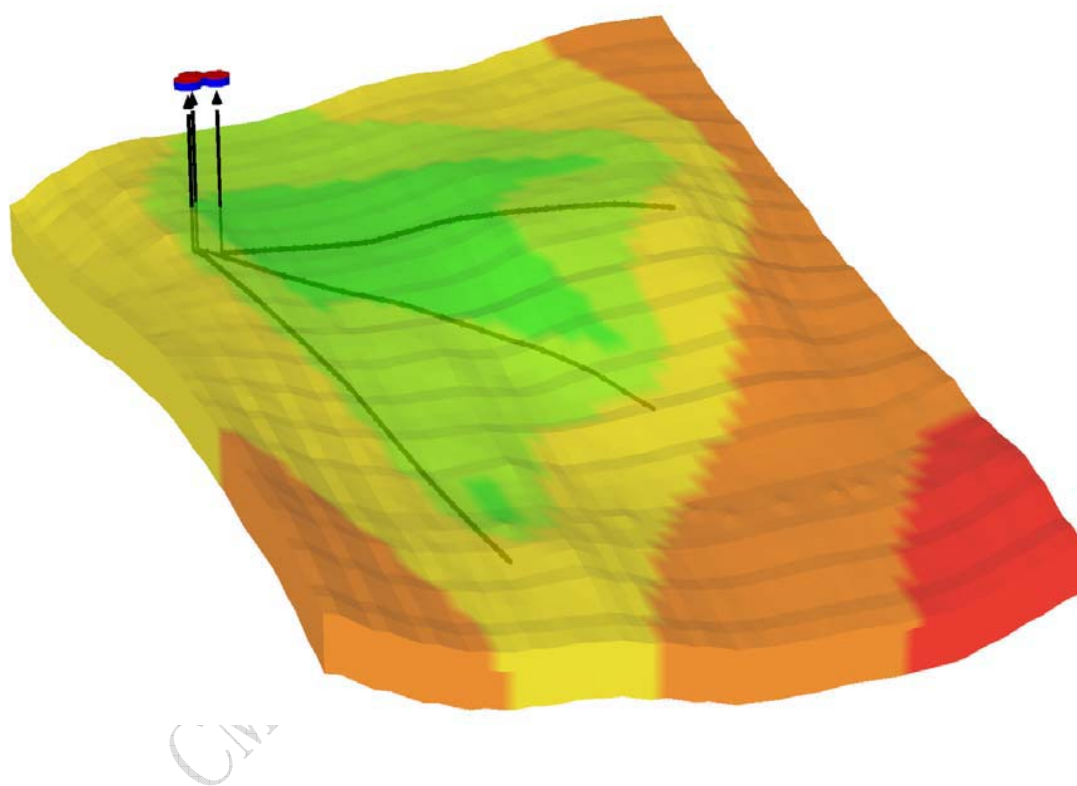


CMG—GEM组分模拟器 模拟煤层气开采教程



加拿大计算机模拟软件集团(CMG)

教程1：采用BUILDER CBM快速向导建立煤层气开采模型

下面的教程将讲解如何利用Builder和GEM来一步步建立煤层气数值模拟模型：

一、打开BUILDER

- 1.在**Launcher**上的相应图标上双击鼠标打开**BUILDER**。
- 2.选择：
GEM模拟器，**SI**国际单位，**DUALPOR**，和**Gilman and Kazemi**的形状因子，开始日期为2005年1月1日。
- 3.单击两次**OK**。

二、输入输出控制部分（Input / Output Control Section）

- 1.在树状图中单击**I/O Control**

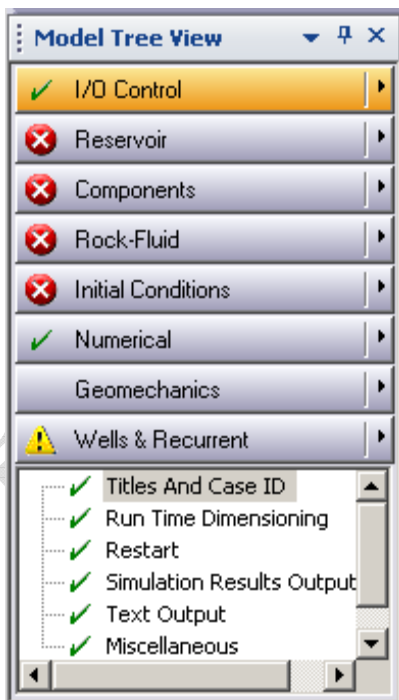


图1：树状视图中I/O Control标签

- 2.双击**Titles And Case ID**，然后输入“**CBM1**”，单击**OK**。
- 3.双击**Run Time Dimensioning**。
- 4.在“**Undocumented Dimensioned Variables**”下输入如下数据来重新标出矩阵存储值，并单击**OK**。

MDLU = 1000000, MDALP = 600000, MDDD = 60000

- 5.双击**Restart**，并选中“**Enable restart writing**”。

- 6.单击  图标，并在日期“**Date 2005-01-01**”处单击**OK**。

- 7.按**OK**返回。

注：在树状视图中，除I/O Control和Numerical外，其他部分都有一个红色X或者黄色警报符号。表示这些部分的基础数据还没有输入。

三、油藏描述部分（Reservoir Description Section）

- 1.单击File菜单（屏幕左上方），然后单击Open Map File...
- 2.选择Map Type – Atlas Boundary format (.bna)和X, Y轴的单位为m。
- 3.单击Browse按钮，选择顶部构造地图文件“Cbm_top.bna”。
- 4.单击OK，屏幕中将显示顶部构造图。
- 5.单击Reservoir菜单和Create Grid。
- 6.选择“Orthogonal Corner Point”（正交角点网格），在Number of Grid Blocks下方输入23 (I方向)，24 (J方向) 和6 (K方向)。
- 7.在Block widths下方输入 I方向23*70，J方向24*70（所有的宽度均为70m），单击OK。

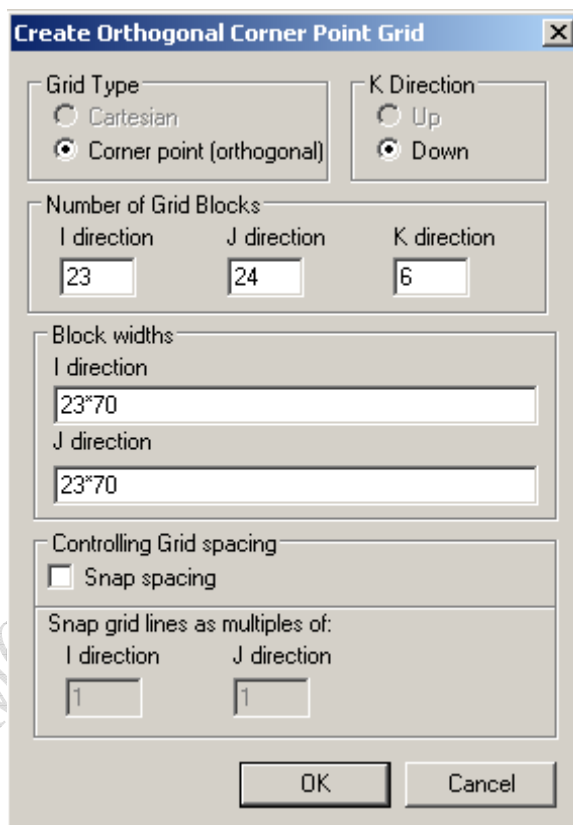


图2：正交交点网格数据

8. 同时按住Shift键和鼠标左键可以移动网格。尽力将网格的左上角对准X方向4200m，Y方向-700米的坐标位置。

注：为了获得更精细的显示比例，可以用快捷栏右侧的  按钮来进行放大，单击  按钮来移动网格，通过单击右键并选择 **Full Reservoir View** 来缩小图形。

