

## 第 58 期： Sector 分区简介及应用

编写人：李罡

### 目 录

1	Sector 分区简介 .....	1
1.1	如何用 Builder 创建 Sector 分区 .....	1
1.2	*SECTOR 关键字介绍 .....	6
2	Sector 分区应用 .....	8
2.1	Sector 分区前处理应用 .....	8
2.2	Sector 分区后处理应用 .....	9
2.3	Sector 分区其他应用 .....	11
2.3.1	Sector 分区在 Trigger 中的应用 .....	11
2.3.2	Sector 分区在 OUT 文件中的应用 .....	12
2.3.3	Sector 分区在 Formula 中的应用 .....	14

Sector 分区由一系列网格组成，用于定义、输出油藏不同区域的统计参数及模拟结果。使用 Builder 前处理模块，可以快速地创建全油藏、单层/多层及任意区域的 Sector 分区，同一个网格可以属于不同 Sector 分区。可以在 Results 中查看所定义分区的油藏平均压力、温度、饱和度、累积产油量、累积注汽量、含水率及采出程度等参数。

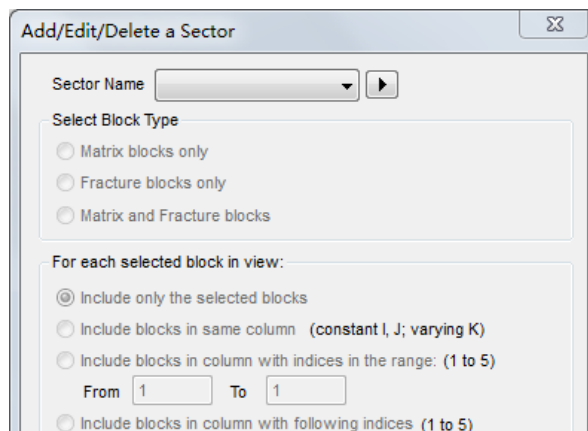
## 1 Sector 分区简介

### 1.1 如何用 Builder 创建 Sector 分区

以 CMG 自带算例 WATFLD.DAT 为例。用 Builder 打开算例 WATFLD.DAT，在树状目录点击 Reservoir，选择 Create/Edit Sectors，也可以在 Builder 界面直接

点击  快捷键。

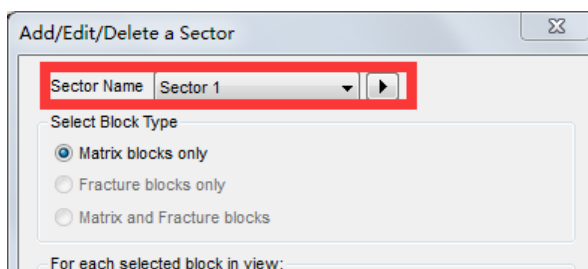
自带算例路径: *CMG 安装目录\CMG\BR\2016.10\TPL\Builder\Waterflood Example*



