

加拿大计算机模拟软件集团

第65期

**CMOST操作实战之
不确定性分析**



(V.2016.10)


油藏数值模拟运算具有反问题的多解性。历史拟合阶段储层物性参数、流体数据、相渗数据等，方案优化阶段开发指标数据等都为导致数值模拟多解性的不确定性因素。通过对这些不确定因素变化的综合分析，就可以对数值模拟的技术或经济效果是否可接受做出评价，指出具体的论证结果或修改方案的建议和意见，进而提高数值模拟研究的科学性和可靠性。不确定性分析基于蒙特卡洛模拟，选择大量的实验方案，运算每个实验方案的目标函数值（如累计产油量、或净现值 NPV 等），得出不同目标函数对应概率和累积概率密度函数。在不确定性分析中，用 P10（概率为 10%）、P50（概率为 50%）以及 P90（概率为 90%）分别表示悲观、中等以及乐观的模拟结果。

通过《第 64 期：CMOST 操作实战之优化》讲义，优化出最优的生产工作制度，本期讲义以此为基础进行不确定性分析研究，得出 P10、P50 以及 P90 概率下的净现值，对数值模拟指标进行更科学的预测。操作流程分为模型调整、CMOST 文件创建、结果分析以及目标函数的调整四部分内容。

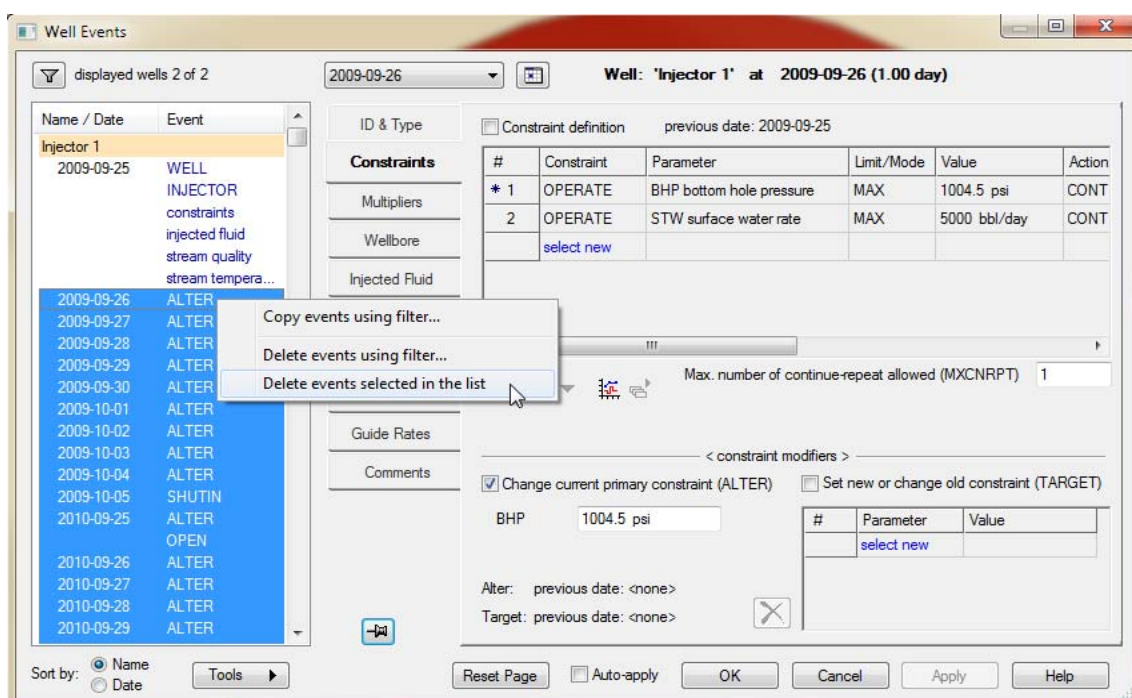
调整最优方案模型参数

根据前期优化的结果，使用最优方案作为本次课程的基础方案，需要将原始的操作条件剔除，然后在初始时间使用最优化的生产工作制度。

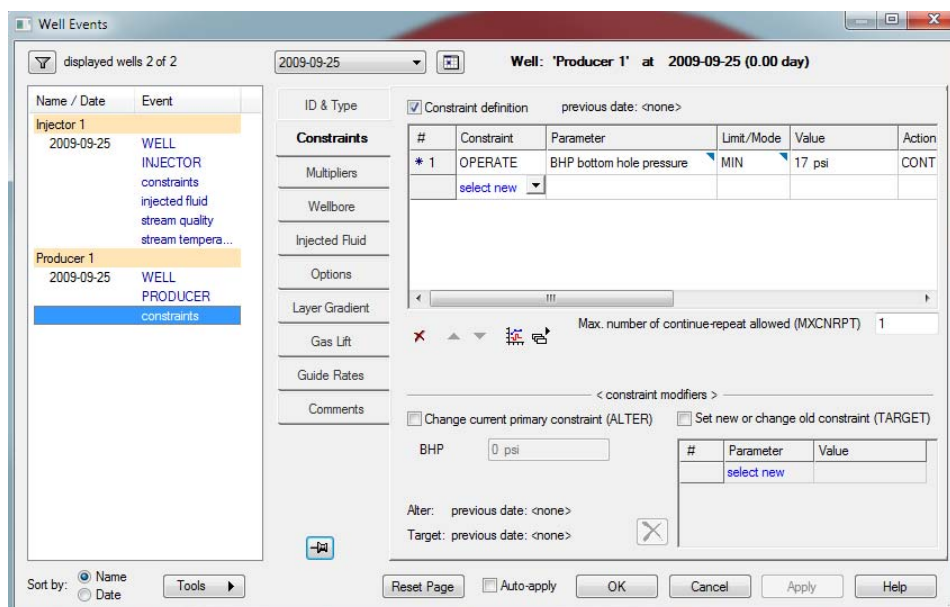
1. 切换到 **Control Centre -> Experiments Table**

点击 **FieldNPV** 表头，对其进行排序，找出最优参数组合。找到最优方案后，点击 **Builder**  按钮，打开模型。

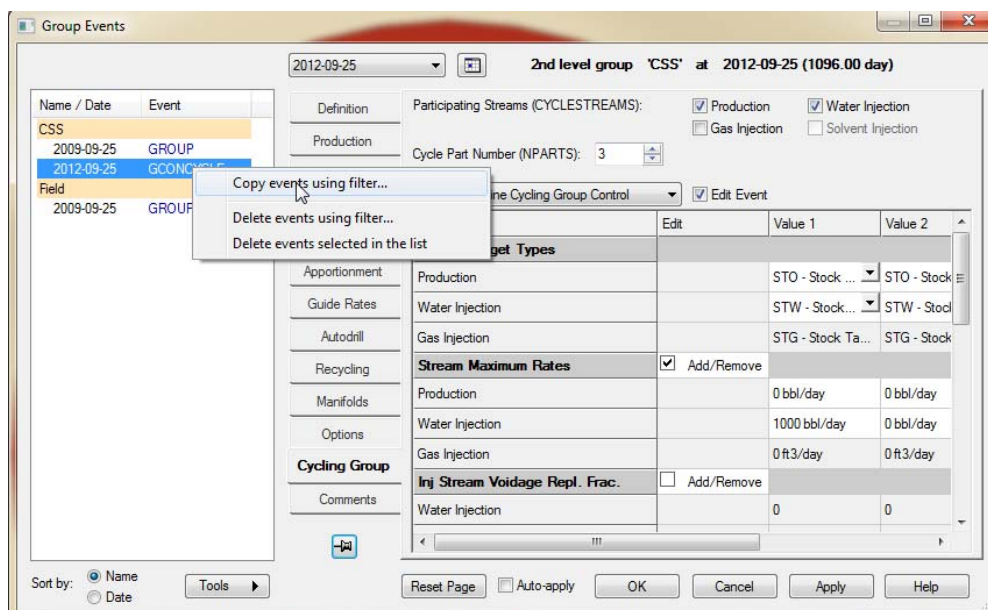
2. 首先，删除先前的操作条件。在 **Builder** 界面，切换到 **Well -> Well Events**，双击 **"Injector 1"** 保持原始操作条件。选择 **2009-09-26** 和 **2012-09-25** 之间所有生产日期。右键选择 **Delete events selected in the list**。



3. 对 **Producer 1** 重复上述步骤。同时删除 **Producer 1** 在 **2009-09-25** 时间点下的约束条件 **SHUTIN**。
4. 重新定义生产井约束条件 BHP。对 **Producer 1** 切换到 **Constraints** 标签，将 **BHP** 修改为 **17 psi** 点击 **OK**。