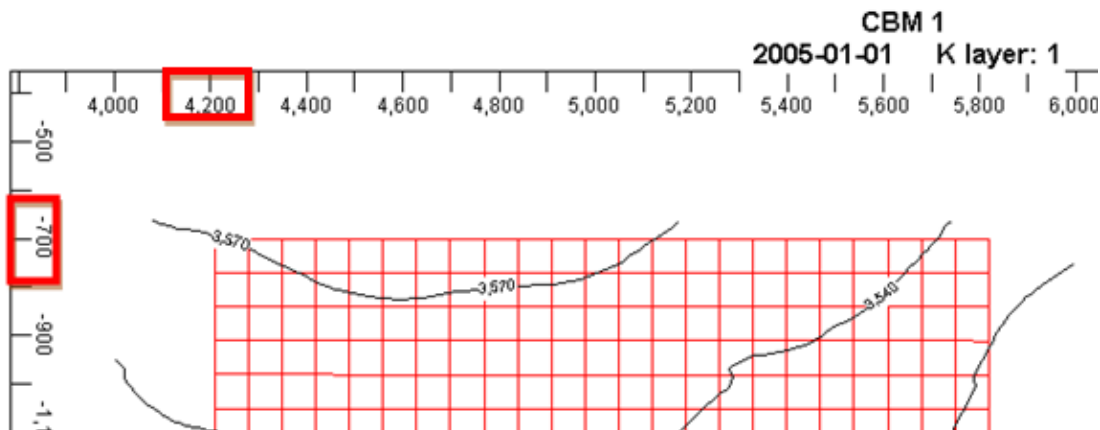


图3：左上方网格的放大图

9. 单击屏幕顶部中间的 按钮来变为探测模式。
 10. 此时屏幕顶部中间的 **Specify Property** 和 **Calculate Property** 按钮变成可以选择的，单击 **Specify Property** 按钮，打开 **General Property Specification** 属性定义表。
 11. 选择 **Grid Top** 列的 **layer 1**，单击右键并选择 **Geological Map** 作为数据来源。
 12. 单击 **Values in file1** 按钮，浏览并选择顶部构造地图文件 “**Cbm_top.bna**”，**X, Y** 方向单位均为 **m** (在之前操作中已经选择过)，选择地图文件后单击 **OK**。
 13. 在 **times** 对话框输入值 **0.3048**。
- 注：** 地图文件 **X, Y** 和 **Z** 方向有不同的单位，**times** 对话框是给 **Z** 方向添加一个倍数。本教程将 **Z** 方向的单位由英尺转换成米。

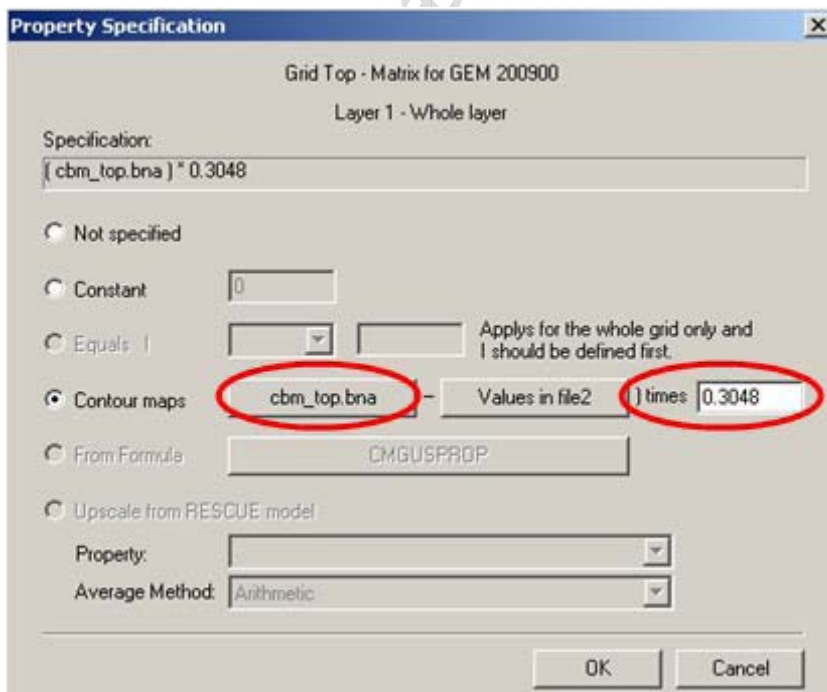


图4：用地质图定义属性

14. 单击 **OK**，回到属性定义表窗口。
15. 输入以下属性值：（注：单位会自动显示）

Property	Value for "Whole Grid"
Grid Thickness	1 m
Porosity (Matrix)	0.01
Porosity (Fracture)	0.005
Permeability I (Matrix)	0.01 mD
Permeability J (Matrix)	EQUALSI
Permeability K (Matrix)	EQUALSI
Permeability I (Fracture)	0.8 mD
Permeability J (Fracture)	4 mD
Permeability K (Fracture)	0.4 mD
Fracture Spacing I	0.2 m
Fracture Spacing J	EQUALSI
Fracture Spacing K	EQUALSI
Implicit Flag	3
Implicit Flag – (Fracture)	3

16.重复按两次**OK**，进入**Calculate Property**。

17.单击**Reservoir**菜单中的**Rock Compressibility**，在**rock compressibility**对话框中输入**2e-5 1/kPa**，并在**reference pressure**对话框中输入**12000 kPa**，对**Matrix**基质和**Fracture**裂缝输入相同的值，单击**OK**，单位会被自动添加，其他设置为默认。这时**Reservoir**部分会变成绿色 **green ✓**。

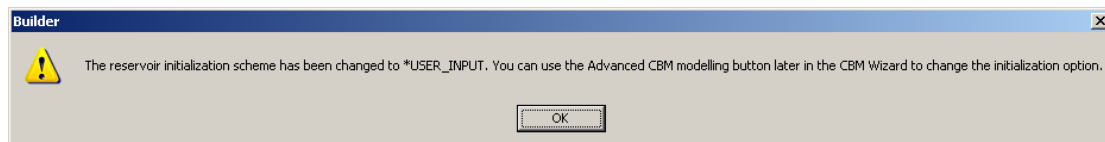
18.现在保存文件（建议每完成一部分都尽量保存稳健），单击**File**，选中**Save As**。保存为文件“**TUT_CBM.dat**”。