打开添加/编辑 Sector 分区界面后, 按照以下三步创建 Sector 分区。

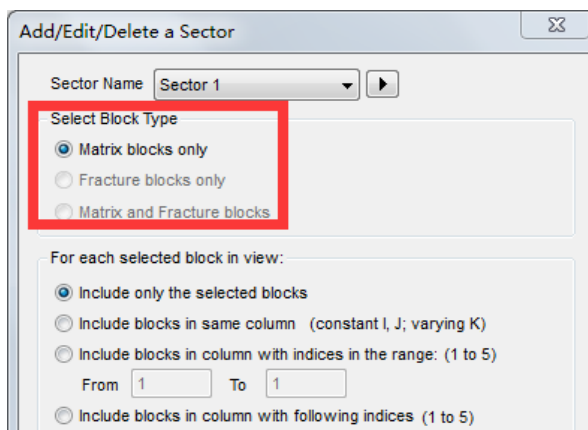
### 第1步 新建 Sector 分区

点击 Sector Name 右面的 , 新建 Sector 分区, 使用缺省名字 Sector 1 (可以自定义), 点击 OK。



### 第2步 选择网格类型

主要包括三种网格类型选项, (1) 仅包含基质网格; (2) 仅包含裂缝网格; (3) 包含基质和裂缝网格。本文选择缺省的第一种网格类型。

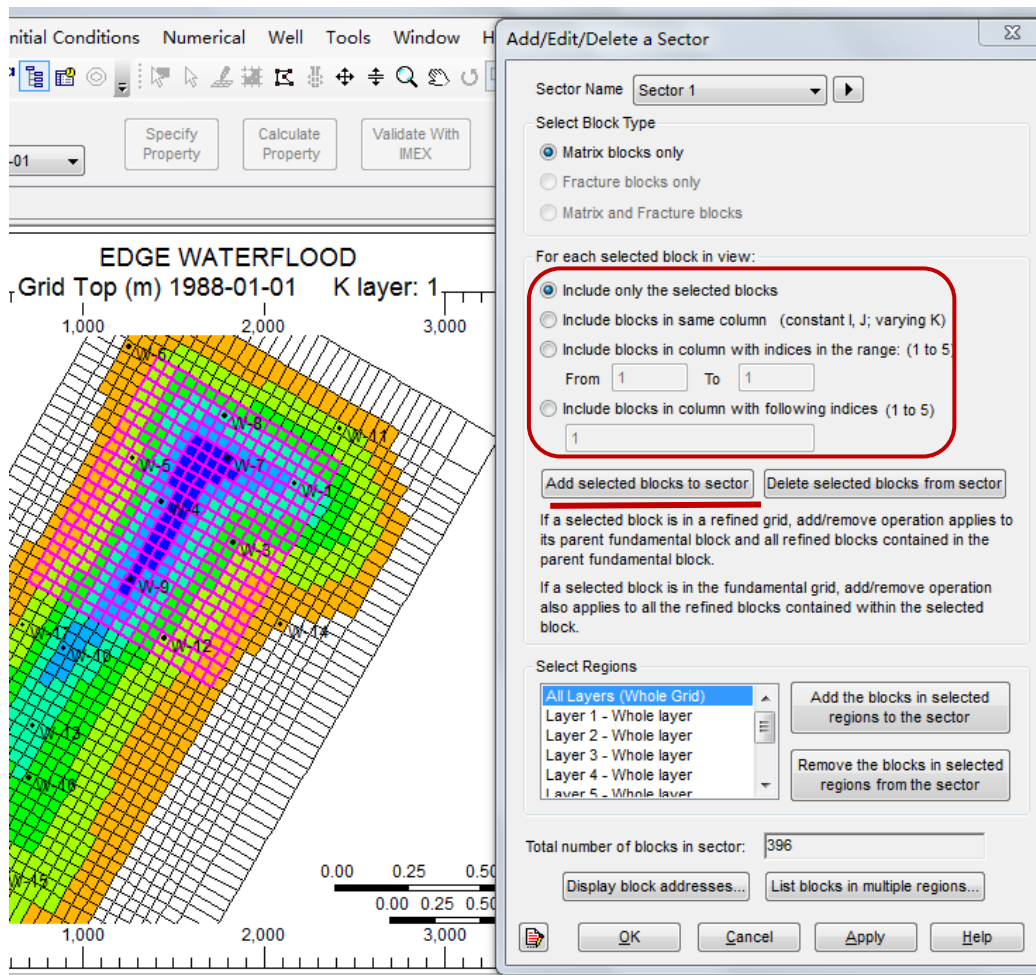


### 第3步 选择分区网格

在 Builder 的二维界面下，用鼠标选择分区 Sector 1 所包含的网格（按住 Ctrl 键，可复选区域），网格区域选择完成后，界面中四个选项，

- (1) 仅包含选定区域的网格；
- (2) 包含选定区域 K 方向所有网格；
- (3) 包含选定区域 K 方向连续若干层网格；
- (4) 包含选定区域 K 方向任意层网格；

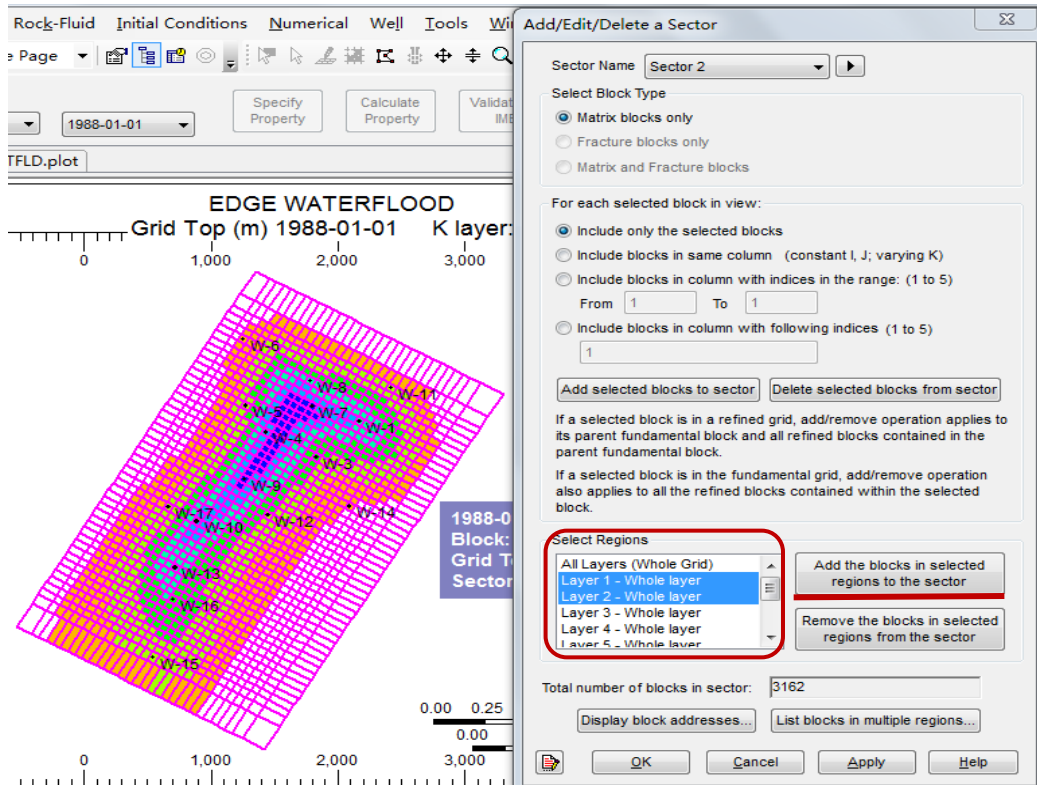
使用默认值，即仅包含选定区域的网格，然后点击“Add selected blocks to sector”，这样就将选定的网格添加到 Sector1。



除了第 3 步中利用鼠标选择网格外，还有一个快捷方法可以对纵向上的某一层或某几层所有网格创建 Sector 分区。

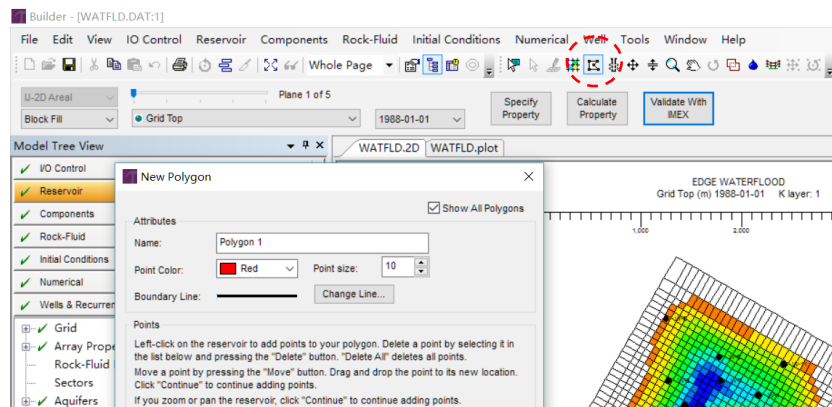
重复第 1 步和第 2 步，创建另一个 Sector 分区，将其命名为 Sector 2，然后在 Select Regions 中选择 layer1 和 layer2，最后点击 Add the blocks in selected