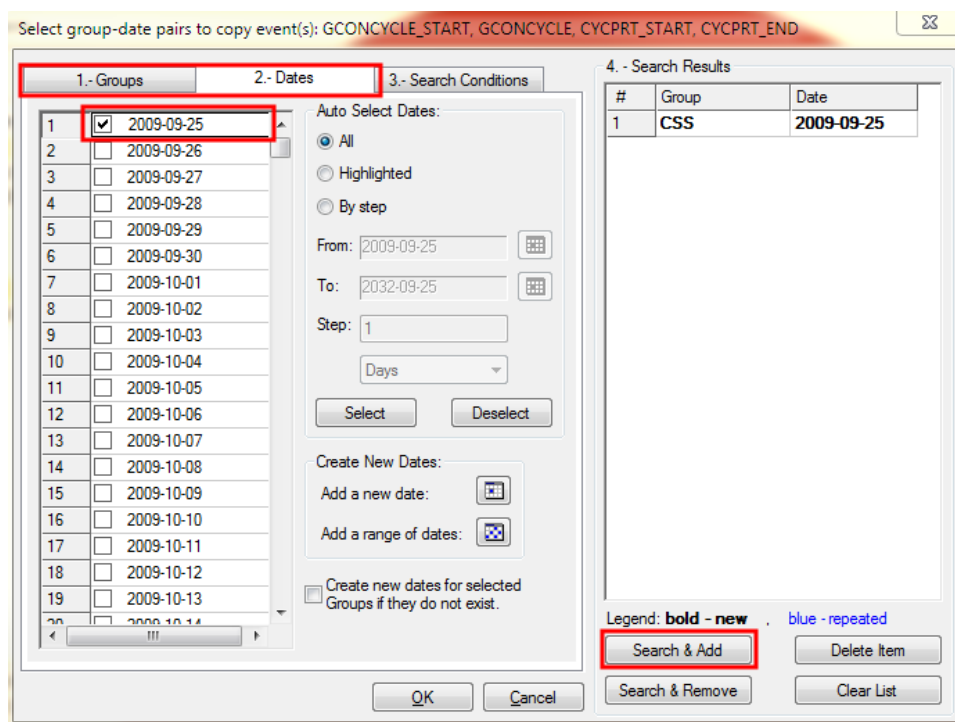
5. 下一步将井循环控制部分切换到模拟开始时间点。切换到 **Well -> Group Events**。
在日期点 **2012-09-25** 选择与 **CSS** 井组相关循环控制条件。右键，选择 **select Copy Events using Filter**。



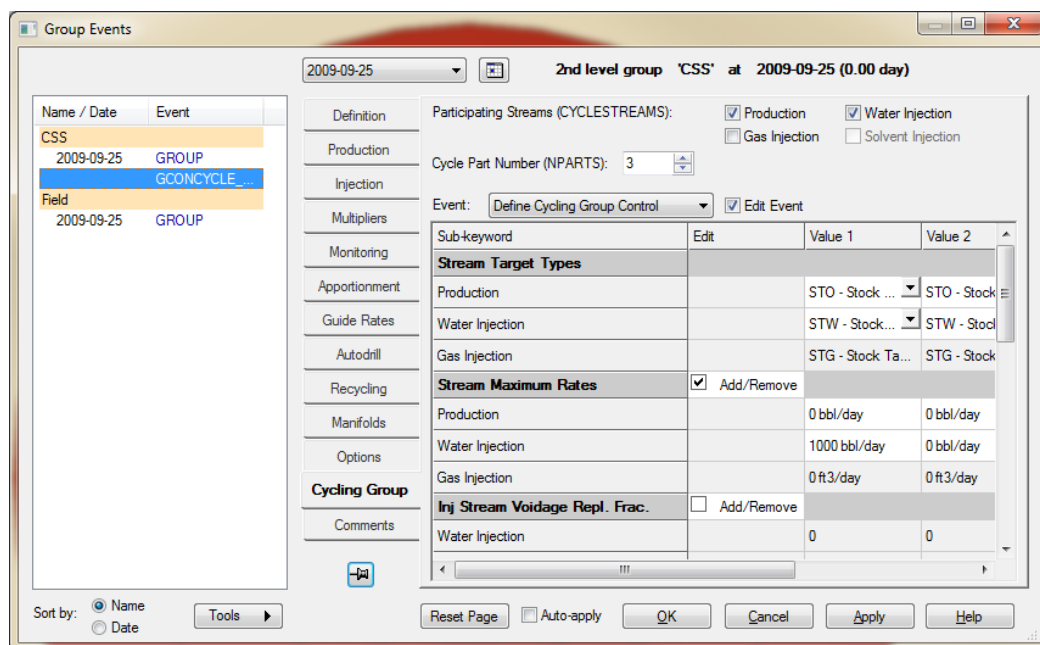
在 **Groups** 标签, 选择组 **CSS** 前面复选框。

在 **Dates** 标签, 选择 **2009-09-25** 前面复选框。

在底部右侧, 点击 **Search & Add** 按钮, 完成后点击 **OK**。



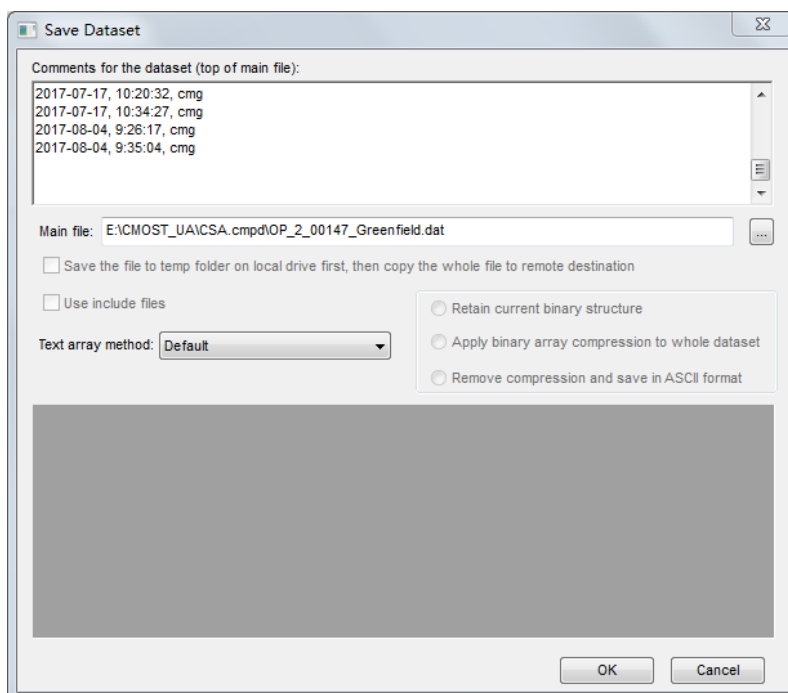
- 再次, 在时间点 **2012-09-25** 选择所有井组 **CSS** 相关的控制条件, 然后选择 **Delete events selected in the list**。完成后点击 **OK**。



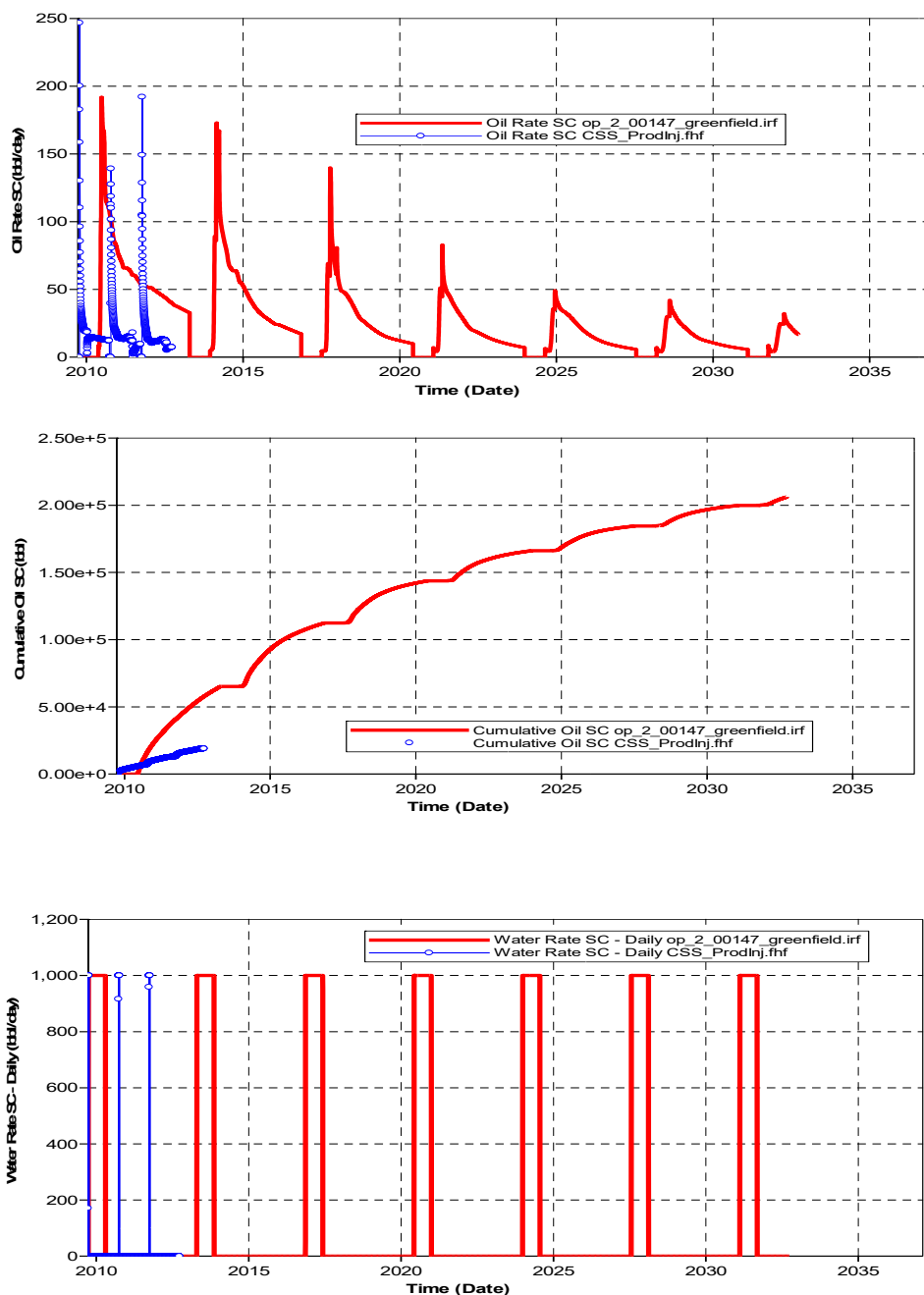
7. 因为我们将在初始时间点修改油藏属性，所以在该例子不能再使用重启动。切换到 **IO Control -> Restart**。将 **Restart from previous simulation run** 前面复选框中的对勾去掉，完成后点击 **OK**。

