

第 70 期：

利用压裂设计软件数据创建 CMG 人工裂缝模拟模型

编写人：孙明月

压裂是页岩、致密以及低渗透储层重要增产措施，压裂设计软件是优选储层改造措施的基本手段。压裂设计软件具有裂缝形态模拟和产能预测功能，但其一般只能考虑单相流动，产能预测模型简单，计算误差较大。

CMG 软件能够导入压裂设计软件数据，自动化创建人工裂缝数值模拟模型，使得压裂设计结果与油藏数值模拟研究完美结合，该功能对复杂结构井，如水平井的产能预测非常实用；同时也适用于人工裂缝储层的生产历史拟合、开发指标预测等研究。CMG 软件支持导入多款第三方压裂设计软件数据，例如 Gohfer、FracproPT、Stimpro、StimPlan、FracPredictor、MFrac 以及数据格式类似的其他压裂软件。

本文以 Gohfer 压裂设计软件为例，讲述其数据格式，CMG 导入压裂设计数据建立页岩气人工裂缝模型流程以及模拟结果简单分析。

1 Gohfer 导出结果文件格式

压裂设计软件输出格式大同小异，本文采用的 Gohfer 软件格式如下：

第 1 行：CMG 输出提示

第 2 行：长度、英制单位

第 3 行：GOHFER 三个方向的网格大小

第 4 行：射孔位置，在测深上标注

第 5 行：方位最大应力

第 6 行：主要数据名称，分别是，测深，垂深，水平坐标，传导率

```

CMG Out,,,,,,,,,
Length Unit,Feet,,,,,,,,,
GOHFER Block Size.ft,50,50,30,,,,,,,,,
Perfs MD.ft,1110,1210,1310,1410,1510,1610,1710,1810,1910,2010
Azimuth Max Stress,110,,,,,,,,,
MD.FT,TVD.FT,HOffset.FT,KfWf.md*ft,,,,,,,,,
1110,1050,-450,1,,,,,,,,,
1110,1050,0,2,,,,,,,,,
1110,1050,450,1,,,,,,,,,

```

2 页岩气模型简介

页岩气模型 Box.dat（如随文数据文件），为双渗模型，矿场单位，页岩气吸附参数为，岩石最大吸附量为 0.1 gmole/lb（0.22 gmole/kg），朗格缪尔吸附常数 0.002 1/psi（0.0003 1/kPa），朗格缪尔吸附常数为气体开始析出对应压力的倒数。岩石密度 120 lb/ft³（1920 Kg/m³）。初始化后基质和裂缝含气饱和度均为 0.8，天然裂缝岩石吸附值为 0。全区只有一口水平井，射孔层位在第 5 层，水平井段长度为 950 ft（289.5 m）。

