

第 47 期：TRIGGER（触发）功能的使用方法

编写人：孙明月

在做数值模拟时，我们常用到*MONITOR 关键字，它表示监测井的约束条件，及违反约束条件后采取的措施。例如：

*PRODUCER 1

*OPERATE *MAX *STO 1200.0 *CONT

*MONITOR *GOR 15000.0 *SHUTIN

（监测气油比 GOR，超过 15000 后关井）

但*MONITOR 关键字只能对监测对象本身采取措施，即当某井的含水率、气油比等违反条件后，只能对该井采取相应的措施。本讲义将介绍功能更强大的*TRIGGER 触发功能及其使用方法。

“TRIGGER”在英文中的意思是手枪的扳机，引发其它事件的一件事，触发器等；它也可以作为动词，表示引发、触发、扣扳机等。在 CMG 软件中，我们将其译为“触发”。

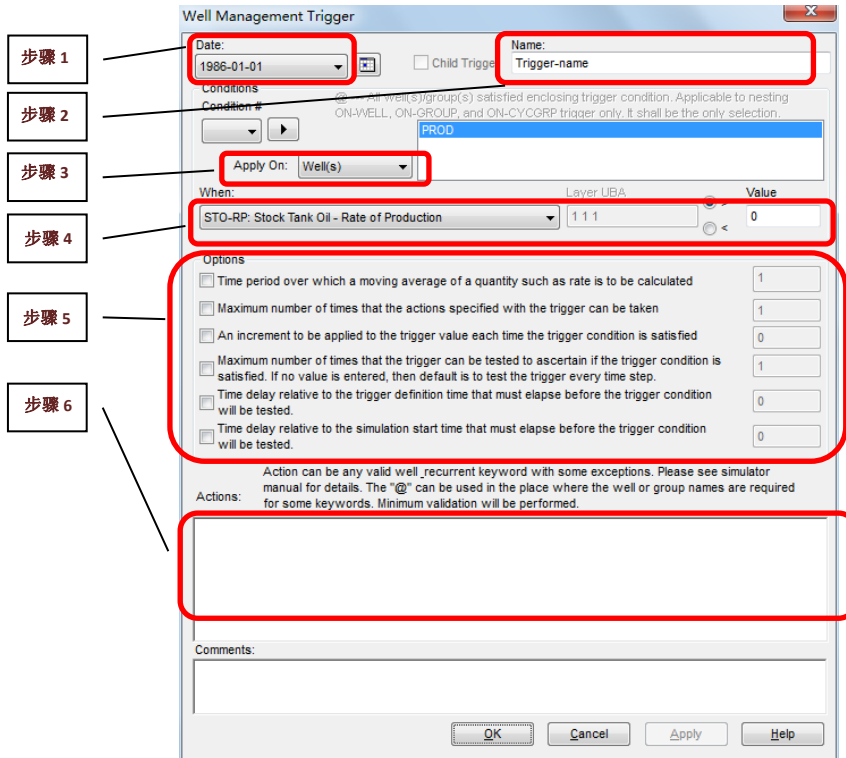
使用 TRIGGER 触发功能，用户可以在模拟过程中，**定义某一对象（井、井组、层、分区、油藏）满足（大于或小于）某一条件（产量、压力、温度、饱和度等）时，对其本身或其它对象（井、井组、层、分区、油藏）采取的措施（关井、注入、开采等）**。利用 TRIGGER 功能可以灵活地控制气水交替过程、井组注采平衡、水淹关层、亏空补充等。

一、在 Builder 中使用 TRIGGER 的方法

打开 Builder，在 Wells & Recurrent 下拉菜单中，右击 Trigger，单击 New，弹出下面对话框，设置 Trigger 分为以下 6 个步骤：

- 步骤 1：定义设定 Trigger 的时间，可以定义在模拟中的任意时间点，一般设置在模拟起始时间点；
- 步骤 2：定义 Trigger 名称；
- 步骤 3：选择应用对象类型，主要包括以下 8 种类型：Well（井）、Well group（井组）、Layer（层）、Sector（分区）、Field（油田）、Elapsed（运行时间）、Cycling group（循环井组）。例如，如果以平均油藏压力作为条件，条件类型应该选择 Sector；
- 步骤 4：定义条件判断语句。例如，如果以平均油藏压力作为条件判断语句，应该选 PVAE（pore-volume weighted pressure），后面选择大于或