regions to the sector, 这样就将第一层和第二层的所有网格添加至 Sector 2 分区。

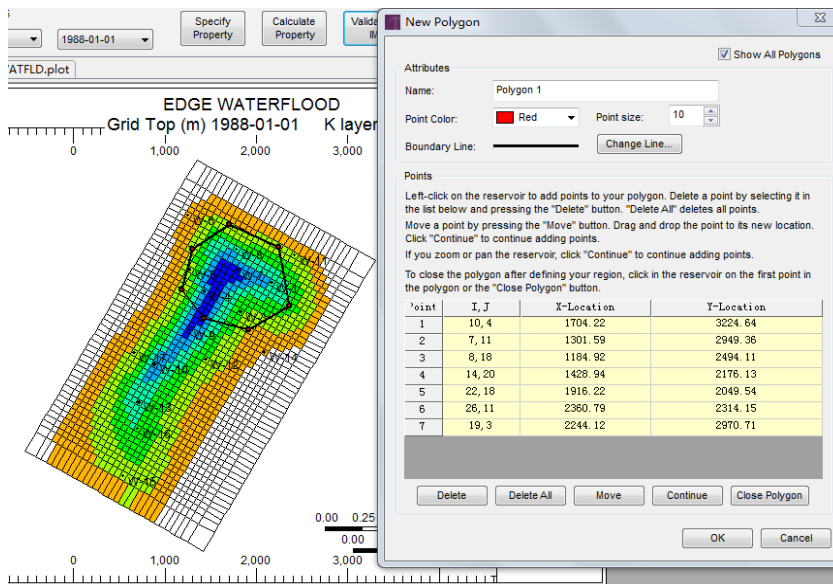


根据以上方法创建了两个 Sector 分区, 其中分区 Sector 1 包含的网格为指定区域网格, 分区 Sector 2 包含 layer 1 和 layer 2 两个小层的所有网格。

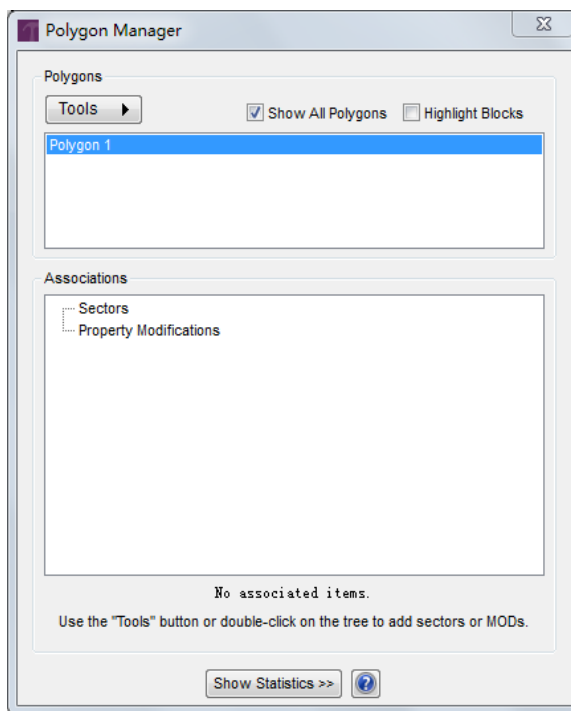
Builder 2013 版新增了 Polygons (多边形) 功能, 它可以根据需要选择不规则区域, 并据此创建 Sector 分区, 在 Builder 界面点击 按钮如。



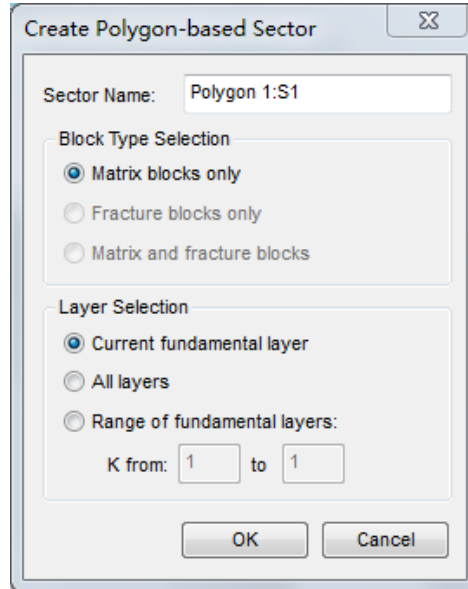
然后, 用鼠标在图中选择需要的不规则区域。



最后，点击 OK，弹出对话框。



点击 Tools>Create Sector，输入 Sector 分区名称，选择网格类型及层信息，本例中都使用缺省值，点击 OK。这样就利用 Polygons 创建了 Sector 分区，关于 Polygons 的更多信息，请参考 CMG 微课程-《Polygons 的使用》（请关注微信公众号-合力石油科技）。



## 1.2 \*SECTOR 关键字介绍

上一小节详细介绍了如何在 Builder 界面创建 Sector 分区，本小节介绍关于 Sector 分区的关键字。

**关键字:**

Sectors (可选)

\*SECTOR

**目的**

统计指定油藏区域的参数。

**格式**

```
*SECTOR 'Sector_Name'
```

```
{ i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2) }
```

**定义**

'Sector\_Name'

定义 Sector 分区的名字 (最多 16 个字符), 用单引号括起来。'Entire Field' 这个名字预留给软件内部使用 (详见下面缺省值)。

```
{ i1(:i2) j1(:j2) k1(:k2) }
```