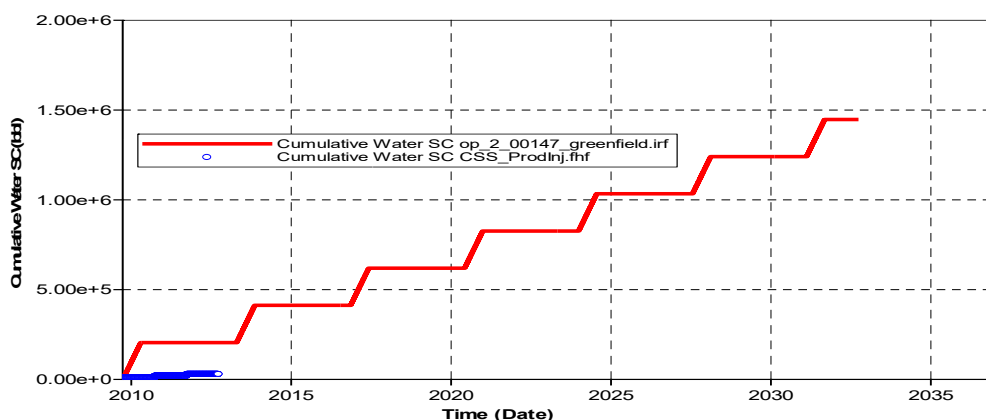
8. 切换到 **File -> Save As**

将文件保存在文件夹 **Cyclic Steam Analysis.cmpd** 中，并且在文件名后面添加 **"_Greenfield.dat"** 完成后点击 **OK**。



9. 保存后, 通过 **Launcher**, 将模拟器提交给 **STARS** (使用一个处理器)。运算完成后, 通过 **Results Graph** 验证模拟结果, 关于循环控制结果与预期一致, 没有问题。





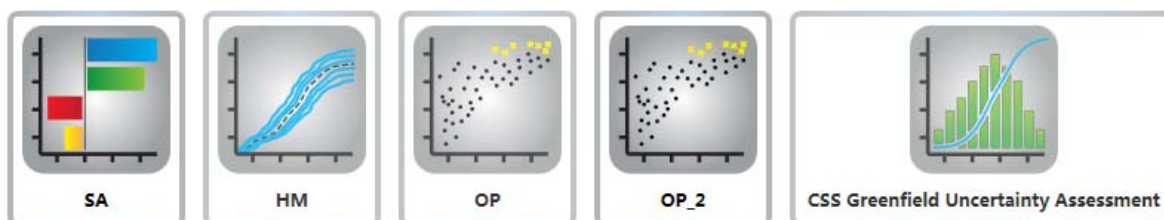
创建 CMOST 文件

我们已经为不确定性分析创建了基础文件。因为基础模型稍作修改，所以我们分析的结果略有不同，我们重新创建一个任务，而不是像先前那样从某个任务复制而来。

10. 在 **CMOST** 中，关掉其他任务，但仍保留工程文件。

11. 在工程 **Study Manager** 中，点击右图图标“**New Study**”，新建一个任务。

将其命名为 **CSS Greenfield Uncertainty Assessment**，点击 **Browse to** 找到不确定性分析基础文件 (**_Greenfield.dat**)，选择任务类型-**Uncertainty Assessment**，然后点击 **OK**。CSS 图标将添加至任务区域。



12. 双击“**CSS Greenfield UA**”图标，打开该任务，切换到 **General Properties** 界面。

找到 **Base session file relative path**，点击 **Browse** 按钮，选择文件 **Engineer.ses**。

13. 切换到 **Input -> Fundamental Data -> Original Time Series**

点击 **Insert**，添加和之前任务相同的时间序列曲线：

Origin Type	Origin Name	Property
WELLS	Producer 1	Cumulative Oil SC
WELLS	Producer 1	Cumulative Water SC
WELLS	Injector 1	Cumulative Water SC

14. 切换到 **Input -> Parameterization -> Parameters**

在例子中, 输入的参数和之前敏感性分析以及历史拟合任务是一样的。点击 **Edit button** 打开 **CMM Editor**。添加以下参数:

Variable	Related keyword	Parameter Name
Porosity (single value)	POR	Porosity
Permeability of each layer (4 values)	PERMI	Perm_L1, Perm_L2, Perm_L3, Perm_L4
Kv/Kh ratio	PERMK	KvKhRatio
Carmen-Kozeny exponential factor for permeability as f(porosity)	PERMUL (I/J/K)	PermExp
Dilation onset pressure	PDILA	DilOnsetPres
Dilation compressibility	CRD	DilCompress

完成后, COMST 主文件如下图所示。保存后, 退出。

```

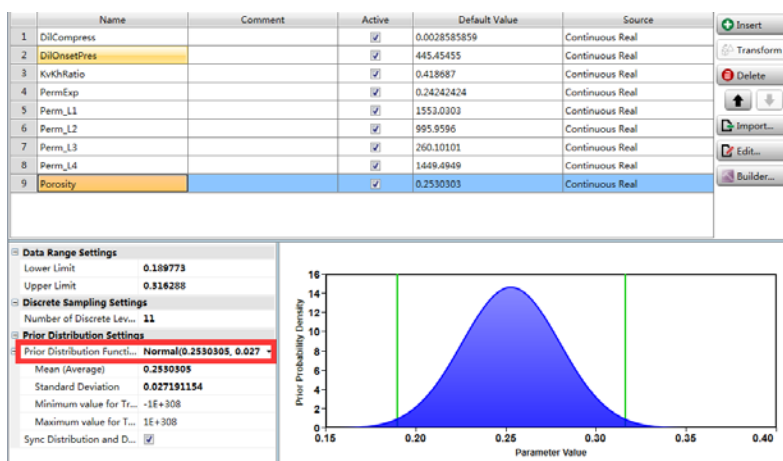
EDIT -- E:\CMOST_UA\CSA.cmpd\CSS Greenfield Uncertainty Assessment.cmm *
Edit Tools Help
46 *DJ *CON 360 ** Full circle
47
48 *DK *KVAR 25 25 20 10
49 **$ Property: NULL Blocks Max: 1 Min: 1
50 **$ 0 = null block, 1 = active block
51 NULL CON 1
52
53 *POR *CON <CMOST>this[0.2530303]-Porosity</CMOST>
54 *PERMI *KVAR <CMOST>this[1553.0303]-Perm_L1</CMOST> <CMOST>this[995.9596]-Perm_L2</CMOST> <CMOST>this[260.10101]-Perm_L3</CMOST> <CMOST>this[1449.4949]-Perm_L4</CMOST>
55 PERMI EQUALSI
56 PERMK EQUALSI * <CMOST>this[0.418687]-KvKhRatio</CMOST>
57 **$ Property: Pinchout Array Max: 1 Min: 1
58 **$ 0 = pinched block, 1 = active block
59 PINCHOUTARRAY CON 1
60
61 *END-GRID
62 ROCKTYPE 1
63
64 *CPOR Se-4
65 *PRPOR 125
66 DILATION PBASE 125 PDILA <CMOST>this[445.45455]-DilOnsetPres</CMOST> PPACT 10 CRD <CMOST>this[0.0028585859]-DilCompress</CMOST> FR .9 PORRATMAX 1.3
67 *ROCKCP 35
68 *THCONR 24
69 *THCONN 24
70 *THCONO 24
71 *THCONG 24
72 *HLOSSPROP *OVERBUR 35 24 *UNDERBUR 35 24
73 **$ Property: Permeability Multiplier I Max: 3 Min: 3
74 PERMULI CON <CMOST>this[0.24242424]-PermExp</CMOST>
75 **$ Property: Permeability Multiplier J Max: 3 Min: 3
76 PERMULJ CON <CMOST>this[0.24242424]-PermExp</CMOST>
77 **$ Property: Permeability Multiplier K Max: 3 Min: 3
78 PERMULK CON <CMOST>this[0.24242424]-PermExp</CMOST>
    
```

注意:

完成后, CMOST 参数自动填充至参数界面。参数的缺省取值范围是在原始值上下浮动 25%。我们保持其缺省的取值范围。

对不确定性分析, 每个参数都需要概率分布函数。可以给出油藏相邻区域的参数的取值概率。

15. 每个参数的取值使用缺省值，并且 **PriorDistributionFunction** 选择正太分布（Normal）概率密度函数。使用缺省的平均值及标准差。平均值设置为取值范围的中点。标准差设置为 98%，方案取值都落在期望的范围内。



参数之间可能相互关联。例如，孔渗相关，孔隙度越大，渗透率也越大。我们可以使用关系式定义参数之间的关系。

16. 切换到 **Input -> Parameterization -> Parameter Correlations**

对所有渗透率-渗透率及渗透率-孔隙度输入相关系数 0.5:

Desired Spearman's green uncertain parameter correlations									
	DilCompress	DilOnsetPres	KvKhRatio	PermExp	Perm_L1	Perm_L2	Perm_L3	Perm_L4	Porosity
DilCompress	1	0	0	0	0	0	0	0	0
DilOnsetPres	0	1	0	0	0	0	0	0	0
KvKhRatio	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PermExp	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Perm_L1	0	0	0	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Perm_L2	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0.5	0.5
Perm_L3	0	0	0	0	0.5	0.5	1	0.5	0.5
Perm_L4	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5
Porosity	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	1