小于，并填写压力数值。

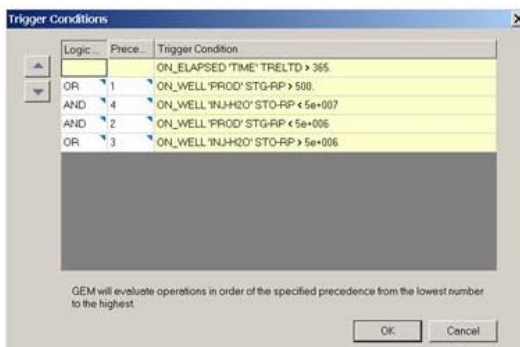


- 步骤 5：条件控制选项，共有 6 个选项，分别是：
 - (1) 计算产量等移动平均值的期间，如日产、月产、年产等；
 - (2) 执行 Trigger 的最大次数；
 - (3) 每次 Trigger 条件满足值的增量，例如：Trigger 条件如果是时间 > 500d，且增量值选择为 50，意思是时间在满足 500d 后，再增加 50 天，才能执行 Trigger 语句；
 - (4) 如果确定 Trigger 条件满足，Trigger 监测的最大次数。如果没有数值输入，每个时间步都要监测；
 - (5) 在 Trigger 条件监测之前，相对定义 Trigger 时间点的延迟时间；
 - (6) 在 Trigger 条件监测之前，相对于模拟起始时间点的延迟时间。
- 步骤 6：定义执行语句，即满足条件后采取的措施，例如：shutin 'well1'; open 'well2'等。

二、TRIGGER 的高级逻辑语句用法（GEM Only）

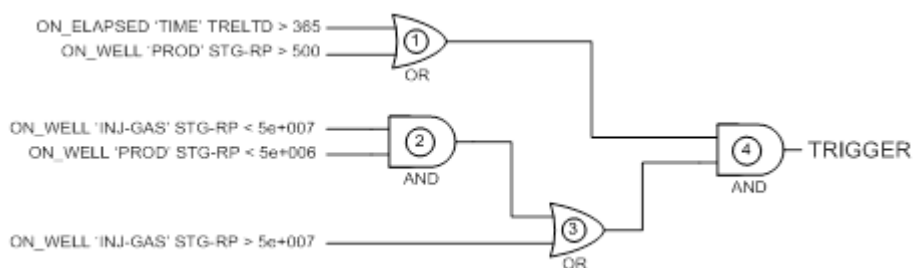
除了简单的判断大于或小于某条件外，还可以用 AND 和 OR 逻辑运算符来编辑高级逻辑语句实现更灵活的 Trigger 功能，但目前该功能仅用于 GEM 模拟器。

例如，逻辑图可由下图所示：



具体逻辑关系解释如下：

- 在图中，指定了 AND 和 OR 代表的逻辑运算；
- Trigger 条件在左边，Trigger 输出在右边；
- 圈内的数字表示条件检测的顺序。



1、设置方法

查看或编辑一个现有的 Trigger 条件

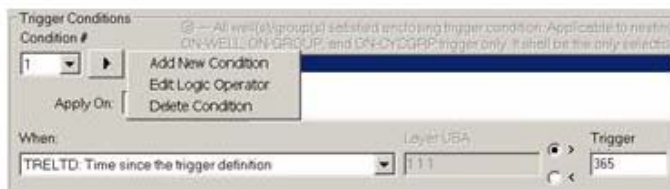
选择一个 Trigger 条件数在 **Condition #** 下拉菜单中，

所有的可选择的 Trigger 条件将可以查看或编辑，在 **Trigger Conditions** 区域。



添加一个新的条件，

- (1) 点击 ，然后选择新的条件在快捷菜单：




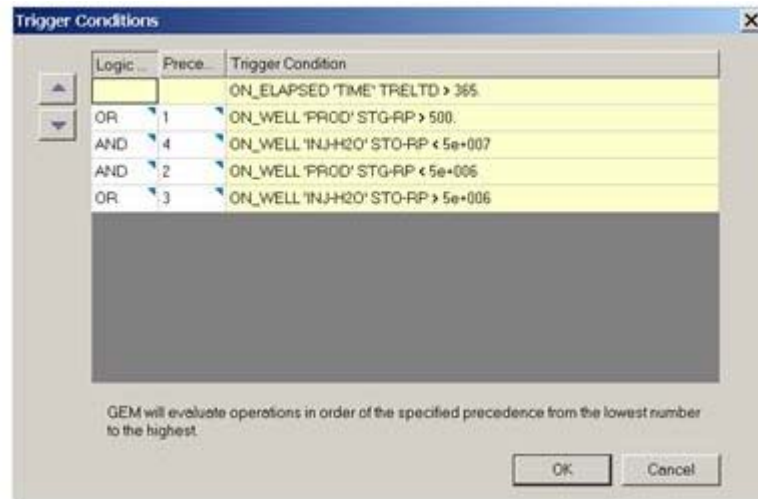
- (2) 为新的 Trigger 条件输入新的参数；

(3) 这个 Trigger 条件将会保存，当你选择不同 Trigger 条件时，（通过 Condition # 的下拉菜单）选择编辑逻辑运算，点击应用键，或者点击 ok。