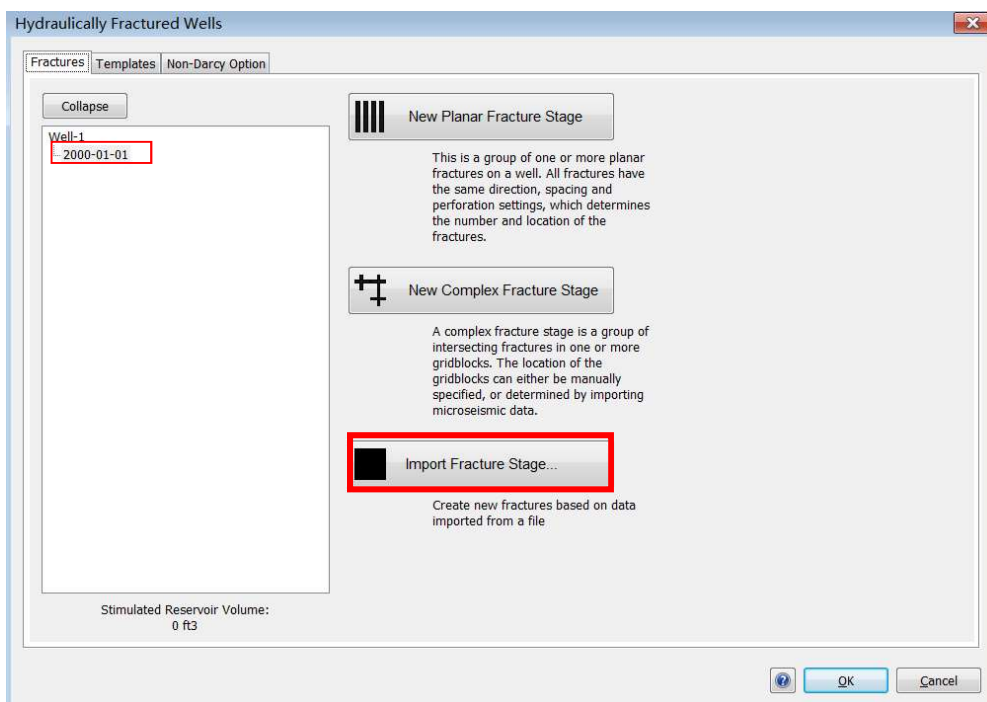
表 1 页岩气模型简介表

油藏描述	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 模型纵向上分为 10 个小层， ◇ 双渗模型，基质平均孔隙度 0.03，裂缝平均孔隙度 0.00004，基质平均渗透率 0.0001 mD，裂缝平均渗透率 0.00002 mD，平均裂缝间距 50 ft（15 m）。
组分定义	◇ 两相气、水组分，油藏温度 100 F（37.7 °C）。
岩石-流体	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 端点值标定输入相渗曲线 ◇ 束缚水饱和度 0.2，残余气饱和度 0.05
初始化	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 重力毛管力平衡法 ◇ 参考压力 2500 psi（17247.5kPa），参考深度 1050 ft（320 m），气水界面 1500 ft（457.2 m）
井和动态数据	◇ 模型只有 1 水平井生产。

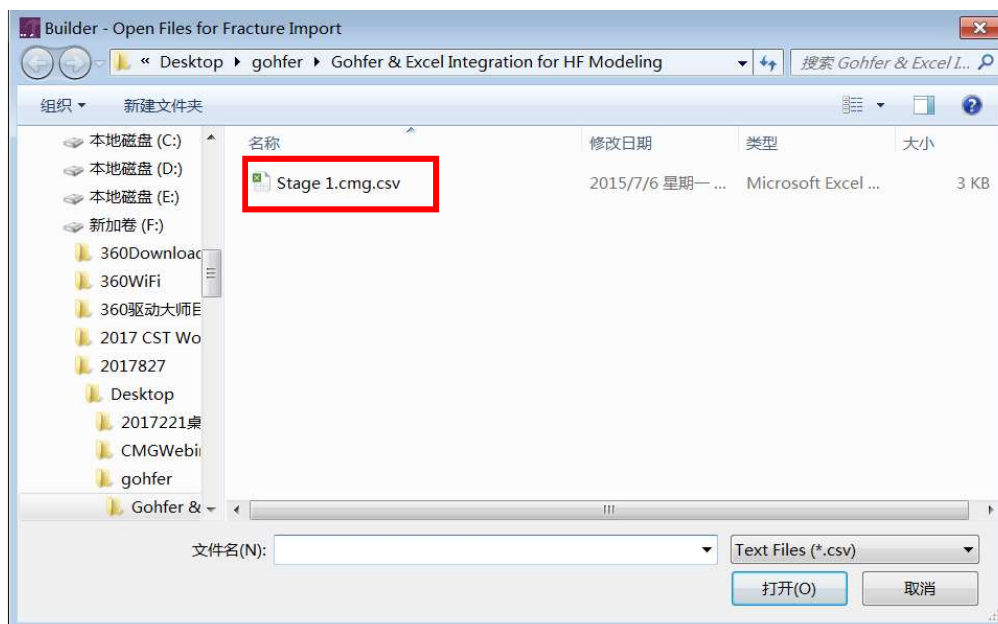
3 导入压裂设计软件数据流程

本文根据 CMG2016.10 版软件编写，模型已经建好，可直接调用 Gohfer 压裂软件数据文件“Stage 1.cmg.csv”。对一口水平井进行人工压裂。流程如下：