四、组分性质部分（Component Properties Section）

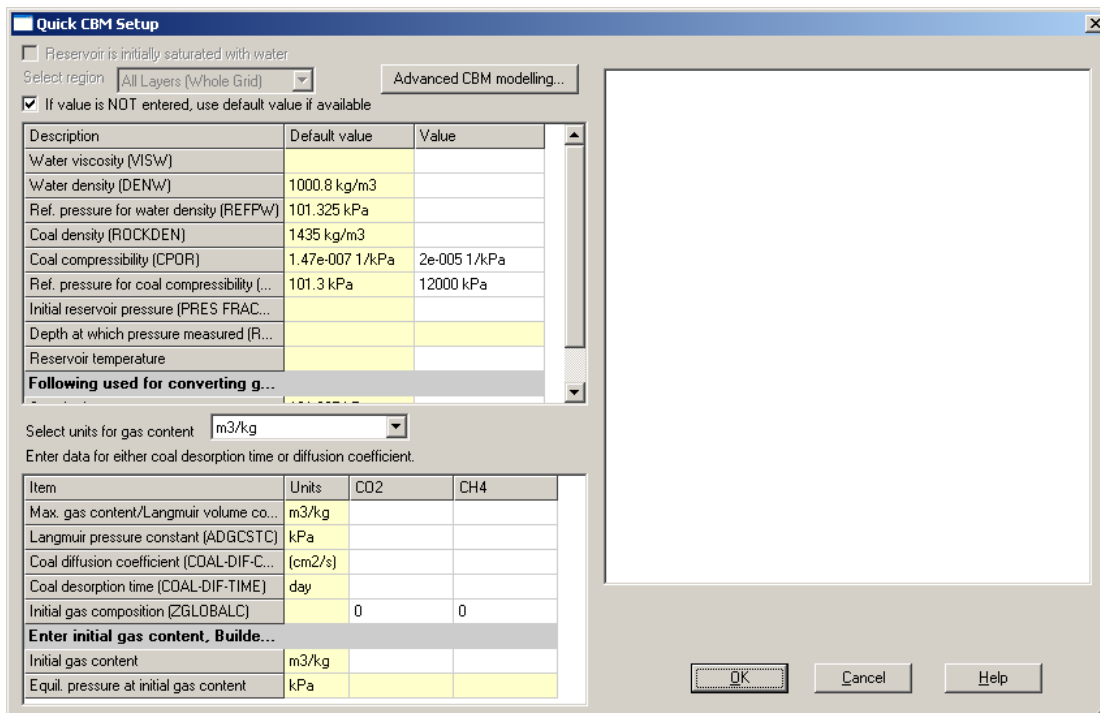
1.单击 **Components** 菜单，并选中 **Quick CBM Setup**。

2.对随后出现的对话框单击**YES**。

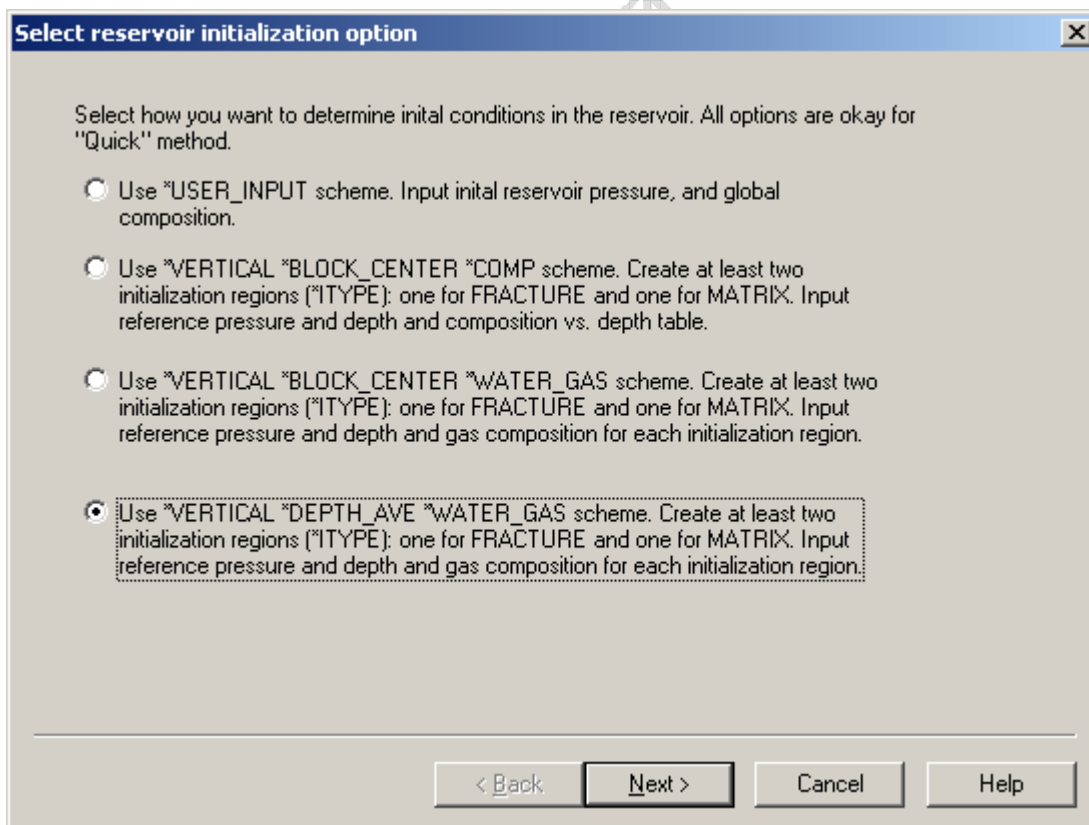
3.选中对话框中的**CH4**和**CO2**，按**OK**，对随后出现的对话框单击**OK**，**Builder**会出现以下提示（单击**OK**）。



