

## 第 68 期：

### 公式管理器（Formula Manager）在前后处理中的应用方法

编写人：王建国

CMG 前后处理模拟模块（Builder, Results Graph 和 Results 3D）中均有公式管理器（Formula Manager）功能。公式管理器是根据数学及逻辑运算，用已知参数来求取未知参数的高级应用，从而进一步扩展和增强软件前后处理功能。例如，公式管理器可用于可动油饱和度计算、渗透率相关的相渗曲线分区、查看网格的剩余储量等研究。本文将对公式管理器的应用进行全面介绍，并且通过实例来说明其用法。

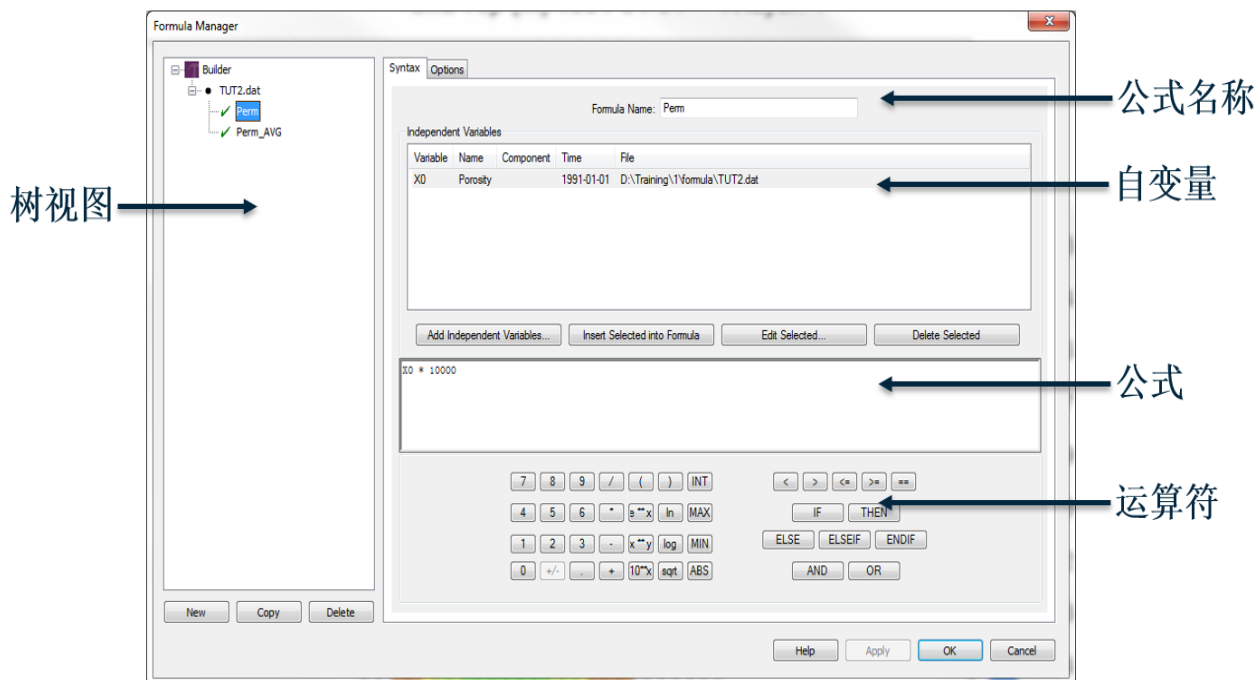
## 目 录

1	公式管理器介绍.....	3
2	公式操作流程.....	5
2.1	创建公式（以 Builder 为例）.....	5
2.2	将公式应用到参数上（仅 Builder 中需要）.....	8
2.3	查看新属性（仅适用于 Builder）.....	13
2.4	保存公式和基于公式的属性（仅适用于 Builder）.....	13
2.5	公式的其他常用操作.....	13
3	应用案例.....	15
3.1	Builder 中公式应用案例.....	15
3.1.1	利用临时属性进行数据换算.....	15
3.1.2	储层物性参数修正.....	16
3.1.3	根据渗透率大小自动设置相渗曲线分区.....	18
3.1.4	用邻域（NBR）函数统计井周围某个参数的平均值.....	19
3.2	Results 3D 中公式应用案例.....	20

3.2.1	查看每个网格的剩余储量.....	20
3.2.2	计算所有网格的平面面积.....	22
3.2.3	用 NBR 函数做出合层的参数场.....	23
3.3	Results Graph 中公式应用案例.....	25
3.3.1	查看聚合物驱的存聚率.....	25
4	语法规则.....	28
4.1	术语.....	28
4.2	运算符.....	28
4.3	邻域（NBR）函数.....	28
4.4	其他函数.....	30
4.5	公式语法.....	30
4.6	IF 语句块.....	31
4.7	注意事项.....	31
4.8	公式举例.....	32
4.8.1	例 1，简单的算术运算.....	32
4.8.2	例 2，IF 块应用.....	32
4.8.3	例 3，比较大小.....	32