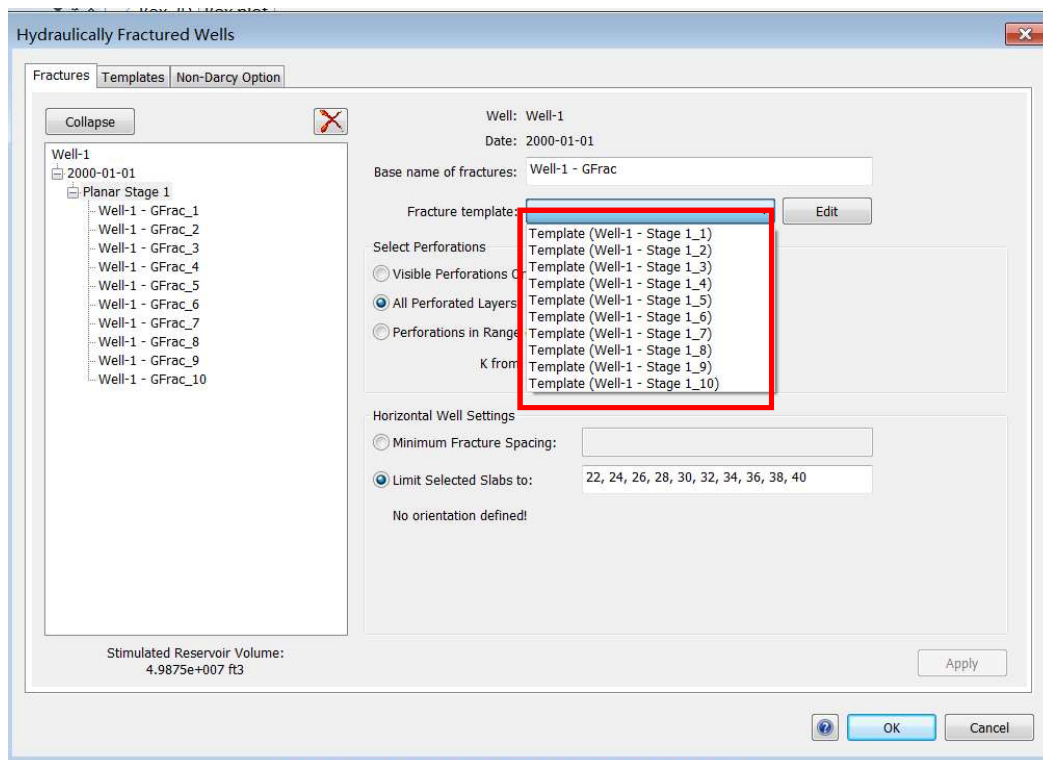
- 1) 在 Builder 中打开数据体 Box.dat
- 2) 点击 Well -> Hydraulic Fracturing
- 3) 点击 Well-1 井下面的日期，然后点击按钮 Import Fracture Stage



- 4) 选择 Gohfer 软件生成的压裂数据，后缀是*.csv，在这里选择文件“Stage 1.cmg.csv”。



- 5) 导入数据后，弹出界面如下：



按照导入数据要求，自动加载裂缝，其中 Fracture template（裂缝模板）共有 10 个，在 Limit Selected slabs to（选择射孔点）中选择了 10 个射孔点进行压裂，对应上面 10 个不同的裂缝模板，也就是说沿水平井压裂 10 段且每段裂缝规模都不同（如裂缝导流能力、裂缝半长等）。另存文件为 **BoxHF.dat**（如随文数据文件）。

4 人工压裂模型模拟结果展示

页岩气模型水力压裂效果如图 6 所示，受地质条件影响，人工裂缝非均匀分布以及裂缝半长的不对称性，通过压裂设计软件数据，很方便加载到数值模拟中。

分别运算未压裂模型（**Box.dat**）和压裂模型（**BoxHF.dat**），结果对比如下：未压裂页岩气模型泄压范围仅沿着水平井周围，所以吸附气解吸范围也仅仅是围绕水平井周围，动用半径较少，导致产气量很低（见图 1、图 3 和图 5）；而压裂模型页岩气泄压范围沿着人工裂缝附近，解吸范围较大，动用半径较长，使得产气量明显高于为压裂模型（见图 2、图 4 和图 5）。