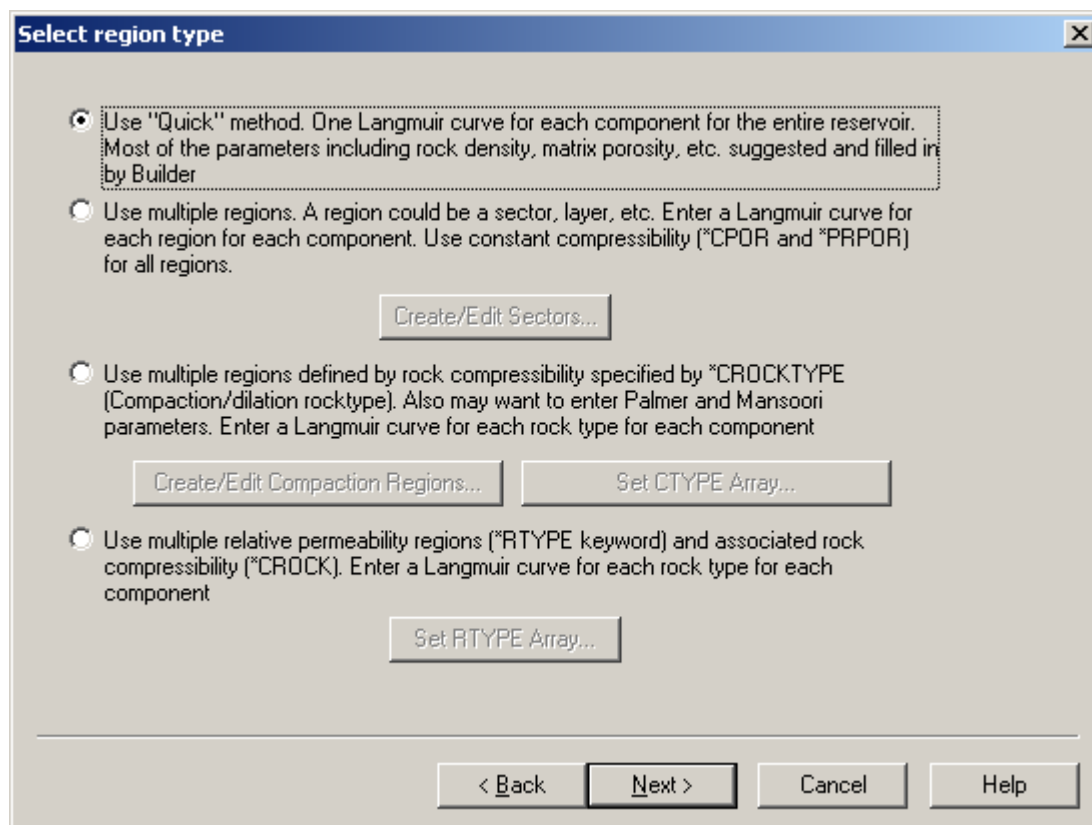
4.单击**Advance CBM modeling...**按钮，如下图所示：



5. 选中 “VERTICAL_DEPTH_AVE *WATER_GAS”，单击 Next >。



6. 只创建一条等温线时，所以选中第一个选项，单击下一步：



7. 输入以下值:

- Water Viscosity: **0.7** cp
- Ref. press for water density: **101.325** kPa
- Ref. Pressure for initialization pressure: **12000** kPa
- Depth at which pressure measured: **1051** m
- Reservoir temperature: **40**°C

8. 在下拉菜单中选择密度单位为 “m3/tonne”，并输入下面CO2和CH4的值:

	CO2	CH4
Max gas content:	25.84	12.92
Langmuir pressure:	1900	3500
Coal diffusion coef.:	N/A	N/A
Coal desorption time:	100	100
Initial gas composition	N/A	N/A
Initial gas content:	21.8806	9.6899
Equil. Pres. @ Initial gas con.:	N/A	N/A

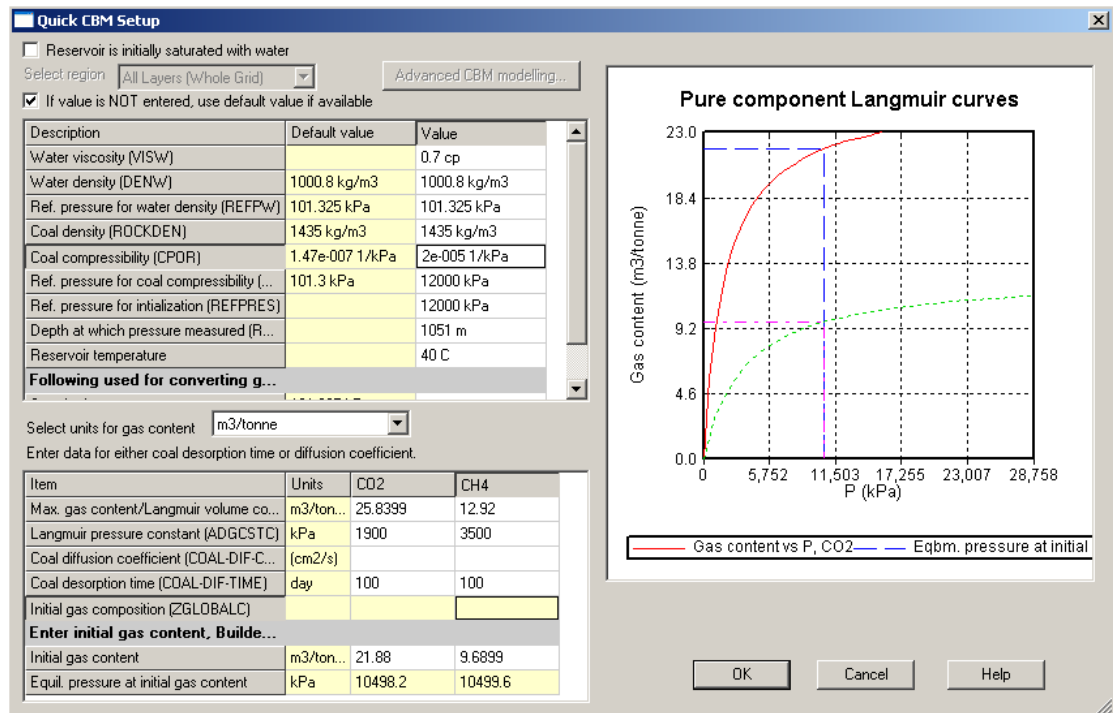
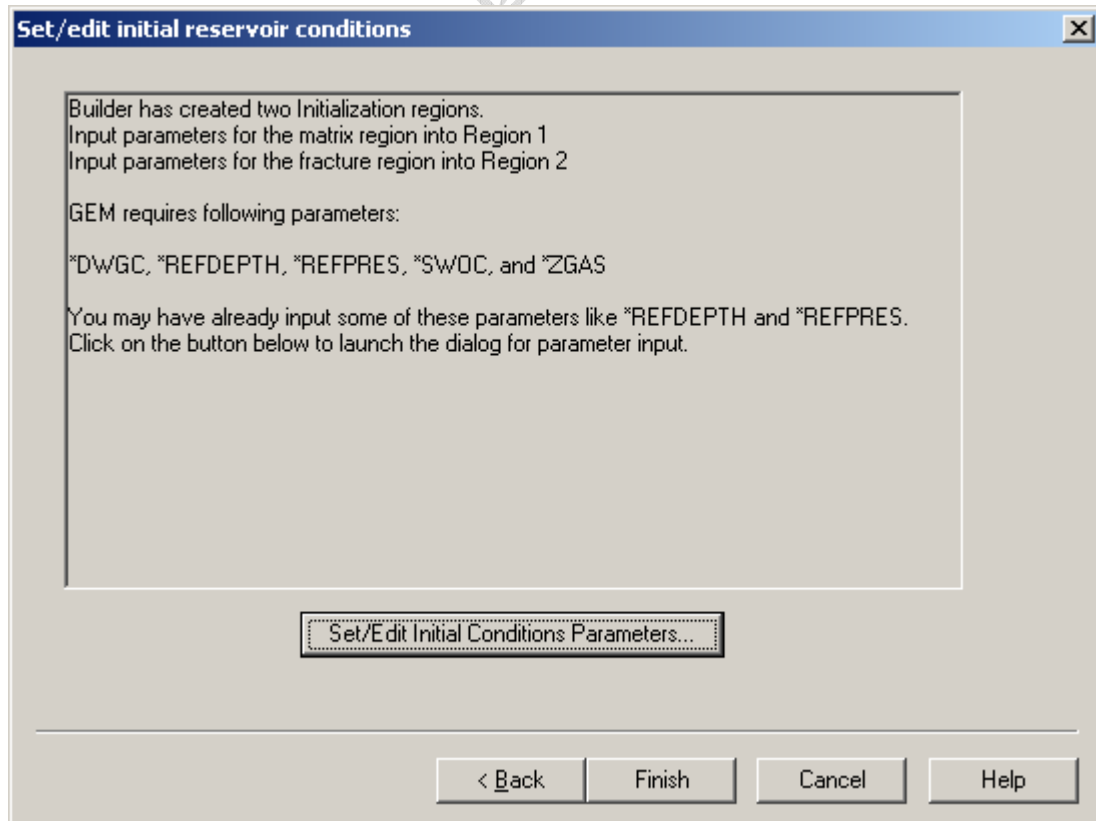