指定网格到 Sector 'Sector\_Name'。

**缺省**

内部缺省的 Sector 分区名字是 'Entire Field', 包含模型中所有的网格。

如果关键字\*SECTOR、\*SECTORARRAY 和 \*SECTORNAMES 没有出现的  
话,表示没有定义其他 Sector 分区。

### 条件

关键字\*SECTOR、\*SECTORARRAY 和 \*SECTORNAMES 不能同时出现。

### 说明

每个 Sector 分区包含若干网格。从 out 文本文件和 Results Graph 中可以得到  
许多关于 Sector 分区的油藏属性。为了得到模型局部区域的油藏属性,创建 Sector  
分区是非常有用的。每个网格可能属于多个 Sector 分区。

- ◇ 使用关键字\*WPRN \*SECTOR 来定义将 Sector 分区模拟结果写入 out  
文件的频率。
- ◇ 使用用于关键字\*WSRF \*SECTOR, 将 Sector 分区的模拟结果写入 SR2  
文件的频率,以便在 Results 中查看。

注: SR2 文件为 CMG 第二代模拟结果文件,即 irf 文件和 mrf 文件的统称。

### 举例

考虑网格  $7 \times 6 \times 1$ , 定义了三个 Sector 分区,如图 10 所示:

J=6	S1	S1	S1	S1/S3	S3	S3	S3
J=5	S1	S1	S1	S3	S3	S3	S2/S3
J=4	S1	S1	S1			S2	S2
J=3					S2	S2	S2
J=2				S2	S2	S2	S2
J=1			S2	S2	S2	S2	
	I=1	2	3	4	5	6	7

下面的数据流定义了上面网中的三个 Sector 分区:

```
*SECTOR 'S1' 1:3 4:6 1
*SECTOR 'S1' 4 6 1
*SECTOR 'S2' 3:6 1 1
'S2' 4:7 2 1
'S2' 5:7 3 1
6:7 4 1
7 5 1
*SECTOR 'S3' 4:7 5:6 1
```

除了上面这种定义 Sector 分区的数据流关键字外,还有一种形式,例如 1.1

小节创建的分区 Sector 1, 其关键字如下所示:

```
SECTORARRAY 'Sector 1' ALL
160*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1
13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0
18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1 13*0 18*1
7076*0
```

## 2 Sector 分区应用

Sector 分区主要应用于前处理和后处理两个方面, 其中在前处理中可以查看油藏静态参数, 在后处理中查看模拟结果动态参数。除了前后处理, 还有其他一些高级应用, 例如 Sector 分区在 Formula 或 Trigger 中的应用等。

### 2.1 Sector 分区前处理应用

在前处理中可以查看 Sector 分区的油藏参数, 例如顶部深度、孔隙度或渗透率等参数的最大值、最小值或者平均值等。以 1.1 小节中创建的 Sector2 为例进行说明。首先在 Builder 界面中, 显示油藏参数-顶部深度 (Grid Top), 然后在 Tools 中选择 Grid and Properties statistics, 找到关于 Sector2 的相关信息, 如图 11 所示。

```
Sector: Sector 2 Matrix ①
Total Number of Blocks: 3162

Number of Active Blocks: 2322 ②
Number of NULL Blocks: 840
Number of Pinch-out Blocks: 0

Total Block Volume: 1.240233e+007 m3
Caution: Porosity at reference - not adjusted for Pore Pressure
Total Pore Volume: 1302244 m3
Avg. Pore Volume per active: 560.8287 m3 ③
Total Pore Volume: 8190870 bbl

Statistics for: Grid Top (m)
1988-01-01 0 day
Minimum Value: 1898.144 at block 13,12,1
Maximum Value: 1936.918 at block 3,10,2
Sum: 4468727 ④
Average: 1924.517
Block Volume Weighted Average: 1923.206
Pore Volume Weighted Average: 1923.309

Color
Scale Interval Interval Number
Inter Minimum Maximum Active Percent Graph
7 1.94e+003 1.94e+003 14 0.6%
6 1.93e+003 1.94e+003 792 34.1% *****
5 1.92e+003 1.93e+003 648 27.9% *****
4 1.92e+003 1.92e+003 410 17.7% ***** ⑤
3 1.91e+003 1.92e+003 257 11.1% ****
2 1.9e+003 1.91e+003 139 6.0% **
1 1.9e+003 1.9e+003 62 2.7% *
```

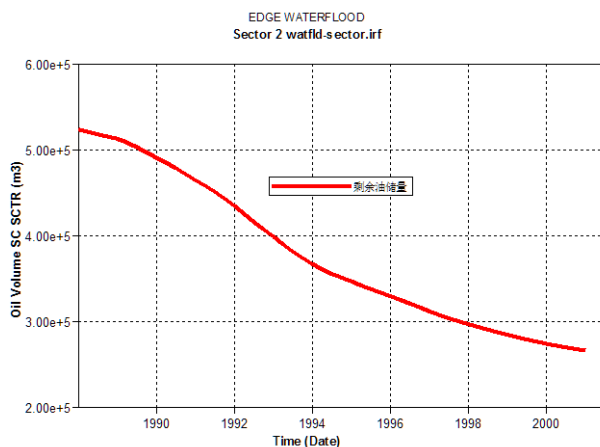
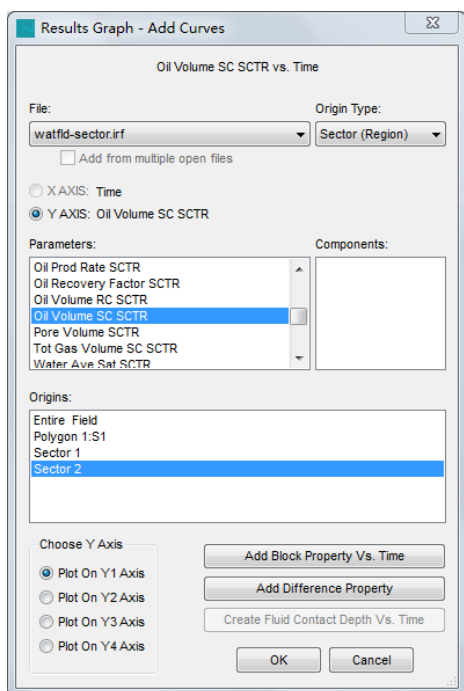
以上包含五部分信息，其中，