点击箭头按钮 ，然后应用。

我们想要查看预期 NPV 取值范围以及产油、产水和注汽，因此需要为每个参数定义一个目标函数。

17. 切换到 **Input -> Objective Functions -> Basic Simulation Results**

在 **Basic Simulation Result from Original Time Series** 部分，点击 **Insert** 按钮。添加下面的目标函数：

Name	Origin Name	Property
Cumulative_Oil_Prod	Producer 1	Cumulative Oil SC

Cumulative_Water_Prod	Producer 1	Cumulative Water SC
Cumulative_Steam_Inj	Injector 1	Cumulative Water SC

18. 切换到 **Input -> Objective Functions -> Net Present Values**
19. 在顶部 **Unit Label** 下面，定义 **\$**
20. 点击 **Insert** 按钮，添加一个新目标函数
 - 命名新目标函数 **OilRevenue**
 - 设置单价 **“\$”**
 - Property Filter 为 **Daily Rate.**
21. 在底部，点击 **Insert** 按钮，添加一个新目标函数项
 - Origin Name: **Producer 1**
 - Property: **Oil Rate SC – Daily**
 - Start Time: **BaseCaseStart**
 - Unit \$ Value: **70 (\$/STB)**
 - 其他使用缺省值
22. 为注汽成本重复上述步骤。在顶部，点击 **Insert** 按钮，添加一个新目标函数。
 - 命名新目标函数 **SteamCost**
 - 设置单价 **“\$”**
 - Property Filter 为 **Daily Rate.**
23. 在底部，点击 **Insert** 按钮，添加一个新目标函数项
 - Origin Name: **Injector 1**
 - Property: **Water Rate SC – Daily**
 - Start Time: **BaseCaseStart**
 - Unit \$ Value: **-4 (\$/STB 负值表示注汽成本)**
 - 其他使用缺省值
24. 切换到 **Control Centre -> Simulation Settings**。
 - 确保 scheduler **Local** 设置为 **Active**。设置 **Max Concurrent Jobs** 为 **3**（最多同时运算 3 个任务）。确保选中最新 **STARS** 版本。因为我们的模型运行小于 1 分钟，所以我们设置 **Max Run Time per Job** 为 **0.1** 小时（6 分钟）。

Schedulers: Connected using schedulers in Launcher. Please do not close Launcher when the study is running.

Refresh

Active	Scheduler Name	Type	Max Concurrent Jobs	Max Failed Jobs	Work Plan	Job Priority	Additional Switches	Host Computer
<input checked="" type="checkbox"/>	Local	Local	3	25	All Time	Low		

~ Simulator settings

Simulator: STARS
 Simulator version: 2016.11
 Number of CPUs per job: 1
 Method to find executable: Find Exact Version
 Max run time per job (hours): 0.1
 Additional simulator switches:

Apply simulator license multiplier:
 Write SR2 files on execution host:
 Write log file on execution host:
 Sable restart records writing:
 Sable grid records writing in OUT:
 Sable grid records writing in SR2:

Job record and file management

Job Status	Clear Job Record	Delete .dat	Delete .log	Delete output files (*.irf, *.mrf, ...)
NormalTerminatic	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AbnormalTermina	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Failed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Killed	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

1. For normal termination jobs, the user can specify the number of optimum experiments to keep simulation files in Engine Settings page.
 2. Abnormal termination jobs are jobs terminated by the simulator due to numerical problems.
 3. Failed jobs are jobs that couldn't run to completion due to hardware/software/license problems.

25. 这就完成了不确定性分析的所有输入。保存任务。

26. 点击 **Control Centre** 界面。点击 按钮，启动 CMOST 引擎。

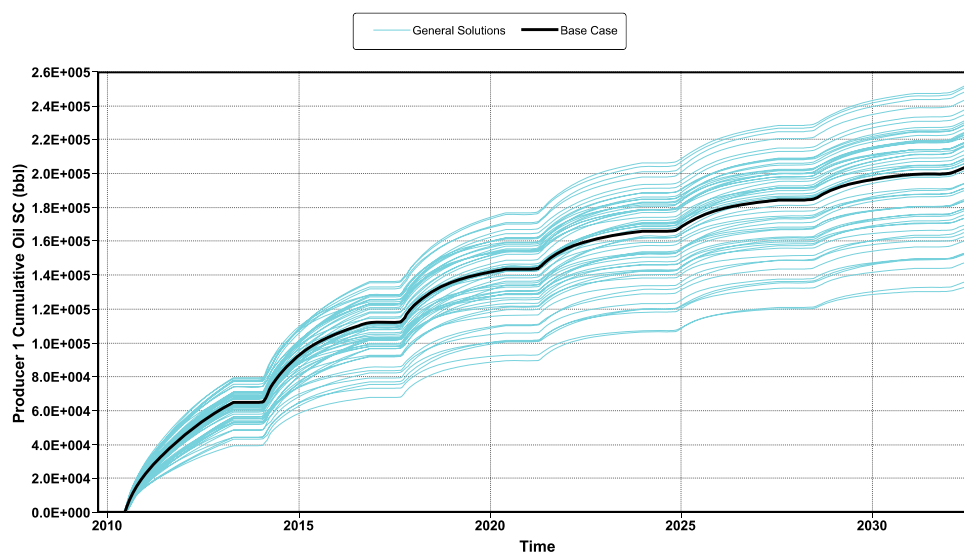
CMOST 开始创建模型，并将它们提交给模拟器运算。

结果分析

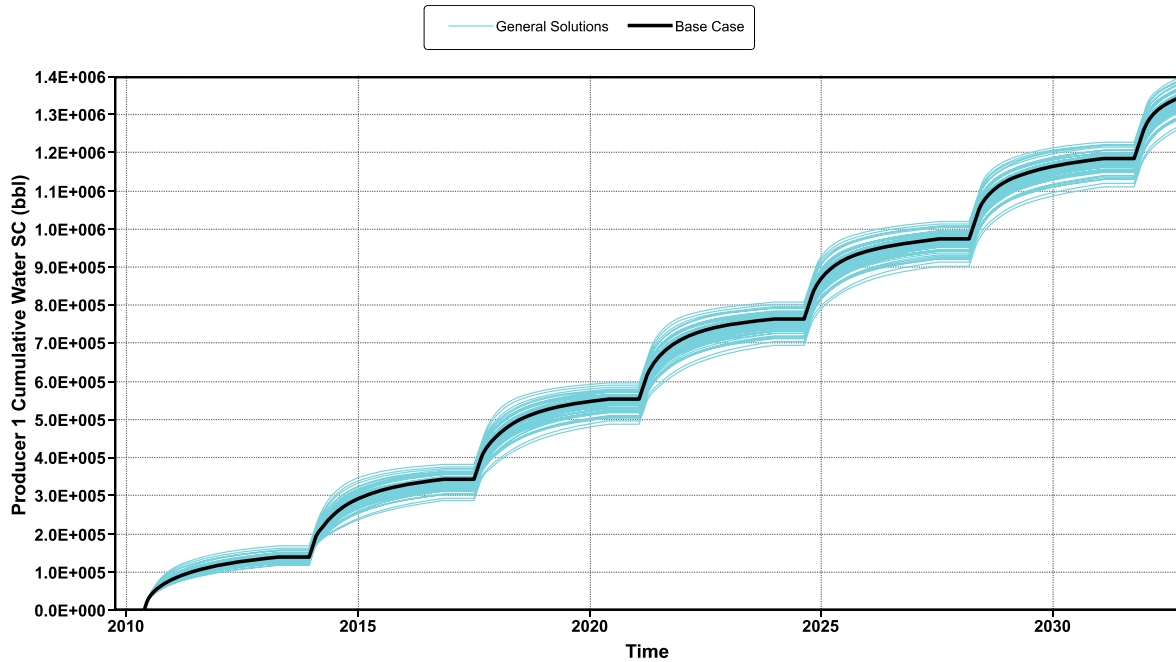
27. 切换到 **Results & Analyses -> Time Series -> Observers**