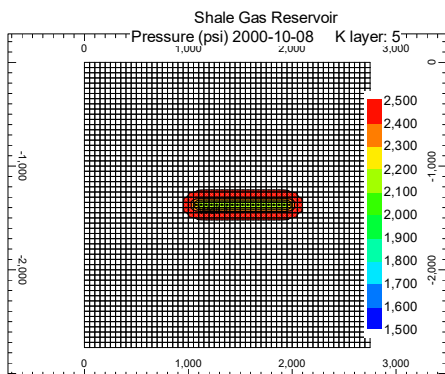


图 1 未压裂模型压力波及范围

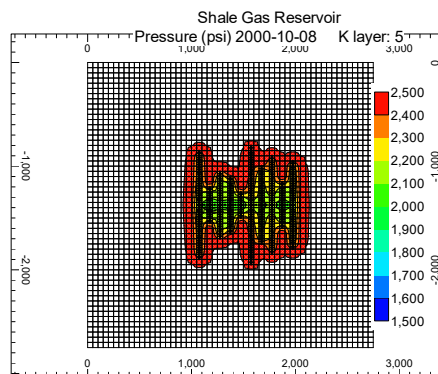


图 2 压裂模型压力的波及范围

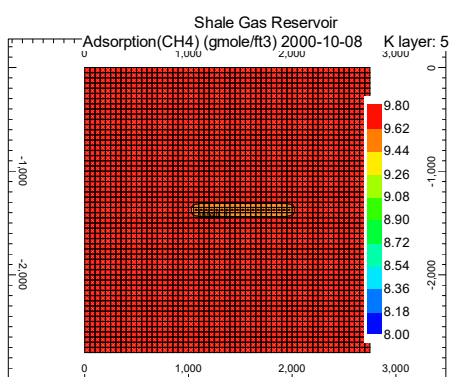


图 3 未压裂模型吸附气剩余分布

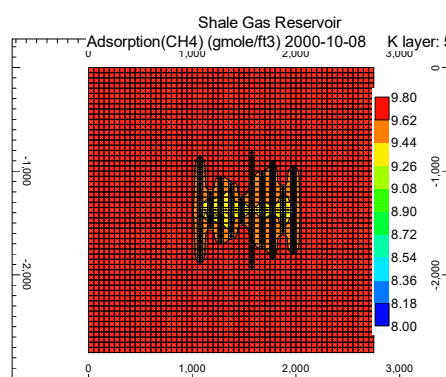


图 4 压裂模型吸附气剩余分布

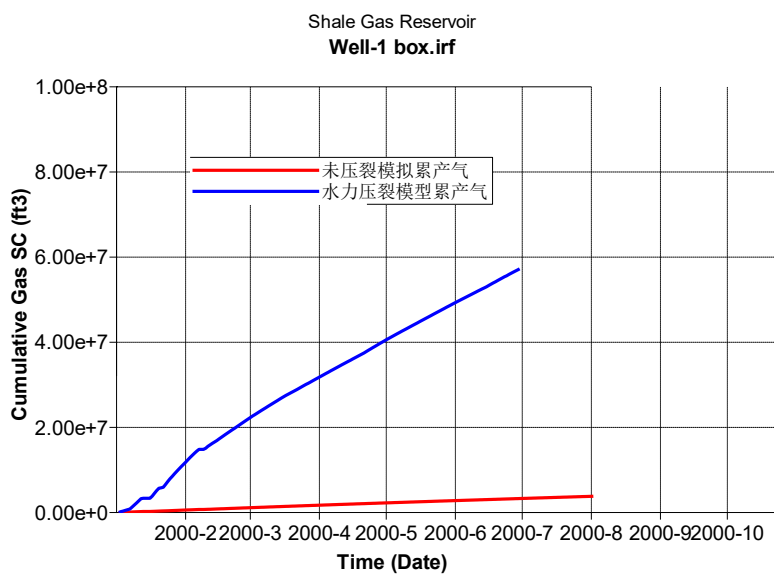


图 5 页岩气模型累产气量曲线

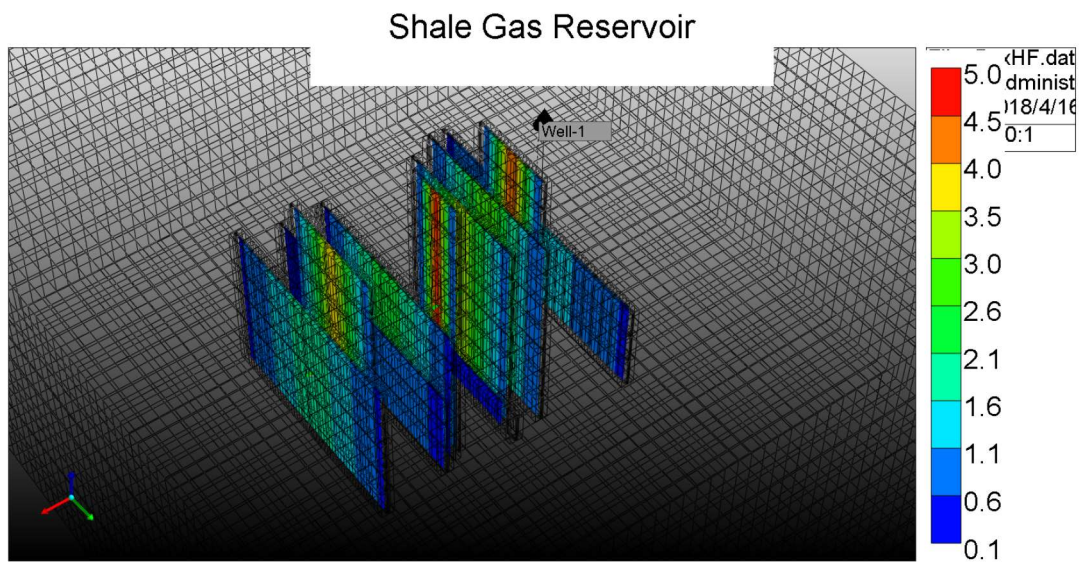


图 6 水力压裂模型效果图