- (1) Sector 分区名称及包含的网格总数；
- (2) 有效网格、无效网格以及尖灭网格的个数；
- (3) 总网格体积、总孔隙体积、每个有效网格平均孔隙体积以及总孔隙体积；
- (4) 顶部深度的相关属性，包括 Sector 分区范围内顶部深度最大值、最小值以及平均值等；
- (5) 顶部深度根据色标划分不同取值范围所占的百分比。

## 2.2 Sector 分区后处理应用

在后处理 Results 3D-Tools 中选择 Grid and Properties statistics 也可以查看不同参数的相关属性，前处理仅能查看初始化状态下 Sector 的油藏参数，而在 Results 3D 中可以查看不同模拟时间点下（动态）参数属性。例如，可以查看不同模拟时间点下的温度、压力以及饱和度等参数属性。

在油藏数值模拟过程中，经常会提到剩余油储量这个概念，例如想要查看某个油藏或某个区块的剩余储量。以 1.1 小节中创建的 Sector 2 为例进行说明。在后处理 Results Graph 中打开 irf 文件，查看 Sector 2 随时间变化的剩余油储量。



在 Parameters 栏中, 除了 Oil Volume SC SCTR (地面条件下油体积) 外, 还有其他一些关于 Sector 的模拟结果参数, 见下表。

表 1 Sector 输出结果中英文对照表

英文名称	中文名称
Aquif Water Influx SCTR	水层水侵量
Ave Pres HC POVO SCTR	平均烃孔隙压力
Ave Pres POVO SCTR	平均孔隙压力
Average Temperature SCTR	平均温度
Conductive Heat Flow Inje Cum SCTR	累计注入热量
Conductive Heat Flow Inje Rate SCTR	注热速率
Conductive Heat Flow Prod Cum SCTR	累积产热量
Conductive Heat Flow Prod Rate SCTR	产热速率
Energy In Place SCTR	地层原始能量
Enthalpy Inje Cum SCTR	累积注入焓
Enthalpy Inje Rate SCTR	注入焓速率
Enthalpy Prod Cum SCTR	累积产出焓
Enthalpy Prod Rate SCTR	产出焓速率
Fluid Volume Change SCTR	流体体积变化量
Gas Ave Sat SCTR	平均含气饱和度
Gas Inje Cum SCTR	累积注气量
Gas Inje Rate SCTR	注气速率
Gas Oil Ratio SCTR	气油比
Gas Prod Cum SCTR	累积产气量
Gas Prod Rate SCTR	产气速率
Gas Recovery Factor SCTR	气采出程度
Gas Volume RC SCTR	气体体积 (油藏条件)
Gas Volume SC SCTR	气体体积 (地面条件)
HC Pore Volume SCTR	烃孔隙体积
Liquid Prod Cum SCTR	累积产液量
Liquid Prod Rate SCTR	产液速率
Net Heater Cum SCTR	累积净加热量
Net Heater Rate SCTR	净加热速率
Oil Ave Sat SCTR	平均含油饱和度
Oil Inje Cum SCTR	累积注油量
Oil Inje Rate SCTR	注油速率
Oil Prod Cum SCTR	累积产油量
Oil Prod Rate SCTR	产油速率
Oil Recovery Factor SCTR	油采出程度
Oil Steam Ratio Cum SCTR	累积油气比
Oil Steam Ratio Inst SCTR	瞬时油气比
Oil Volume RC SCTR	油体积 (油藏条件)

Oil Volume SC SCTR	油体积 (地面条件)
Pore Volume SCTR	孔隙体积
Steam Chamber Volume SCTR	蒸汽腔体积
Steam Oil Ratio Cum SCTR	累积汽油比
Steam Oil Ratio Inst SCTR	瞬时汽油比
Water Ave Sat SCTR	平均含水饱和度
Water Cut SCTR	含水率 - 小数
Water Cut SCTR - %	含水率 - %
Water Gas Ratio SCTR	水气比
Water Inje Cum SCTR	累积注水量
Water Inje Mass Cum SCTR	累积注水质量
Water Inje Mass Rate SCTR	累积注水质量速率
Water Inje Rate SCTR	注水速率
Water Mass SC SCTR	水质量 (地面条件)
Water Oil Ratio SCTR	水油比
Water Pore Vol Injected - % SCTR	注入水 PV 百分比
Water Pore Vol Injected - SCTR	注入水 PV 数
Water Prod Cum SCTR	累积产水量
Water Prod Rate SCTR	产水速率
Water Recovery Factor SCTR	水采出程度
Water Volume RC SCTR	水体积 (油藏条件)
Water Volume SC SCTR	水体积 (地面条件)

备注: SCTR 表示 Sector; RC 是 Reservoir Condition 简写, 油藏条件; SC 是 Surface Condition 简写, 地面条件; Ave 是 Average 简写, 平均; HC 是 Hydrocarbon 简写, 烃; Cum 是 cumulative 简写, 累积; Inst 是 Instant 简写, 瞬时; Sat 是 saturation 简写, 饱和度。