图5：快速设置CBM

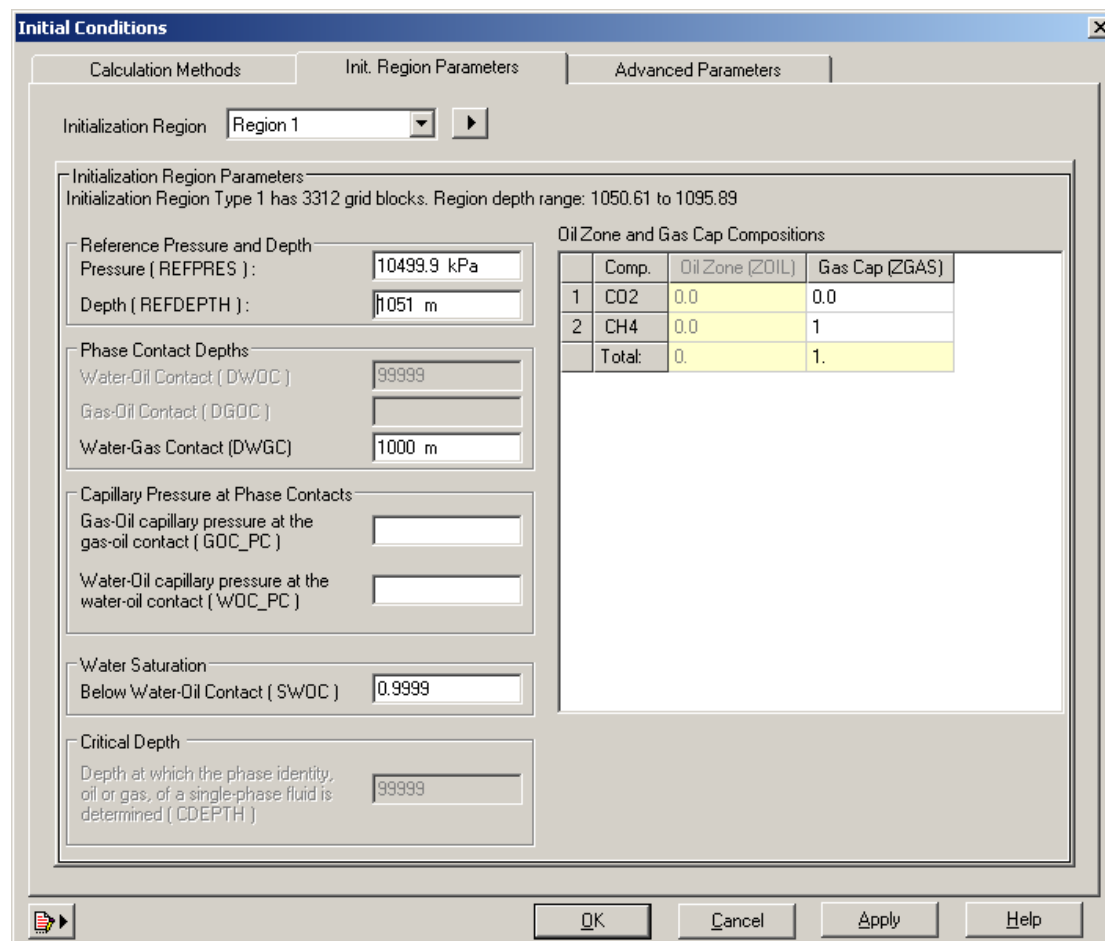
注意：在 **Equil. pressure at initial gas content** 框中的数值应该是或者接近 **10500 kPa**。由于我们输入的为 **10500kpa**，而油藏压力超过 **12000kpa**，说明这是一个未饱和煤层。右侧图表为每种组分的 **Langmuir** 曲线，如图5所示：

9.单击 **OK**。

10.在下一个界面，单击 **Set/Edit Initial Conditions Parameters....**：



11. 创建了两个分区 (Region) —分区1为基质, 区域2为裂缝系统。其中的一些值已经通过快速 CBM 向导导入, 我们还需要输入以下信息:



Initial Conditions

Calculation Methods Init. Region Parameters Advanced Parameters

Initialization Region: **Region 1**

Initialization Region Parameters
 Initialization Region Type 1 has 3312 grid blocks. Region depth range: 1050.61 to 1095.89

Reference Pressure and Depth
 Pressure (REFPRES): **10499.9 kPa**
 Depth (REFDEPTH): **1051 m**

Phase Contact Depths
 Water-Oil Contact (DWOC): **99999**
 Gas-Oil Contact (DGOC):
 Water-Gas Contact (DWGC): **1000 m**