回顾结束时间点累产水和累注汽曲线。从蒙特卡洛模拟和基础方案结果对比可以看出范围上的指示。

WELLS_Producer 1_Cumulative Oil SC

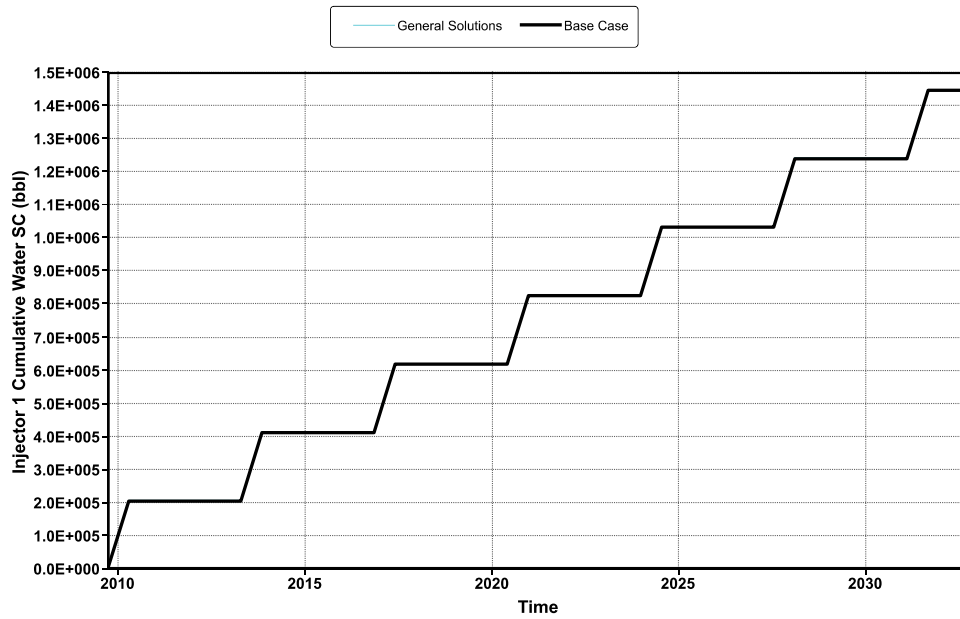


WELLS_Producer 1_Cumulative Water SC

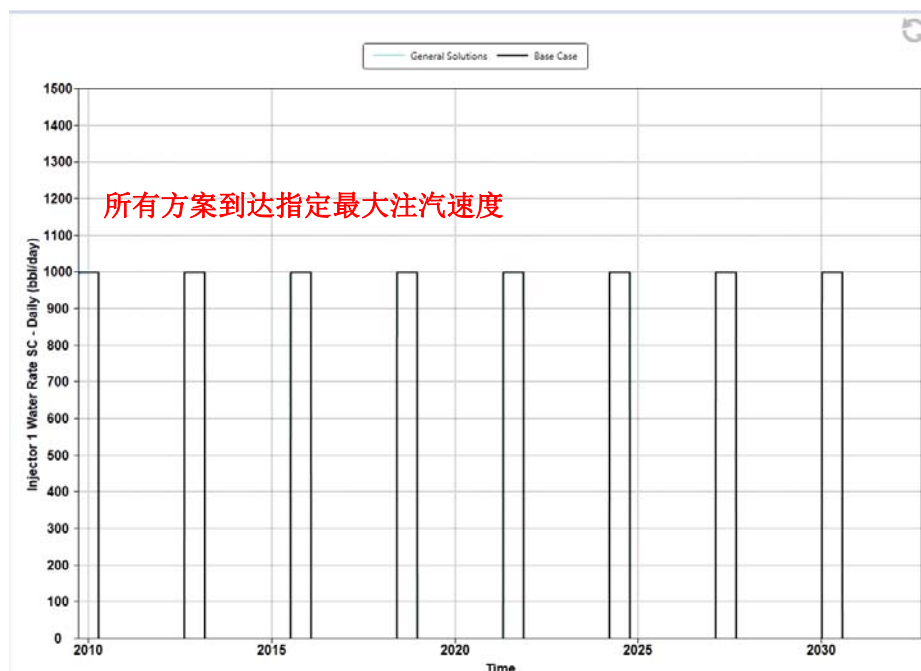


查看累注汽曲线时，发现所有方案都达到了最大注汽量，并且没有达到设定的最大注入压力。结果表明所有方案的累积注汽量几乎相等。

WELLS_Injector 1_Cumulative Water SC



WELLS_Injector 1_Water Rate SC

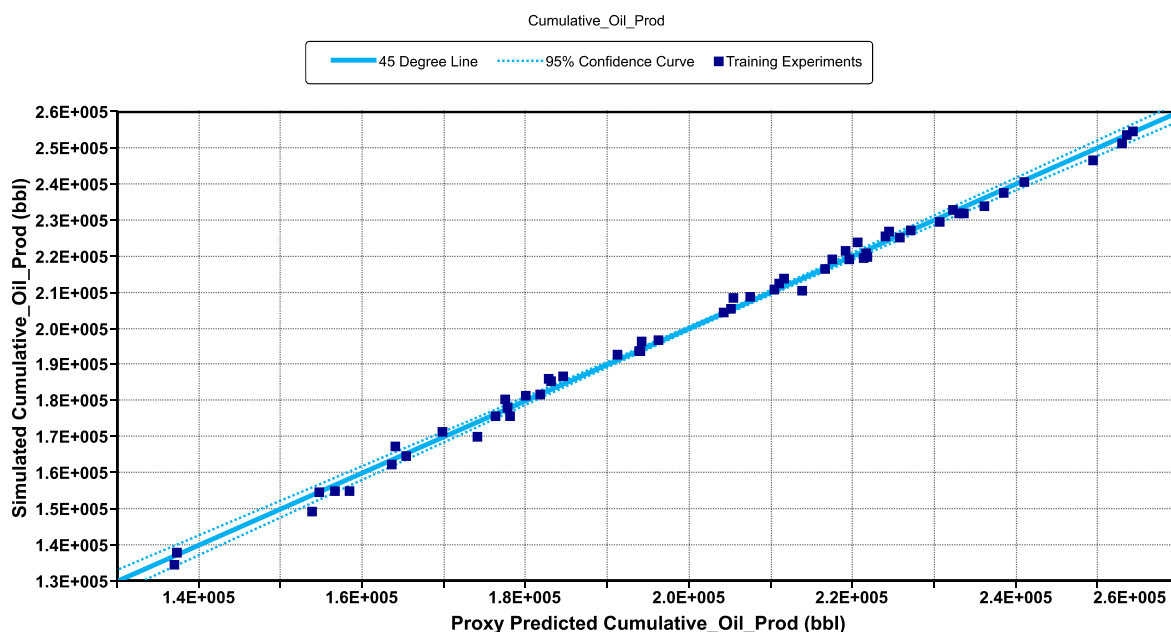


28. 切换到 **to Results & Analyses -> Objective Functions -> Proxy Analysis -> Cumulative_Oil_Prod**

回顾敏感性分析时，得到的代理模型结果，这里添加了蒙特卡洛模拟结果。

29. 首先，我们需要验证代理模型的精度。目测 **Model QC** 图。

这张图是模拟器运算结果与代理模型预测结果的对比。数据点离 45° 线之间的距离表示代理模型预测结果偏离实际模拟结果的程度。如果所有的数据点都落在 45° 线上，表示代理模型运算结果与模拟器运算结果一致，此时精度最高。在该例子中，大部分点落在了 45° 线附近，表示代理模型精度足够高。



30. 切换到 **Statistics** 标签。

在“Summary of Fit”表格：

- 核实“R-Square”、“R-Square Adjusted”和“R-Square Prediction”是否都大于 0.5，如果大于 0.5 表示拟合精度够高。
- 核实 Prob > F 是 ≤ 0.05 。

“Effect Screening Using Normalized Parameters (-1, 1)”表格给出了每个参数变量敏感性的评估。

- 核实“Prob > |t|”列。评估较好的参数系数，其“Prob > |t|”较低，一般 (< 0.1)”。与它们的系数相比，这些参数的标准差都较低。
- 核实“VIF (方差膨胀因子)”列。参数 VIF 值较高 (大于 3) 可能有多重共线性的问题。这可能表示参数系数是无效的。

Summary of Fit

R-Square	0.995914
R-Square Adjusted	0.995006
R-Square Prediction	0.993478
Mean of Response	202051
Standard Error	2153.16

Analysis of Variance

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Model	10	5.08509E+10	5.08509E+09	1096.84	<0.00001
Error	45	2.08625E+08	4.63611E+06		
Total	55	5.10595E+10			

Effect Screening Using Normalized Parameters (-1, +1)

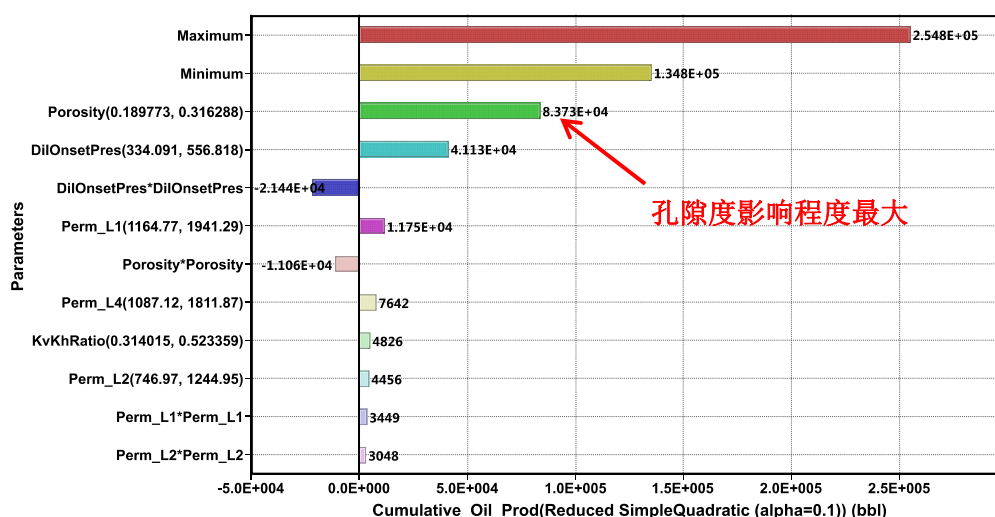
Term	Coefficient	Standard Error	t Ratio	Prob > t	VIF
Intercept	204725	769.619	266.008	<0.00001	0.00
DilOnsetPres(334.091, 556.818)	20564.7	459.275	44.7765	<0.00001	1.06
KvKhRatio(0.314015, 0.523359)	2412.91	502.017	4.80643	0.00002	1.22
Perm_L1(1164.77, 1941.29)	5873.52	497.296	11.8109	<0.00001	1.22
Perm_L2(746.97, 1244.95)	2227.96	501.728	4.44058	0.00006	1.13
Perm_L4(1087.12, 1811.87)	3820.83	545.887	6.99932	<0.00001	1.22
Porosity(0.189773, 0.316288)	41864.3	509.547	82.1599	<0.00001	1.22
DilOnsetPres*DilOnsetPres	-10717.8	851.549	-12.5863	<0.00001	1.15
Perm_L1*Perm_L1	1724.66	842.925	2.04604	0.04662	1.18
Perm_L2*Perm_L2	1524.05	910.028	1.67473	0.10092	1.16
Porosity*Porosity	-5529.88	971.44	-5.69246	<0.00001	1.31