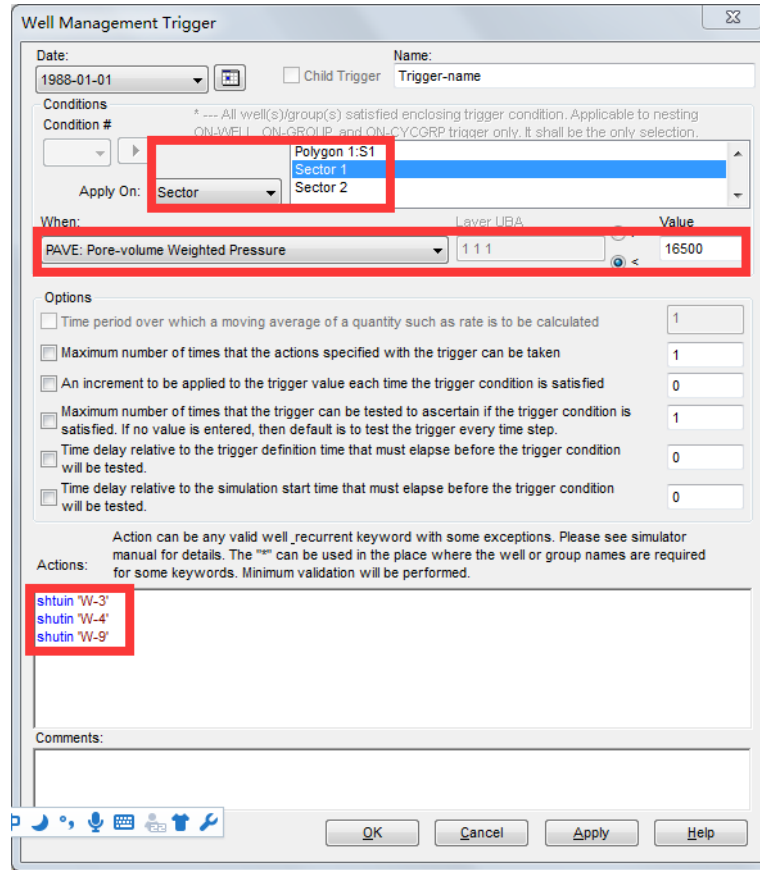
## 2.3 Sector 分区其他应用

除了上述 Sector 分区在前后处理中的常规应用, 还有其他一些高级应用, 例如 Sector 分区在 Formula、Trigger 以及 OUT 文件等的应用。

### 2.3.1 Sector 分区在 Trigger 中的应用

在使用 Trigger 触发功能, 用户可以在模拟过程中, 定义某 Sector 分区满足某一条件时, 对其本身或其他对象采取措施。以 1.1 小节中创建的 Sector 1 为例, 当分区 Sector 1 平均油藏压力小于 16.5 MPa 时, 关闭生产井 W-3、W-4 及 W-9,

关于 Trigger 的详细内容，请参考讲义第 47 期。



### 2.3.2 Sector 分区在 OUT 文件中的应用

以 STARS 自带算例 stdrm004.dat 为例，将其提交给模拟器进行运算，用文本编辑器打开 OUT 文件，搜索“Sector”，如下所示。

Time = 1095.00000 days

		Entire				
	Sector Name	Field	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4
<b>Well Accumulations:</b>						
Water Prod Cum (bbl)		36341.8	854.964	617.066	4155.41	30714.4
Oil Prod Cum (bbl)		14126.9	1105.97	710.677	2332.72	9977.51
Gas Prod Cum (ft <sup>3</sup> )		0	0	0	0	0
Water Inje Cum (bbl)		39747.7	0	0	0	39747.7
Gas Inje Cum (ft <sup>3</sup> )		0	0	0	0	0
Cum SOR (bbl/bbl)		2.81363				3.98374
Cum OSR (bbl/bbl)		0.355413				0.251021
<b>Well Rates:</b>						
Water Prod Rate (bbl/day)		38.3491	4.53235	2.54466	4.49092	26.7812
Oil Prod Rate (bbl/day)		10.4408	2.00724	1.28822	1.48141	5.6639
Gas Prod Rate (ft <sup>3</sup> /day)		0	0	0	0	0

Water Inje Rate (bbl/day)	37.5	0	0	0	37.5
Gas Inje Rate (ft <sup>3</sup> /day)	0	0	0	0	0
Liquid Prod Rate (bbl/day)	48.7899	6.53958	3.83288	5.97233	32.4451
Water Oil Ratio (bbl/bbl)	3.67302	2.258	1.97533	3.03152	4.7284
Gas Oil Ratio (ft <sup>3</sup> /bbl)	0	0	0	0	0
Inst SOR (bbl/bbl)	3.59169				6.62088
Inst OSR (bbl/bbl)	0.27842				0.151037

**Recovery Factors:**

Water Recovery Factor (%)	-13.063	26.4229	9.50579	50.9741	-110.25
Oil Recovery Factor (%)	44.9001	28.3256	9.07252	23.7132	100.906
Gas Recovery Factor (%)	0	0	0	0	0

**Enthalpies:**

Prod Cum (Btu)	4.0599e9	7.7033e7	5.7329e7	6.7154e8	3.254e9
Inje Cum (Btu)	1.314e10	0	0	0	1.314e10
Prod Rate (Btu/day)	5.0196e6	658259	310197	1.0066e6	3.0445e6
Inje Rate (Btu/day)	1.2397e7	0	0	0	1.2397e7

**Conductive Heat Flow:**

Prod Cum (Btu)	0	0	0	0	0
Inje Cum (Btu)	0	0	0	0	0
Prod Rate (Btu/day)	0	0	0	0	0
Inje Rate (Btu/day)	0	0	0	0	0

**All Heater Types:**

Net Heater Cum (Btu)	0	0	0	0	0
Net Heater Rate (Btu/day)	0	0	0	0	0

**In-place Reservoir Volumes:**

Fluid Volume (ft <sup>3</sup> )	337500	42041.5	84214.4	105466	105778
Fluid Volume Change (ft <sup>3</sup> )	-8407	-1198.8	-2277.1	-2572.4	-2358.8
Hydrocarbon Volume (ft <sup>3</sup> )	158217	20283	40985	51028.8	45919.9
Water Volume RC (bbl)	31931.7	3875.35	7699.48	9695.75	10661.1
Oil Volume RC (bbl)	18519.9	2191.29	4945.23	5492.7	5890.68
Gas Volume RC (ft <sup>3</sup> )	54235.2	7979.83	13219.6	20189.6	12846.1
Steam Chamber Volume (ft <sup>3</sup> )	54235.2	7979.83	13219.6	20189.6	12846.1