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): **0.9999**

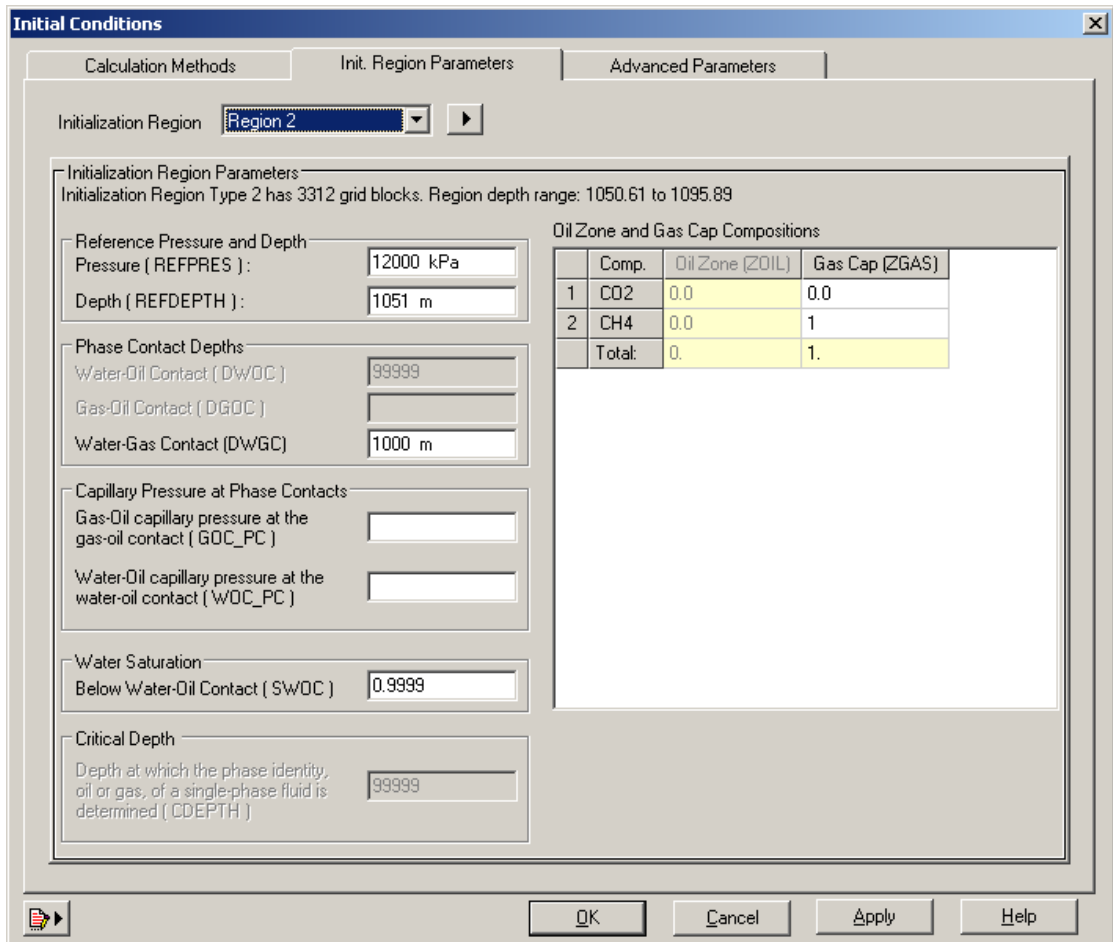
Critical Depth
 Depth at which the phase identity, oil or gas, of a single-phase fluid is determined (CDEPTH): **99999**

Oil Zone and Gas Cap Compositions

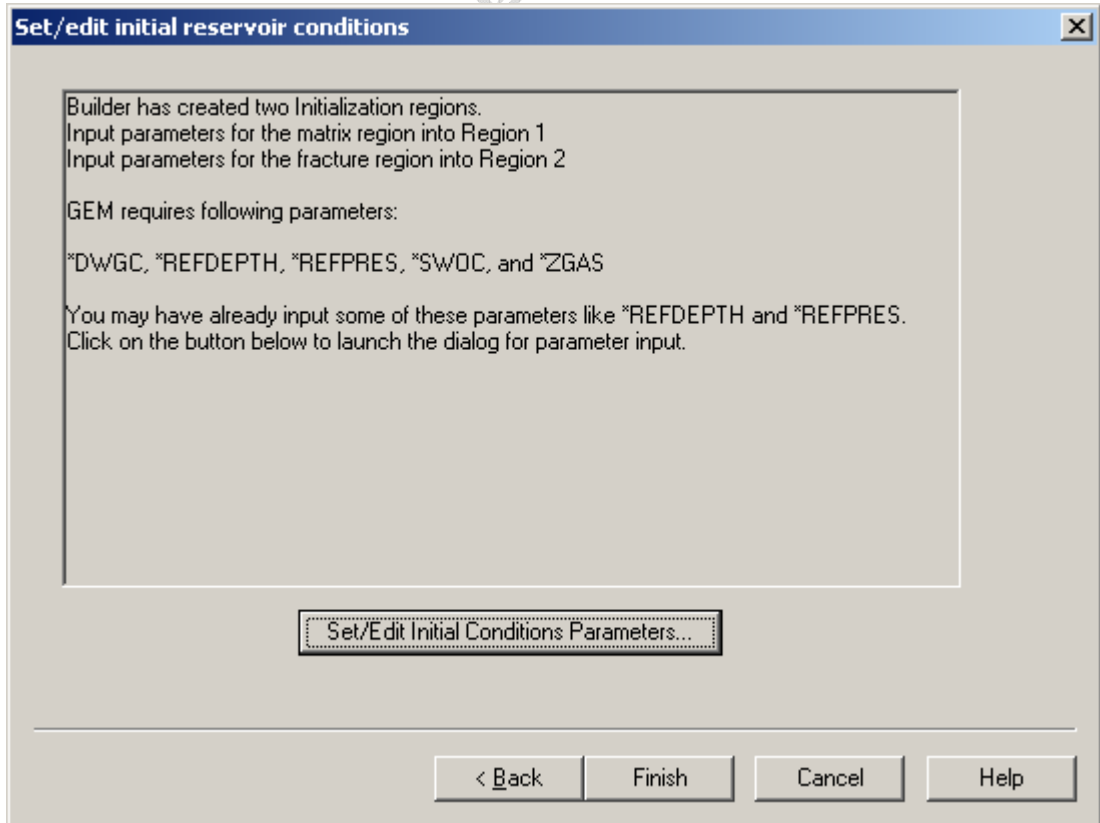
	Comp.	Oil Zone (ZOIL)	Gas Cap (ZGAS)
1	CO2	0.0	0.0
2	CH4	0.0	1
Total:		0.	1.

OK Cancel Apply Help

CMG中国



12.在这两个初始化分区输入如上信息之后，单击**OK**，然后单击**Finish**并保存数据。



五、岩石-流体数据部分 (Rock-Fluid Section)

本部分已通过前部分的快速煤层气向导 (**Quick CBM Wizard**) 完成, 两种岩石类型 (**Rock types**) 都是同一种属性, 因此, 在基质和裂缝也为相同的岩石属性。然而, 由于基质受扩散控制, 基质的相对渗透率曲线没有作用。

六、初始条件部分 (Initial Conditions Section)




这部分已经完成, 跳过到下一步。


七、数值部分 (Numerical Section)

1. 单击 **Numerical** 菜单, 然后双击 **Numerical Controls**。
2. 找到 **Adaptive Implicit Method (AIM)**, 选择 **OFF**, 并单击 **OK**。

八、井和动态数据部分 (Wells & Recurrent Section)