 31. 切换到 **Effect Estimate** 标签。

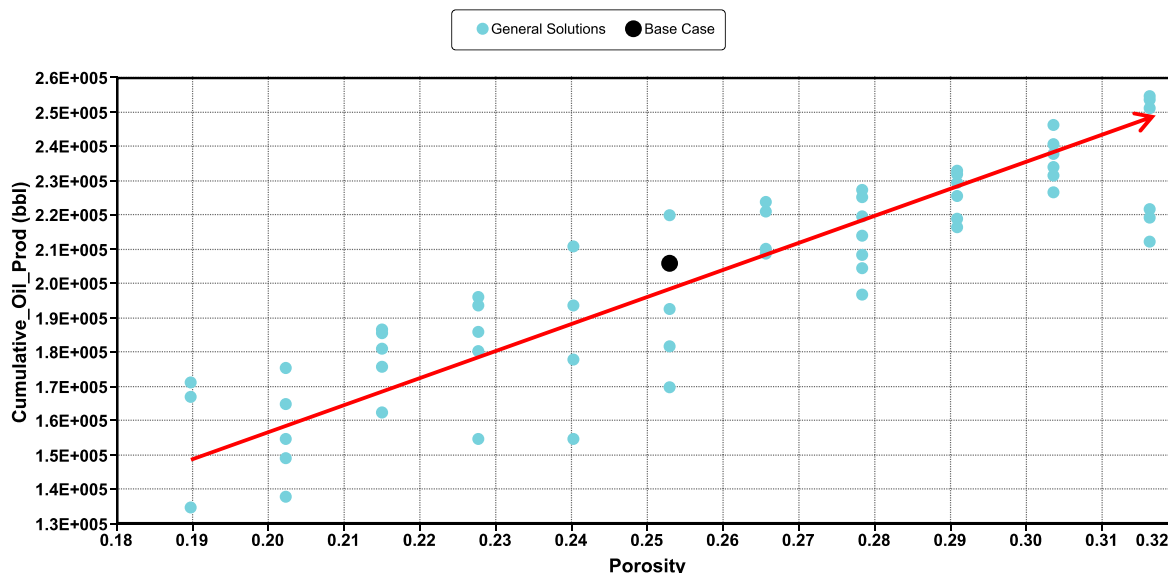
Tornado 图利用可视化方式表示参数敏感性。表格中的值显示两倍归一化系数值（归一化参数范围是 2）。

图中数值高的参数表示敏感性强。对于线性参数，其数值表示参数从最小值变化到最大值的目标函数的平均变化。

Maximum 和 **minimum** 表示所有试验方案中最大和最小目标函数。**Target** 表示从生产历史文件得到的数据。

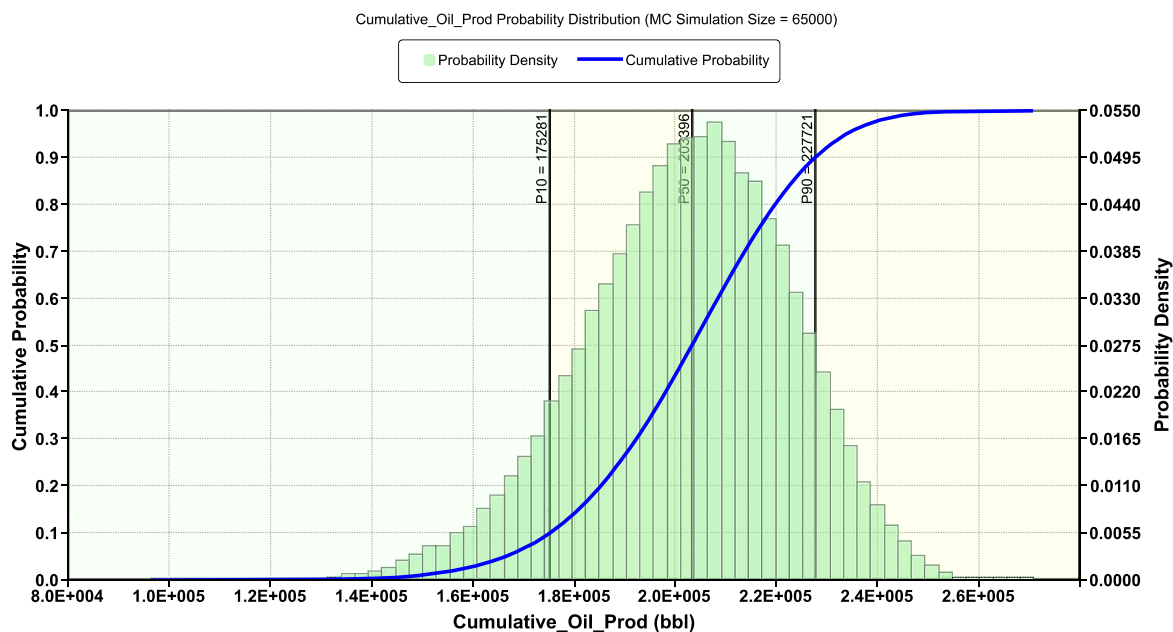

 32. 切换到 **Results & Analysis -> Objective Functions -> Cross Plot -> Cumulative_Oil_Prod** 选择 **Porosity** 前面复选框。

在交汇图中，我们可以明显看出 Cumulative_Oil_Prod vs. Porosity 之间的线性关系，证实了结果与响应面模型的关系。



33. 回到 **Results & Analyses -> Objective Functions -> Proxy Analysis -> Cumulative_Oil_Prod**，选择 **Monte Carlo Simulation** 标签。

对蒙特卡洛模拟，CMOST 使用概率密度分布函数 创建了成千上万个实验方案来定义参数与参数之间的关系。创建目标函数响应面来评价每个实验方案的结果（方程在 **Statistics** 标签底部）。蒙特卡洛模拟图给出了概率分布结果。