2、编辑逻辑运算

在添加和编辑条件之后, 必要时, 你可以编辑逻辑运算和添加优先级选择。如下:

(1) 点击 , 然后选择点击逻辑运算的快捷菜单, Trigger Conditions 的对话框将会弹出:



(2) 第一列 Trigger Conditions 表是逻辑运算, 这有两个选择, AND 或 OR; 第二列是优先级。如果有只有两个 Trigger condition, 是不需要优先级的。如果有 N 个条件, 这个数字选择是从 1 到 N-1 的。优先级的数值每个只能用一次。一定不能重复。

3、转变逻辑运算:

(1) 点击表格 (在第一列需要调整的行), 然后选择 AND 或者 OR.



4、转变优先级:


(1) 点击表格在优先级这一列, 优先级的下拉菜单将会展示如下:





(2) 选择适合的优先级对应其 Trigger 条件。

5、Trigger condition 位置的移动

(1) 选择 Trigger condition 通过点击 Trigger Condition 的列, 向上  和向


下  键, 如果你选择第一个 Trigger condition, 你将能向上移动。同样, 选择最后一个 Trigger condition 将不能向下移动。

- (2) 点击 , 所选择的行可以上移
- (3) 点击 , 所选择的行将会下移。
- (4) 点击 OK, 返回 Well Management Trigger 的对话框

6、删除 Trigger condition

- (1) 选择条件, 你将会删除被选择的 Condition #:



- (2) 点击 , 然后选择删除条件
- (3) 点击 Yes 确认

三、Trigger 语句格式及通配符的使用方法

1、Trigger 语句格式及定义

Trigger: 当具体的条件或 Trigger 在模拟中得到满足时, Trigger 允许用户实施具体的指定命令。

格式:

***TRIGGER 'trig_name' trig_def**

(*APPLY_TIMES napt) (*INCREMENT rinc) (*TEST_TIMES ntestt)

(*TEST_AFTER_TIMER rtimedr) (*TEST_AFTER_TIMEA rtimeda)

{ action_list }

***END_TRIGGER**

而 **trig_def** 是以下格式的其中之一

(*ON_WELL 'well_names' well_condition operator condition_value)

-or-

(*ON_GROUP 'group_names' group_condition operator condition_value)

-or-

```
(*ON_LAYER 'well_name' layer_UBA layer_condition operator condition_value)
```

-or-

```
(*ON_SECTOR 'sector_name' sector_condition operator condition_value)
```

-or-

```
(*ON_FIELD 'FIELD' field condition operator condition_value)
```

-or-

```
(*ON_ELAPSED 'TIME' time condition operator condition_value)
```

而 **action_list** 表示的是一条或者多条关于井和井组周期性的关键词, 作为执行语句。

trig_name: 输入一个小于 40 字母的字符串 (在单引号) 作为 Trigger 的唯一标示。这个名字一定要紧跟着 *Trigger 这个关键词。这个是必要的。

***ON_WELL:** 这个次级关键词指示的是测试条件应用于这个井或者井的清单 (list 如果通配符被用于井或者是指定的井的清单), 一个 *ON_WELL or *ON_GROUP or *ON_SECTOR or *ON_LAYER or *ON_FIELD or *ON_ELAPSED 需要跟上 Trigger 的名字。

well_names: 任意数量的井名 (在引号中) 指定这些井应用于 Trigger。这些井必须事先定义, 这些井名必须指定在同一行上。同级别的关键词还有: **group_names、sector_name、FIELD、TIME。**

2、通配符的使用方法:

通配符可以用于井名的字符串上, 例如:

'*' 替代任意数量的字母井名的末尾或者代替所有的井 (例如 *TRIGGER 'trig1'

ON_WELL '' or *TRIGGER 'trig1' *ON_WELL 'wel*')

'?' 可以替换任意一个单独的字母在井名的任意位置 (e.g. *TRIGGER 'trig1'