我们将在 I 方向添加 2 口水平井。

1. 单击 **Wells & Recurrent** 菜单, 并双击 **Dates**。
2. 单击  图标, 选择 **Add a range of dates**, 并选择 **From: 2005-01-01, To: 2015-01-01, by Year**, 连续两次单击 **OK** 出现的对话框。
3. 在 **set STOP** 列, 选中日期 **2015-01-01**, 表示模拟器会在此日期停止, 单击 **Close**。
4. 右键单击 **Wells**, 并选择 **New**。
5. 在 **ID & Type** 标签下设置井类型为 **Producer (生产井)**, 时间为 **2005-01-01**。
6. 单击 **Constraints** 标签并选中 **Constraint Definition** 对话框。
7. 在 **select new** (在表格里的约束条件列) 选择 **OPERATE**, 之后选择 **STW surface water rate, MAX, 200 m3/day, CONT REPEAT**。
8. 重复步骤 7 添加另一个约束条件: **BHP (井底压力), MIN, 200kpa, CONT REPEAT**, 单击 **OK**。
9. 重复步骤 4-9 来添加另一口生产井。
10. 确认你在 **IJ-2D 平面** 视图下, 切换到 6 层中的第 4 层。
11. 在树状图中展开 **Wells**, 并展开 **Well-1**, 双击 **2005-01-01 PERF**。
12. 转到 **Perforations** 标签。
13. 单击  **Begin** 按钮, 用鼠标添加射孔。
14. 单击 , (通过点击鼠标进行射孔的高级选项)。
15. 选中 **Perforate all intermediate blocks** 对话框并选择 **Add all perfs following the structure of the current layer**, 然后单击 **OK**。
16. 如果 **Well Completions Data** 界面遮住网格 5, 5, 4 及网格 19, 5, 4, 你可以将这个界面移动到一边, 再在这两个网格上进行射孔。

17. 单击  关闭射孔窗口，单击 **Apply**。
18. 在出现的顶部下拉菜单中切换到 **Well-2**（如果之前没有选择 **Apply**，对弹出的对话框选择 **Yes**）。
19. 对 **Well-2** 的 网格 **5, 20, 4** 及 **19, 20, 4** 重复步骤 **13** 到 **20**。
20. 单击 **OK**，此时所有部分都应该变成绿色对勾 **green ✓**，如图。

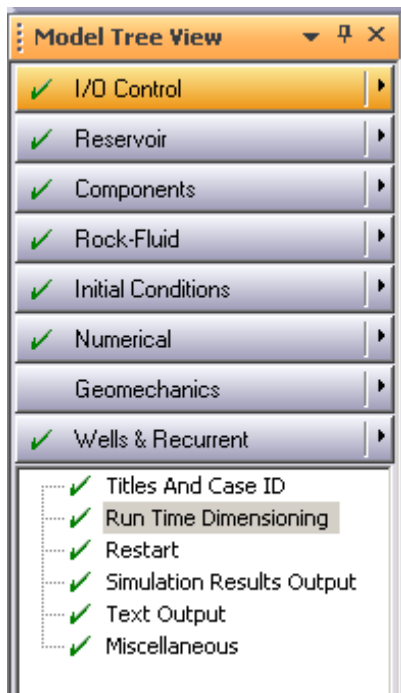
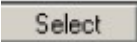
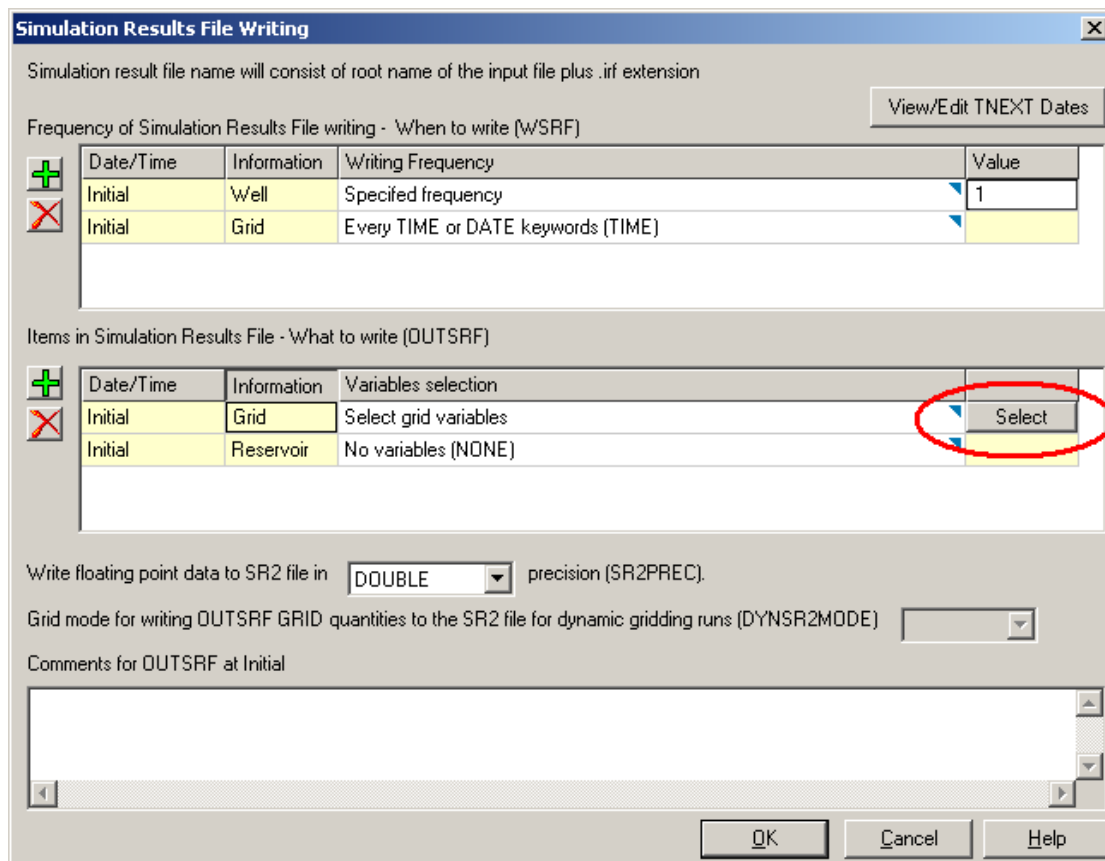


图6：数据输入完成后Builder树状图

21. 保存数据文件。

九、其他步骤

1. 在树状图中单击 **I/O Control**，单击 **Simulation Results Output**。
2. 单击 **OUTSRF** 表格下方的  按钮，定义 **Grid** 输出信息。



3. 一些默认属性已被选定，同时选择以下输出属性：

Adsorbed mass fraction of 'CO2' (ADS)

Adsorbed mass fraction of 'CH4' (ADS)

Mole fraction of 'CO2' in gas phase (Y)

Mole fraction of 'CH4' in gas phase (Y)

4. 单击两次**OK**转到**BUILDER**主界面。

5. 保存数据文件。

十、使用Builder验证数据

1. 在树状图中右键单击空白处并选择**Validate**，此时弹出一个窗口，显示导入信息的状态。

2. 可以通过另一个方法检查数据文件。单击**Builder**靠近顶部的**Validate With GEM**按钮。

3. 此时会出现一个信息，让用户保存数据。如未保存，请保存文件，之后会出现一个新窗口。

4. 查看**Validate**并单击**Run/Submit**键。

注意：通过选择正常运行来代替检查，模拟器会在这点立即运行，并且其运行效果可在窗口中看到。

5. 此时会出现一个列有数据体中所有数据警告或错误的输出，点击**Close**。

6. 修改错误；保存数据并退出**Builder**。

十一、运行模拟器（Running the Simulator）

- 1.在**Launcher** 界面拖拽“**Tut_CBM.dat**”到“**GEM 2011.10**”。将弹出一个新窗口。单击**Run Immediately**按钮(或者单击**Submit Job**创立一个日志文件)。
- 2.如果没有错误，会出现**MS-DOS**界面，显示运行的行程（只有在选择立即运行下）。运行完毕后，会出现结果摘要。

