0
4*0 903.8 4*0
```

4.7 最后我们需要为手动修正所有 I 方向（22: 40）网格的“PERF”，如下所示 I 方向 22 to 40:

PERF	GEOA	'Horizontal'
**\$ UBA	ff	Status Connection
22 28 5 / 1 3 1	1.	OPEN
22 28 5 / 2 3 1	1.	OPEN
22 28 5 / 3 3 1	1.	OPEN
22 28 5 / 4 3 1	1.	OPEN
22 28 5 / 5 3 1	1.	OPEN
22 28 5 / 6 3 1	1.	OPEN
22 28 5 / 7 3 1	1.	OPEN
22 28 5 / 8 3 1	1.	OPEN
22 28 5 / 9 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 1 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 2 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 3 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 4 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 5 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 6 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 7 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 8 3 1	1.	OPEN
23 28 5 / 9 3 1	1.	OPEN
24 28 5 / 1 3 1	1.	OPEN

24 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
24 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
24 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
24 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
24 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
24 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
24 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
24 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
25 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
26 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
27 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
28 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
28 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
28 28 5 / 3 3 1 1. OPEN

28 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
28 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
28 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
28 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
28 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
28 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
29 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
30 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
31 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
32 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
32 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
32 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
32 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
32 28 5 / 5 3 1 1. OPEN

32 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
32 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
32 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
32 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
33 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
34 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
35 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
36 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
36 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
36 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
36 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
36 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
36 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
36 28 5 / 7 3 1 1. OPEN

36 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
36 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
37 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
38 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
39 28 5 / 9 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 1 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 2 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 3 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 4 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 5 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 6 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 7 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 8 3 1 1. OPEN
40 28 5 / 9 3 1 1. OPEN

4.8 保存数据。你可以拖拽“**Shale Gas Model_NETWORK.da**”t 到 GEM。（运行模拟）

4.9 如果模型异常中止，查看“***.log**”文件找出原因。如果是 **Array Dimensioning** 错误，转到 **I/O section**；选择 **Run Time Dimensioning** 并增加数组维数。