*ON_WELL '?ell1')

这两个通配符可以联合用于任意名单, 当通配符应用于名单中可以输出供用户检查。

'@' 这个符号用于满足 Trigger 条件的后, 井和井组清单的补位数字, 定义为井和井组清单的子集。例如:

```
*TIME 50.0
```

```
*TRIGGER 'trig1' *ON_WELL 'pr*' *GOR > 5000
```

```
*SHUTIN '@'
```

```
*END TRIGGER
```

假设生产井名为 pr1, pr2, pr3, pr4, 与通配符'pr*'相匹配, 而且这些井定义的时间要先于'trig1'定义的时间, 这个时间点是 50 天, 当在第 50 天后会检测每口井的气油比是否大于 5000, 假如在 70 天时, pr1 和 pr3 气油比大于 5000, 满足 Trigger 定义的条件, 而后关井。SHUTIN '@'等效于 shutin 'pr1' 'pr2'。注意: 当 '@' 补位数字, 所有的关键词要用于补位数字之前, 而且要和补位数字在同一行。

例如:

```
*TARGET *STO '@'
```

```
1.5
```

是有效的, 但是

```
*TARGET *STO
```

```
'@'
```

```
1.5
```

```
or
```

```
*TARGET
```

```
*STO '@'
```

```
1.5
```

是无效的, 因为后面的例子中 TARGET、STO 和 '@' 没有在同一行。由于 '@' 符号的特定含义, 请不要将这一符号用于井名、井组名、区域和 Trigger 名。

Well_condition: 输入一个单独的关键词, 如下面所列的可以识别的: 井的流动速度或者累计产量或者井底流压或者油管头压力或回流。同级别的关键词还有: **group_condition**、**layer_condition**、**sector_condition**、**field condition**、**time condition**。

四、Trigger 应用实例分析

实例 1:

实现初期注采比为 0.8, 注采不平衡生产, 地层压力下降到原始地层压力的 70%后, 注采平衡 (即注采比为 1) 生产。

*****井与生产动态数据部分*****

```

*RUN
*DATE 2012 10 01
*DTWELL 30
GROUP 'Group-2' ATTACHTO 'Group-1'      **井组设置
  WELL 'P1' ATTACHTO 'Group-2'
  WELL 'I1' ATTACHTO 'Group-2'
*INJECTOR UNWEIGHT 'I1'                 **注入井设置
  *INCOMP WATER 1. 0. 0. 0.0 0
  *TINJW 70.
  *OPERATE MAX STW 15.
  *OPERATE MAX BHP 100000.
  GEOMETRY K 0.1 0.37 1.0 0.0
  PERF GEOA 'I1'
  **$ UBA      ff      Status      Connection
      10 10 1  1.0  OPEN      FLOW-FROM 'SURFACE' REFLAYER
      10 10 3  1.0  OPEN      FLOW-FROM 1
      10 10 5  1.0  OPEN      FLOW-FROM 2
*PRODUCER 'P1'                           **生产井设置
  *OPERATE *MAX *STL 5
  *OPERATE *MIN *BHP 101.3
  *MONITOR*BACKFLOW *AUTOLAYER 1
  GEOMETRY K 0.1 0.37 1.0 0.0
  PERF GEOA 'P1'
  **$ UBA      ff      Status      Connection
      1 1 3  1.0  OPEN      FLOW-TO 'SURFACE'

GCONI 'Group-2'
  VREP WATER 0.8                          **设置注采比 0.8
  
```

```
TRIGGER 'Trigger-name'                **定义 Trigger 名
ON_SECTOR 'Entire Field' PAVE < 7364.7
                                         **条件判断语句，油藏压力小于 7364.7kPa
APPLY_TIMES 1                          **执行次数      1 次
*GCONI 'Group-2'                        **执行语句 注采比设置为 1
*VREP *WATER 1
END_TRIGGER                             **Trigger 结束语句
*DATE 2013   10  01
*DATE 2014   12  01
*DATE 2022   11  01
*DATE 2022   12  01
*STOP
```

实例 2:

气水交替循环设置, 水段塞为 $4.38E+06m^3$, 气段塞为 $4.38E+09m^3$, 交替循环 20 次。

参考算例 gmstrg003.dat

*****井与生产动态数据部分*****

```

*RUN
*DATE 1986 1 1
  *DTMAX 10.0
  *DTMIN 0.1
  *DTWELL 1.0
  *AIMWELL *WELLN                **井网格和相邻网格进行隐式计算
  *WELL 1 'PROD'
  *PRODUCER 1                    ** First year primary prod.
    *OPERATE *MAX *STO 12000.0
    *OPERATE *MIN *BHP 1000.0
  *GEOMETRY *K 0.25 0.34 1.0 0.0
    *PERF *GEO 1
      7 7 1 1.0
*DATE 1987 1 1
  *AIMSET *CON 0
  *AIMWELL *WELLN                ** Second year primary prod.
*DATE 1988 1 1
  *DTWELL 2.0
  *AIMSET *CON 0
  *AIMWELL *WELLN
  *WELL 2 'INJ-H2O'
  *INJECTOR 2                    **注水井
  *INCOMP *WATER
  *OPERATE *MAX *STW 12000.0
  *OPERATE *MAX *BHP 4200.0
    *PERF *GEO 2 1 1 3 1.0
  *WELL 3 'INJ-GAS'
  *INJECTOR 3                    ** 注气井
    *INCOMP *SOLVENT 0.77 0.20 0.03 0.0 0.0 0.0

```

```
*OPERATE *MAX *STG 1.20E+7 *CONT *REPEAT
*OPERATE *MAX *BHP 4200.0
*PERF *GEO 3 1 1 3 1.0
*SHUTIN 3 ** 开始注水
```

***TRIGGER**

```
'TRIG_1' *ON_WELL 'INJ-H2O' *STW-CI > 4.38E+06 *APPLY_TIMES 20
*INCREMENT 4.38E+06 **当累产水量大于 4.38E+06m3 时，关水井，开注气井，执行 20 次，每次的增量为 4.38E+06m3
```

```
*SHUTIN 2 **关水井
```

```
*OPEN 3 **开气井
```

***END_TRIGGER**

```
*TRIGGER 'TRIG_2' *ON_WELL 'INJ-GAS' *STG-CI > 4.38E+09
*APPLY_TIMES 20 *INCREMENT 4.38E+09 **当累产气量大于 4.38E+09m3 时，关水井，开注气井，执行 20 次，每次的增量为 4.38E+09m3
```

```
*SHUTIN 3 **关气井
```

```
*OPEN 2 **开水井
```

***END_TRIGGER**

实例 3:

生产井设定为三个生产层位, 当某个生产层位产出液的含水率达到 0.9 时关层。

```

*Trigger 'trig1' on_layer 'Producer 1' 5 1 14 wcut > 0.9 **产出液含水率大于 0.9
  *PERF *GEO 1
    5 1 12 1.000
    5 1 13 1.000
    5 1 14 1.000 *closed **关掉第 14 层
*Trigger 'trig1' on_layer 'Producer 1' 5 1 13 wcut > 0.9 **产出液含水率大于 0.9
  *PERF *GEO 1
    5 1 12 1.000
    5 1 13 1.000 *closed **关掉第 13 层
    5 1 14 1.000 *closed
*Trigger 'trig1' on_layer 'Producer 1' 5 1 12 wcut > 0.9 **产出液
含水率大于 0.9
      *shutin 'Producer 1' **关井
    *end_Trigger
  *end_Trigger
*End_Trigger

```

实例 4:

这个操作的目的是维持压力, 亏空填充达到 100%, 产出的气体回注到地层, 初期回注气占亏空的 50%, 后期达到 65%。

```
Trigger 'p_maint_up1' on_group 'GRP-1' VOIDRPG < 0.99 apply_times 10000
```

****注入气体的亏空替代率小于 0.99**

```
GCONI 'GRP-1' vrep water 0.01 **注入水与产出的比例为 0.01
```

```
End_Trigger
```

```
Trigger 'p_maint_up25' on_group 'GRP-1' VOIDRPG < 0.65 apply_times 10000
```

****注入气体的亏空替代率小于 0.65**

```
GCONI 'GRP-1' vrep water 0.35 **注入水与产出的比例为 0.35
```

```
End_Trigger
```

```
Trigger 'p_maint_up26' on_group 'GRP-1' VOIDRPG < 0.64 apply_times 10000
```

****注入气体的亏空替代率小于 0.65**

```
GCONI 'GRP-1' vrep water 0.36 **注入水与产出的比例为 0.36
```

```
End_Trigger
```

```
Trigger 'p_maint_up99' on_group 'GRP-1' VOIDRPG < 0.01 apply_times 10000
```

****注入气体的亏空替代率小于 0.65**

```
GCONI 'GRP-1' vrep water 0.99 **注入水与产出的比例为 0.99
```

```
End_Trigger
```