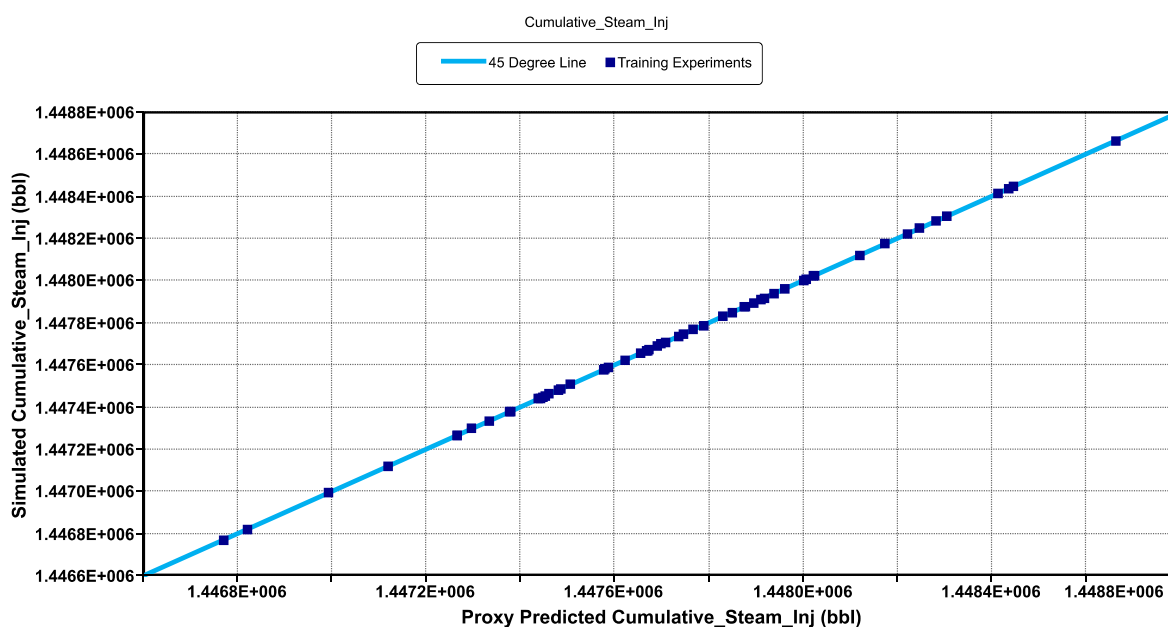


34. 切换到 **Proxy Settings** 标签。

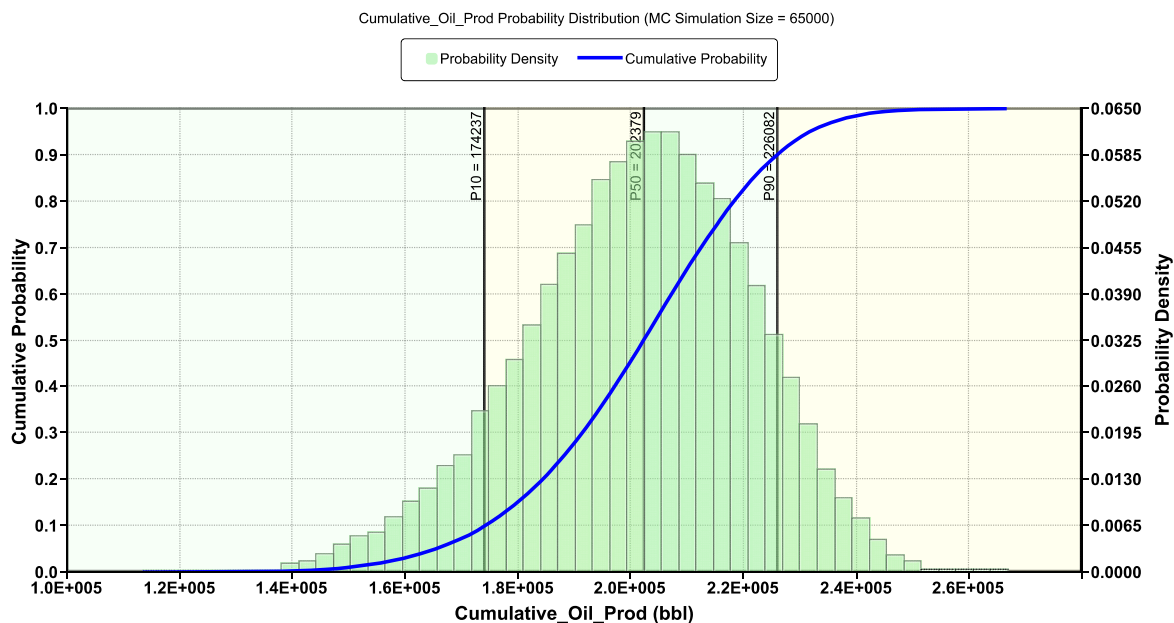
初始时, 在 Control Panel -> Engine Settings 界面, 选择的代理模型类型是多项式。我们将代理模型调整为 RBF Neural Network, 然后对比结果。

35. 在 **Proxy Model Type**, 选择 **RBF Neural Network**。其他选项使用缺省值。36. 回到 **Model QC** 标签。

在 RBF 代理模型下, 所有训练实验方案都落在了 45° 线上。验证方案指示其他实验方案预测精度。

37. 核实验证实验方案 (**Verification Experiments**) 数据点都落在了 45° 线附近。在该例子中拟合精度足够高, 预测时更加准确。

38. 回到 Monte Carlo Simulation 标签。对比先前例子的结果 (注意 X-轴刻度)。



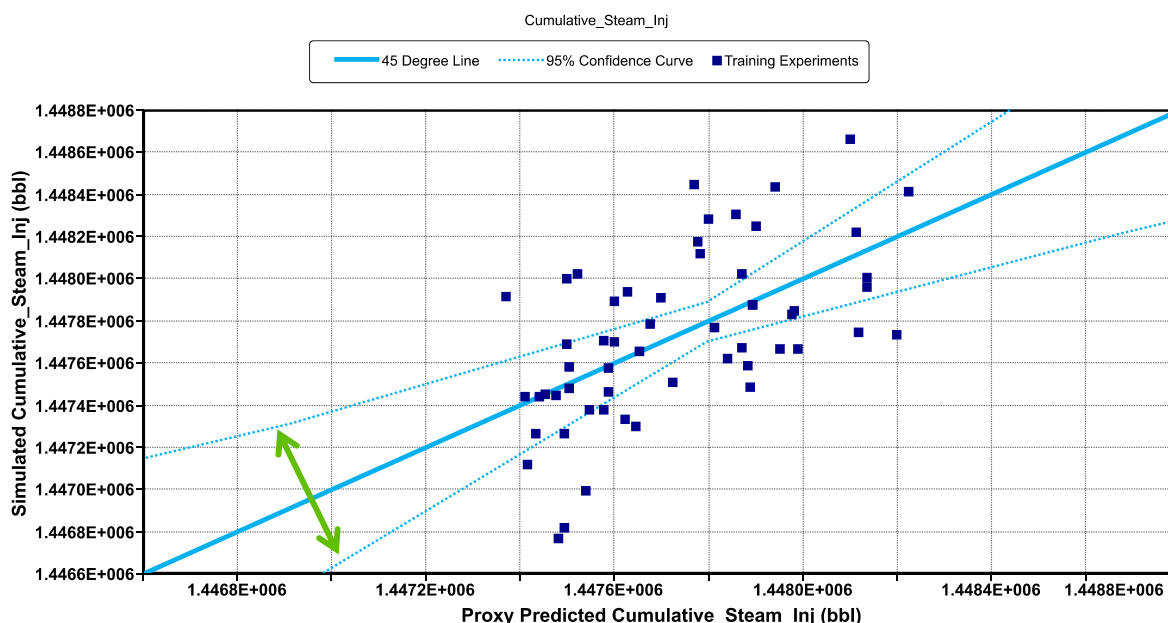
在该例子中，两种代理模型下的蒙特卡洛模拟结果比较接近。这和预期结果是一致的，因为两种代理模型的精度都比较高。如果两种代理模型下的结果差别比较大，参考精度最高的代理模型。

对其他大部分目标函数的分析也类似。

下面我们切换到 **Cumulative_Steam_Inj**，因为该结果与上述不同。

39. 切换到 **Results & Analyses -> Objective Functions -> Proxy Analysis -> Cumulative_Steam_Inj**

40. 首先，我们需要验证代理模型的精度。通过 **Model QC** 图观察。



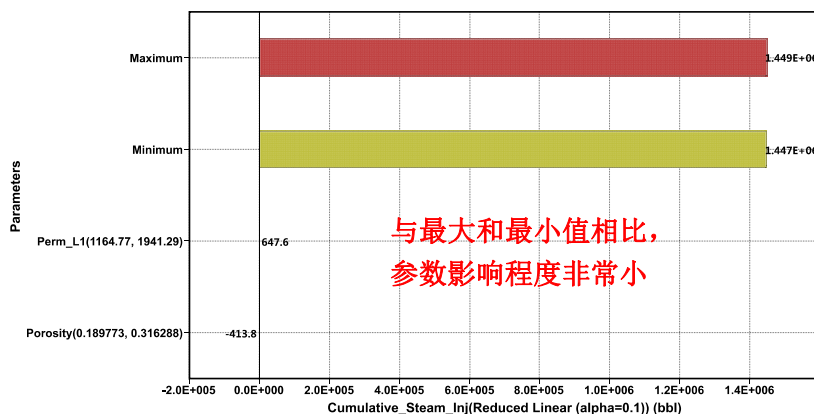
从这幅图中可以看出，图中很多点位于置信区间以外，说明代理模型精度较低。

41. 切换到 **Statistics** 标签。

在 summary of fit 表格，我们发现 R^2 值都比较低，说明拟合精度不高。

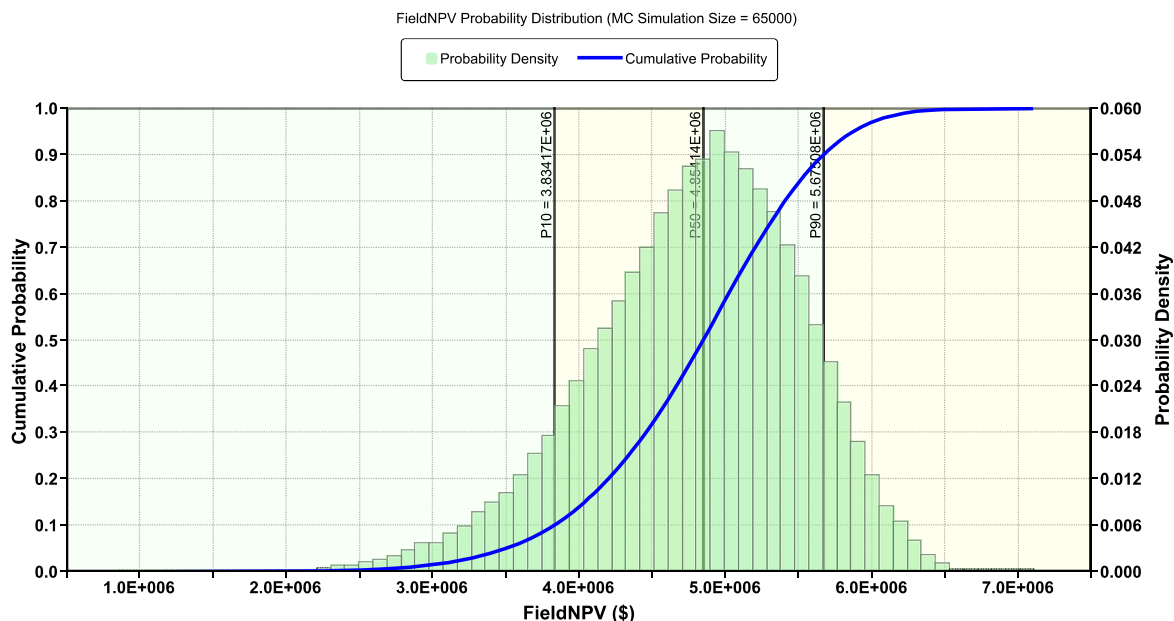
在 Effect Screening Using Normalized Parameters 中很多参数变量 Prob > |t| 值较大，说明参数系数的误差幅度比较大。