**In-place Standard Volumes:**

Water Volume SC (bbl)	29473.9	3595.58	7122.64	8943.57	9812.08
Oil Volume SC (bbl)	17344.2	2066.4	4637.84	5133.23	5506.77
Gas Volume SC (ft <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0
Energy In Place (Btu)	8.6634e9	1.0251e9	2.1072e9	2.7452e9	2.786e9

**Averages:**

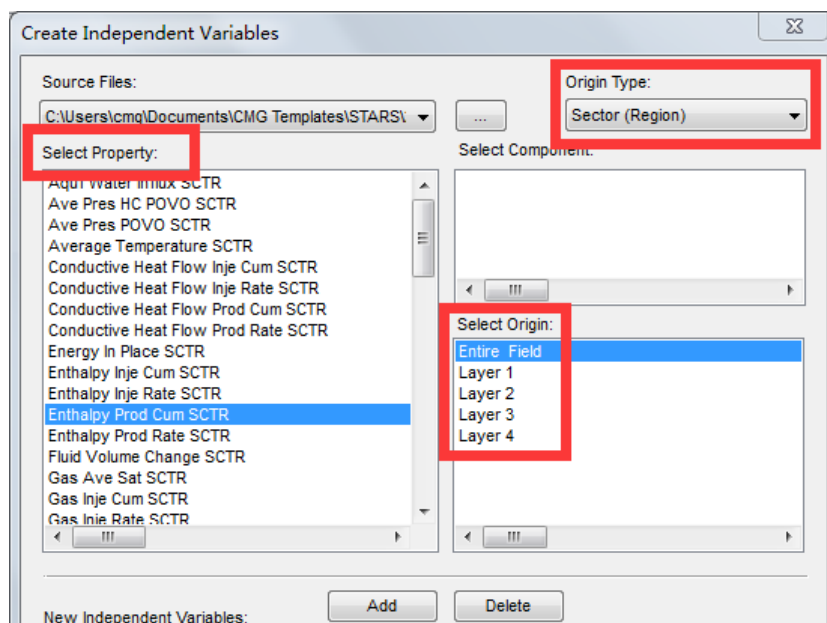
Ave Pres POVO (psi)	140.888	133.729	136.944	140.83	146.932
Ave Pres HC POVO (psi)	140.675	133.717	136.887	140.851	146.935
Water Ave Sat	0.53121	0.517548	0.513325	0.516161	0.565883
Oil Ave Sat	0.308093	0.292643	0.329699	0.292408	0.312672
Gas Ave Sat	0.160697	0.189808	0.156976	0.191432	0.121445
Average Temperature (F)	280.058	271.137	274.792	286.125	281.782

上面文本信息表示在时间点 Time = 1095.00000 days 下, 不同 Sector 分区的模拟结果, 主要包含累产量、日产量、采出程度、焓、热流量传导、加热量、油藏条件流体体积、地面条件流体体积以及油藏参数平均值等信息。

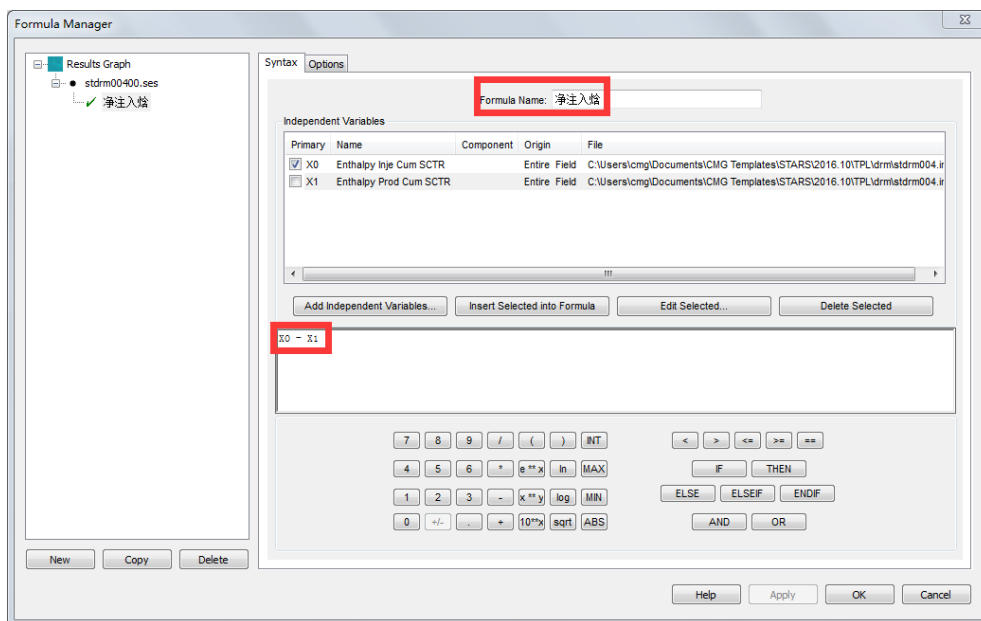
### 2.3.3 Sector 分区在 Formula 中的应用

在后处理中编辑公式 (Formula) 来定义需要的属性, 也就是通过数学运算或逻辑运算将已知变量定义未知变量。Sector 分区的模拟结果可作为已知变量, 通过数学运算或逻辑运算, 将其定义为未知变量。例如, 用户需要计算某个区块的净注入热量, 通过已知变量累积注入焓和累积产出焓, 结合数学运算符, 可得到公式: 净注入焓=累积注入焓-累积产出焓。