## 1 公式管理器介绍

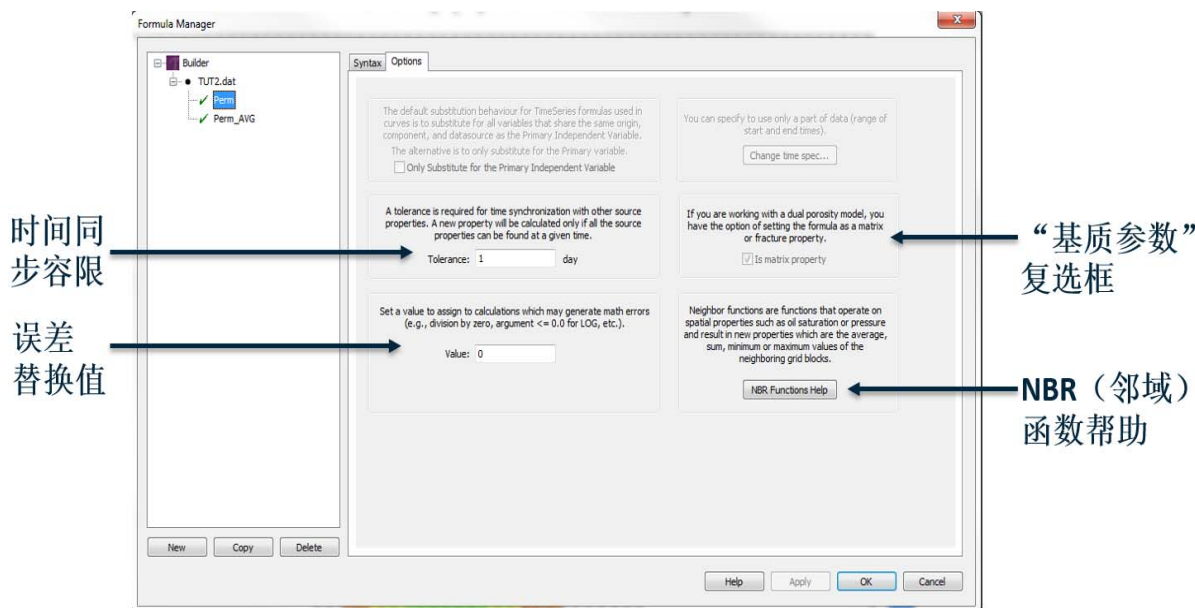
通过 Builder 或 Results 菜单栏的 Tools → Formula Manager 可以打开公式管理器对话框，见下图。



- ◇ **公式树视图：**展示当前打开的 Builder 数据体 (\*.dat 文件) 和已经创建的公式。✔ 核选标记表示该公式已经可以使用，而 ✘ 则表示该公式还不可用。
- ◇ **公式名称：**缺省名是 SchemeN（例如 Scheme1），其中 N 是序号。公式名称必须是独一无二的。为了便于使用，可以给公式修改名称，中英文均可。
- ◇ **自变量：**该表列出了公式中使用的自变量。用户可以添加、编辑和删除自变量。对于每一个自变量，该表中包含以下信息：
  - ◆ **Variable：**变量的符号，例如 X0。
  - ◆ **Name：**自变量的名称，该名称来自数据文件。
  - ◆ **Component：**如果数据文件中包含了该自变量的组成信息，这些信息会展示在该列中。
  - ◆ **Time：**该自变量被提取的时间。
  - ◆ **File：**公式中使用的自变量所在文件的路径和名称。

- ✧ **公式：**公式可以通过键盘直接输入，也可以使用下方软键盘输入，为了避免输入语法错误，建议用软键盘输入。
- ✧ **运算符：**可用于定义公式。关于运算符的详细信息，后面的语法规则部分将做详细介绍。

**Options** 选项卡展示了公式管理器的多个可选设置。



有下面这样几个可选设置可以使用：

- ✓ **时间同步容限：**输入对源参数进行时间同步时需要的时间容限。在给定的时间，只有当所有源数据都找到后才能算出新的参数。缺省值是 1 天。例如，如果用公式计算出来的参数 D 是自变量 A、B 和 C 的函数，那么  $t=t_n$  时，如果并且只有当距离  $t_n$  在 1 天内的 A、B 和 C 都有值后才能算出 D。
- ✓ **误差替换值：**当计算产生数学错误时，比如被 0 除或者对数参数小于等于 0 时，用这个值来代替。缺省值是 0。
- ✓ **“基质参数”复选框：**对于双重介质模型，在 Builder 中该复选框可以选上，意思是计算的是基质参数，而不是裂缝参数。
- ✓ **NBR（邻域）函数帮助：**点击该按钮可以看到该选项的详细信息。

在后处理 Results Graph 和 Results 3D 中，支持下面的文件格式：

- (1) CMG 模拟结果文件 (\*.irf)：用于 Results Graph 和 Results 3D
- (2) 历史文件 (\*.fhf)：用于 Results Graph
- (3) PA 加载文件 (\*.paf)：不常用
- (4) CHEARS 模拟结果文件 (\*.smspec)：不常用