42. 切换到 **Effect Estimate** 标签。

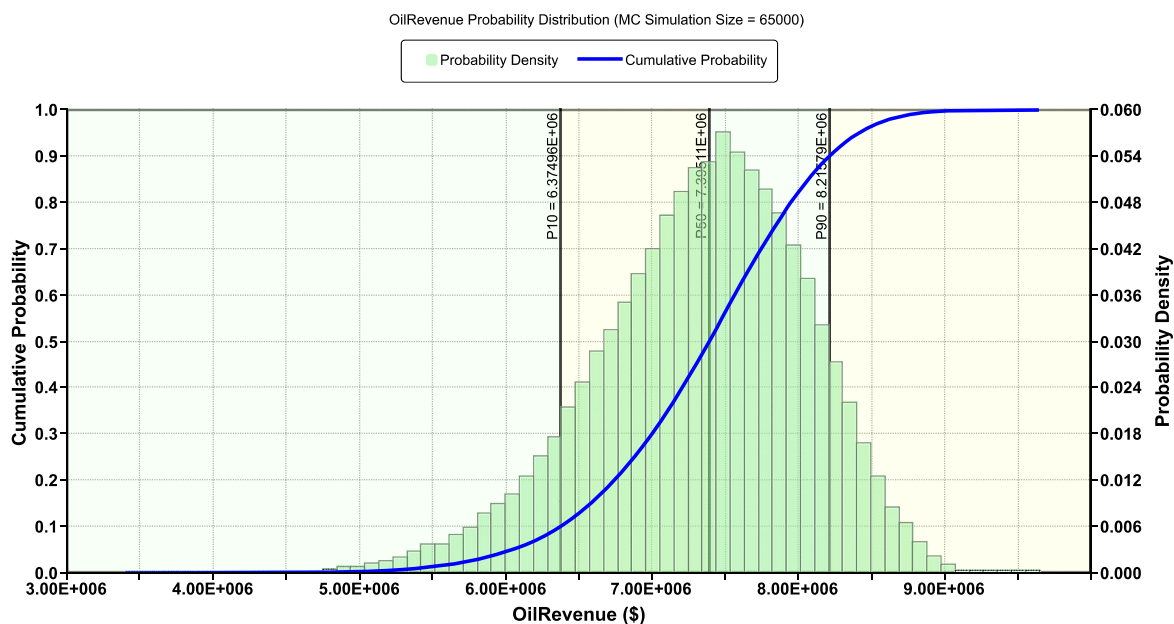


43. 切换到 **Monte Carlo Simulation** 标签

FieldNPV



OilRevenue



修改目标函数

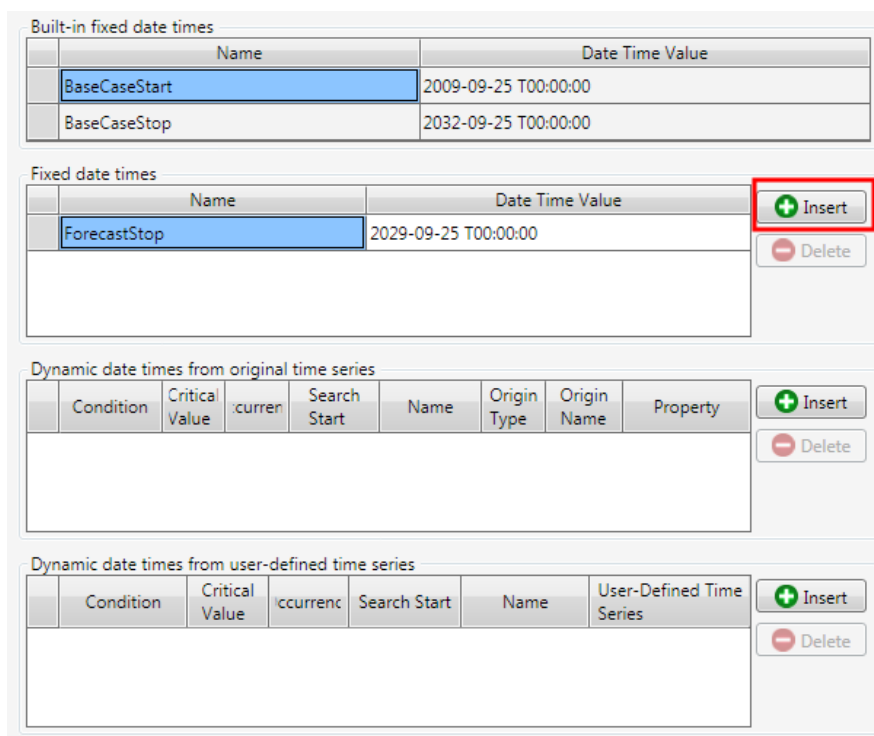
对于前面的分析, 我们注意到模拟时间是从 2009 年到 2032 年, 共预测了 23 年。我们也想查看一个 20 年的预测情况。我们需要进一步更新 NPV 的计算公式, 想要增加原油价格至\$80/bbl, 同时增加注汽成本至\$4.5/bbl。在不增加运算模型的情况下, CMOST 应该拥有能力完成相应的分析。

我们首先定义新预测时间点（2029-09-25），预测 20 年。

44. 切换到 **Input -> Objective Functions -> Characteristic Date Times**

在 **Fixed Date Times** 部分，点击 **Insert** 按钮。

命名为 **ForecastStop** 然后定义时间 **2029-09-25T00:00:00**



The screenshot shows the 'Built-in fixed date times' and 'Fixed date times' sections. The 'Fixed date times' table has the following data:

Name	Date Time Value
BaseCaseStart	2009-09-25 T00:00:00
BaseCaseStop	2032-09-25 T00:00:00
ForecastStop	2029-09-25 T00:00:00

The 'Insert' button is highlighted with a red box.

45. 切换到 **Input -> Objective Functions -> Basic Simulation Results**

对所有目标函数修改 **Characteristic Time** 为 **ForecastStop**

46. 切换到 **Input -> Objective Functions -> Net Present Values**

在 **Continuous Cash Flow Terms** 部分，修改 **End Time** 为 **Forecast Stop**。


同时，设置 **Unit Values**:

Local NPV Objective Function	Unit Value
OilRevenue	80
SteamCost	-4.5

我们准备重新处理结果，包含之前已做的修改。

47. 切换到 **Control Centre -> Experiments Table**。

所有方案的结果状态显示‘Waiting to be Reprocessed’。

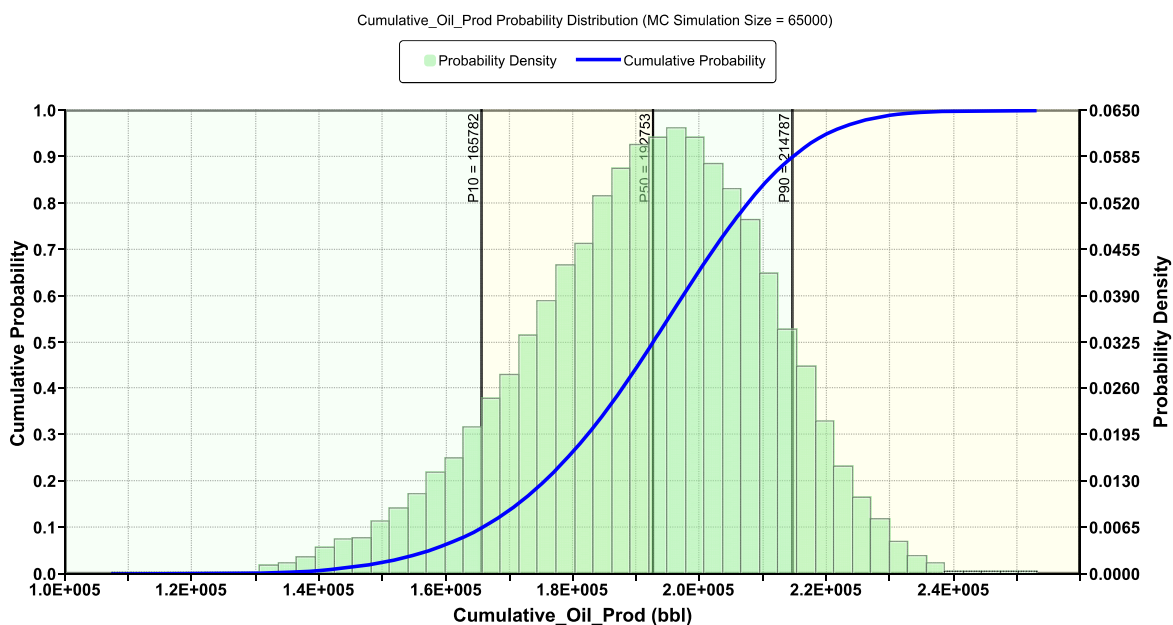
右边，点击 **reprocess button**  然后选择 **Reprocess All Experiments**
可能需要一两分钟处理结果。

Drag and drop a column header here to group by that column

	ID	Generator	Status	Result Status	Proxy Role	Keep SR2	Has SR2
1	0	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Ignore	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
2	1	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
3	2	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
4	3	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
5	4	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
6	5	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
7	6	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
8	7	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
9	8	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
10	9	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
11	10	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
12	11	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
13	12	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
14	13	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
15	14	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>
16	15	Reuse	Reused	WaitingToBeReprocessed	Training	No	<input type="checkbox"/>

Filter info: Empty filter. Engine info: Monte Carlo Simulation Using Proxy

48. 切换到 **Results & Analyses -> Objective Functions -> Proxy Analysis -> Cumulative Oil Produced** 会注意到累产油蒙特卡洛模拟结果比之前稍低，因为生产时间少了 3 年。



49. 切换到 **Results & Analyses -> Objective Functions -> Proxy Analysis -> FieldNPV**。

NPV 的计算不同于上次方案。高油价改善了 NPV；高注汽成本降低了 NPV。预测周期也对 NPV 有一定的影响。然而，生产和注入相互抵消，因而这影响也可能很小。