注意：当任务结束后，会创建三个文件；分别是：

- *.out (ASCII 输出文件)
- *.irf (ASCII 索引结果文件)
- *.mrf (BINARY 主结果文件) irf 和 mrf 是在**Results 3D/graph**中一起使用的。

十二、其他练习：CO₂注入（CO₂ Injection）

目的：在两口生产井之间添加一口**CO₂**注入水平井，并输入以下参数：

- 通过重启动，在**2007-01-01**添加一口注入井。
- 注入流体组成，**CO₂-100%**
- 最大注气速度-**15000 m³/day**
- 最大注气井底压力-**14000 kPa**
- 注入时间：**8 years**
- 尝试使用**Palmer and Mansoori**参数，并比较不同

- 1.回到**CMG Launcher**界面，拖拽“**TUT_CBM.dat**”到**Builder**中。
- 2.选择主菜单下的“**save as**”，保存文件为“**TUT_CBM_inj.dat**”。
- 3.在树状图中单击 **Wells & Recurrent** 标签，并单击  按钮选择 **Well New**。
- 4.选择井类型：**INJECTOR**及日期：**2007-01-01**。
- 5.转到**Constraints**标签。查看**Constraint Definition**对话框并设置约束条件：
 - STG, MAX, 15000 m³/day, CONT REPEAT**
 - BHP, MAX, 14000 kPa, CONT REPEAT**
- 6.在**Injected Fluid**标签下选择**SOLVENT**为注入流体。输入**CO₂**的摩尔分数为1，单击**OK**。
- 7.在树状图中，选择**Wells**并展开**Well-3**，并双击**2007-01-01 PERF**。
- 8.转到**Perforation**标签。
- 9.选择方法为注入井射孔。射孔在I方向**5 13 4**到**19 13 4**之间的所有网格，单击**OK**。
- 10.转到**I/O Control**，并在**2007-01-01**设置“**Restart from previous simulation run**”。
- 11.保存，检查并运行数据。

十三、对比一次CBM生产和ECBM生产的结果

- 1.采用**Palmer and Mansoori**选择参数，再次运行**CBM**和**ECBM**并比较不同。
- 2.在 **Builder**中打开每个数据文件；在**Reservoir**下拉菜单中打开**Compaction/Dilation Regions**。
- 3.单击**Palmer and Mansoori Model**并选择**Component dependent parameters**选项。
- 4.进入下面的必选信息：
Parameter (Keyword)

Value

- CCPOR MATRIX **2e-5** 1/kPa
- CCPOR FRACTURE **2e-5** 1/kPa
- CPRPOR MATRIX **12000** kPa
- CPRPOR FRACTURE **12000** kPa
- Poisson Ratio (POISSR) **0.25**
- Young's Modulus (YOUNGM) **1.45e6** psi
- Strain @ Infinite Pressure CO2 (STRINF) **0.013**
- Strain @ Infinite Pressure CH4 (STRINF) **0.0085**
- Langmuir Pressure CO2 (PRESLN) **700** psi
- Langmuir Pressure CH4 (PRESLN) **513** psi
- Palmer Mansoori Exponent (EXPPM) **2**

注意:

一些值的单位是psi，而我们需要的是SI单位制。可以通过Builder转换单位，如700psi。如下图所示（转换单位后）

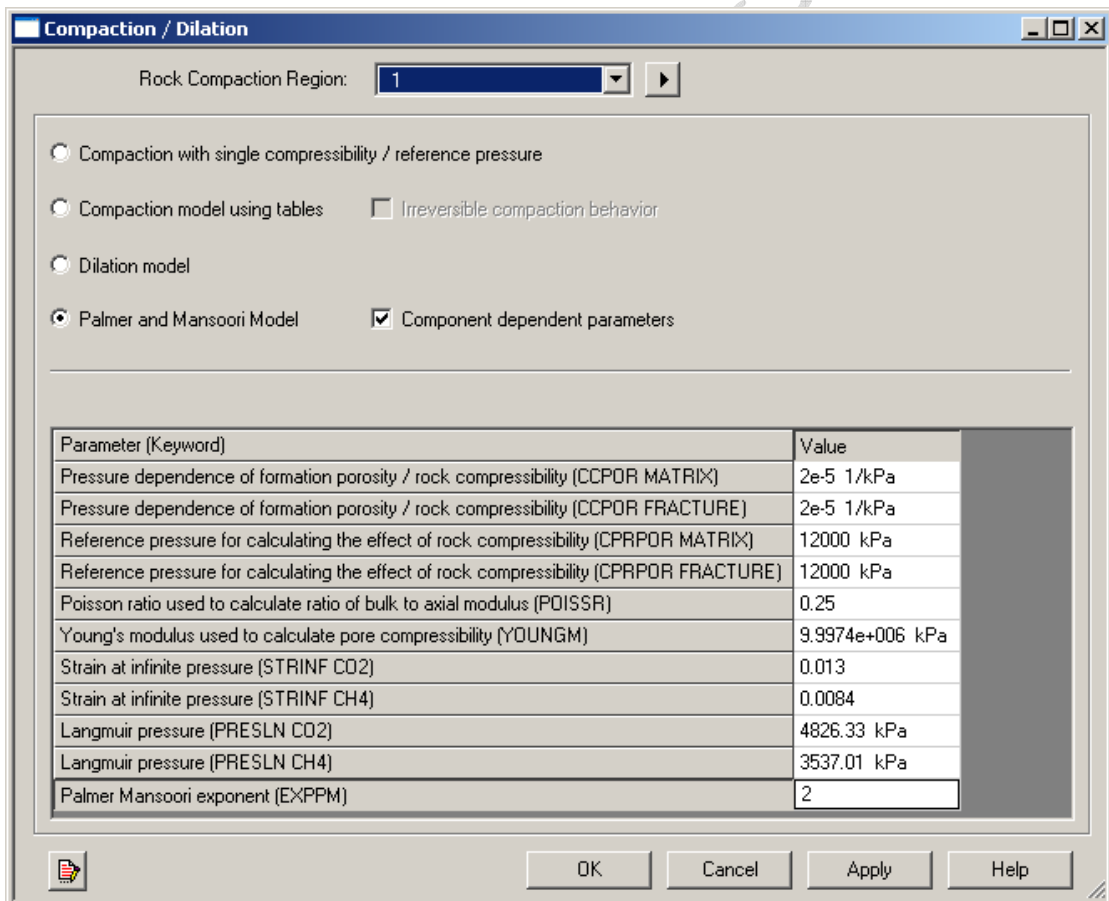


图7：利用 Palmer and Mansoori模型输入压缩/膨胀数据

5.将数据文件保存成“TUT_CBM_PM.dat”和“TUT_CBM_INJ_PM.dat”并在GEM模拟器运行。

注意：

由于“TUT_CBM_Inj.dat”是第二次重新启动文件，因此“Parmer and Manoosri model”参数需要被输入到第一个重新启动文件中。

CMG中国区技术支持部