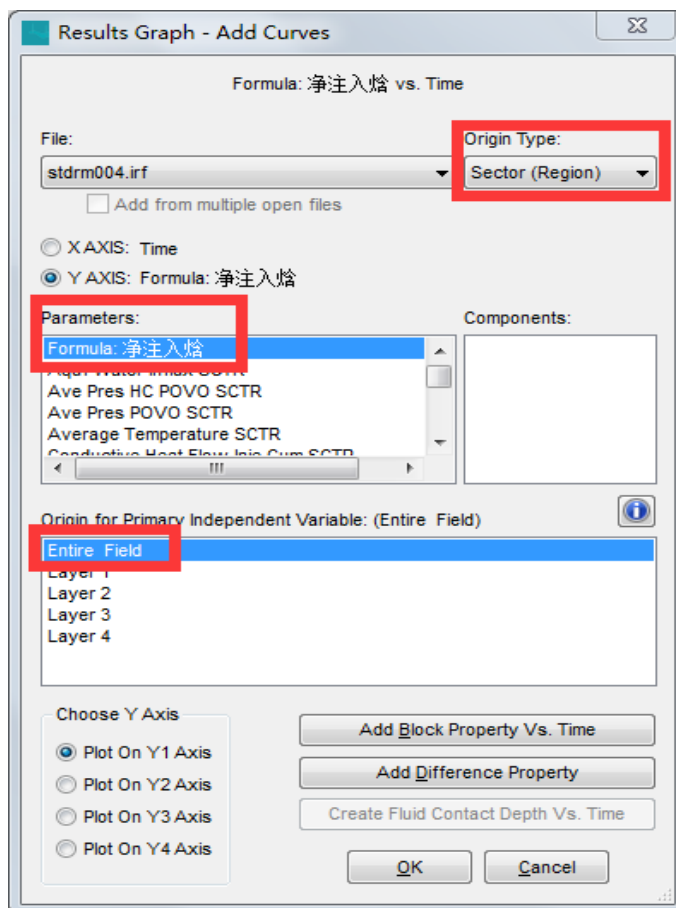
- 以算例 stdrm004.dat 为例, 将其提交给模拟器进行运算,
- 用后处理 Results Graph 打开结果文件,
- 点击 Tools-Formula Manager-New,
- 点击 Add Independent Variables,
- 在 Origin Type 中选择 Sector (Region),
- 在 Select Origin 中使用缺省的 Entire Field(也可根据需要选择其他 Sector 分区),
- 在 Select Property 中选择需要添加的属性参数, Enthalpy Inje Cum SCTR 和 Enthalpy Prod Cum SCTR



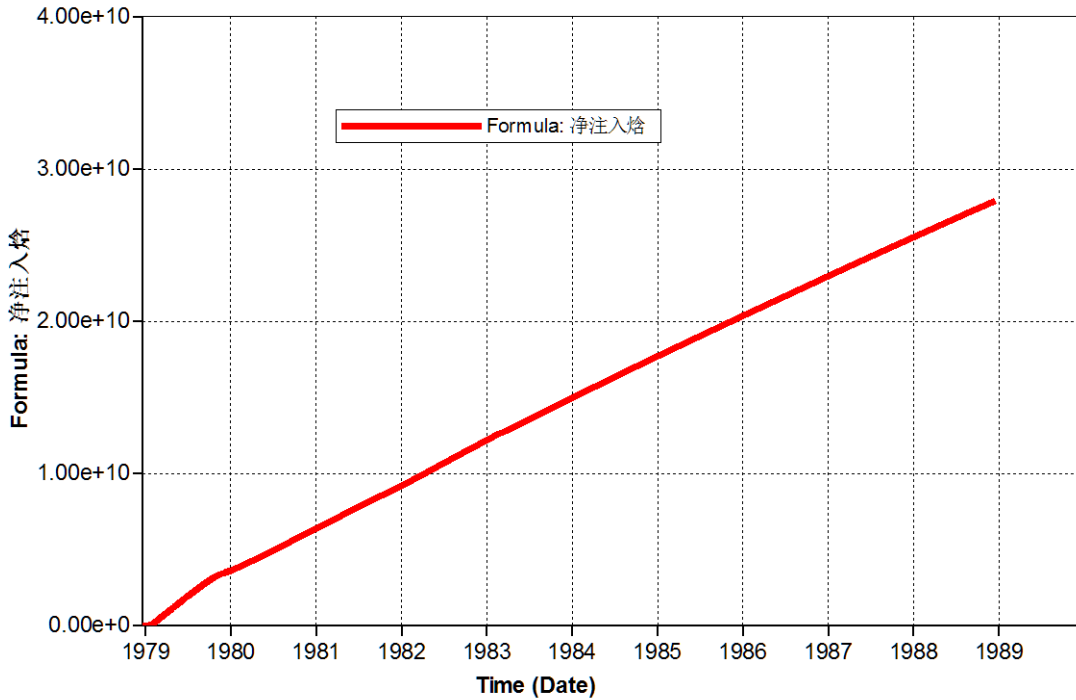
➤ 点击 OK 后，回到公式编辑界面进行数学运算；



➤ 公式编辑完成后，点击 OK，回到后处理 Results Graph 中添加曲线，



STARS Test Bed No. 7  
Entire Field stdrm004.irf



这样我们便通过简单的公式运算，得到了需要的属性参数。当然，也可根据自己的需要，发挥自己的想象力，编辑其他公式，得到需要的未知参数。

最后，想提醒大家，在 Builder 中创建 Sector 分区，需要在 I/O Control 输入输出控制部分添加相应关键字（例如 WSRF SECTOR TIME 或 1），才可以在后处理中查看 Sector 分区的相关模拟结果。

WSRF SECTOR TIME \*\*定义按照每个时间点输入 Sector 分区数据

WSRF SECTOR 1 \*\*定义每个时间步输出 Sector 分区数据