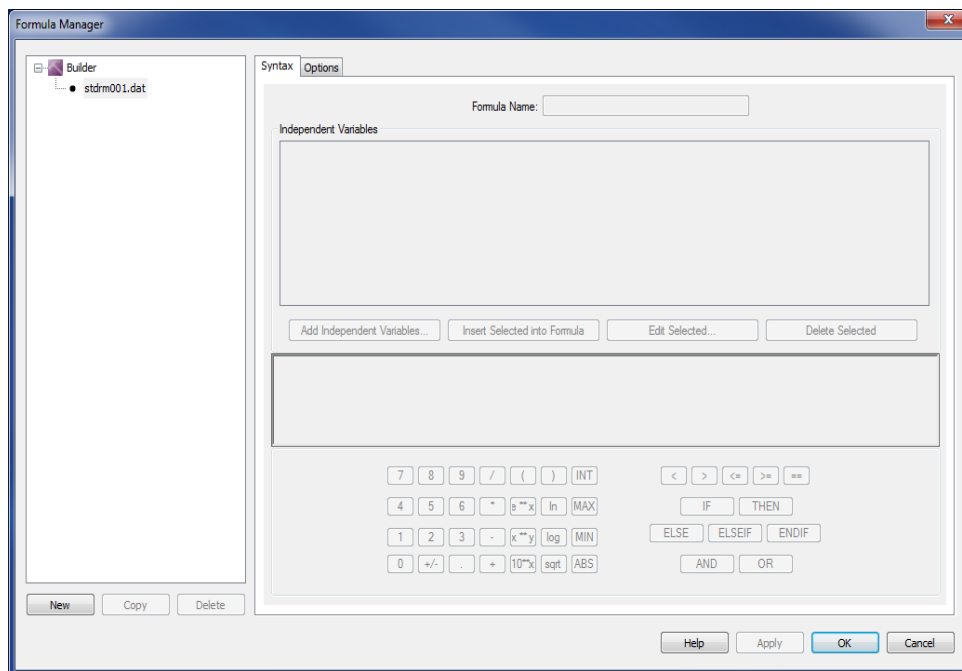
其中 PA 加载文件是指生产分析软件 Production Analyst (PA) 的文件，是 ASCII 文件格式，用于加载数据到 PA 软件中。Production Analyst 软件是由 OCGI 软件公司开发的，多个油气软件应用都能生成 PA 加载文件。中国区用户很少接触 PA 和 CHEARS 软件，因此可以忽略。

Results Graph 和 Results 3D 中的操作界面与 Builder 类似。为让大家更快掌握公式的使用方法，先以 Builder 公式为例演示操作流程和案例，看不懂的话再看第 4 章的语法规则部分。

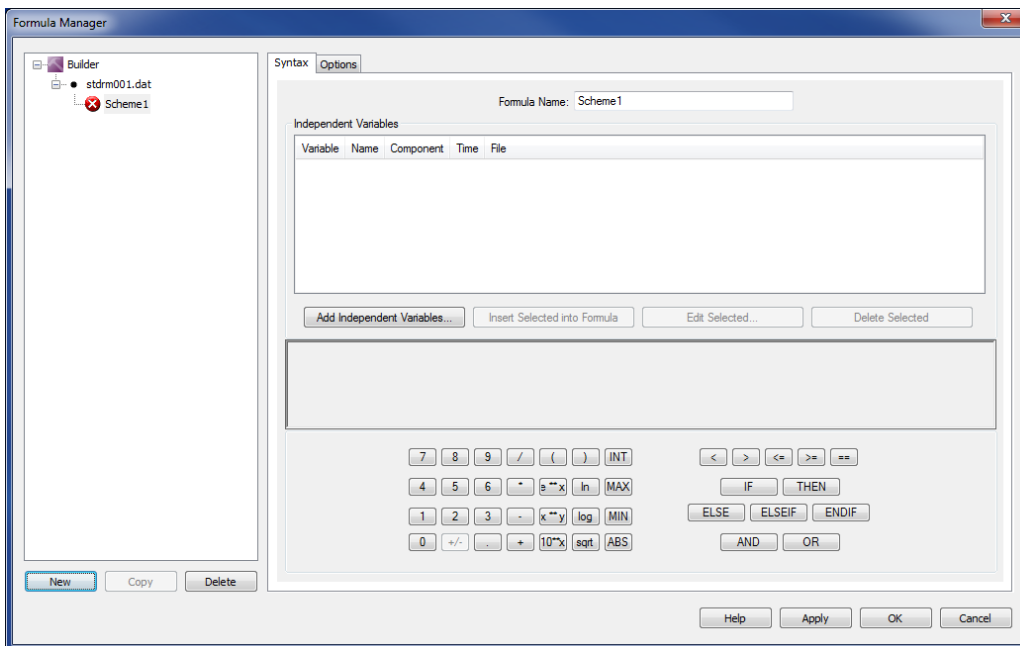
## 2 公式操作流程

### 2.1 创建公式（以 Builder 为例）

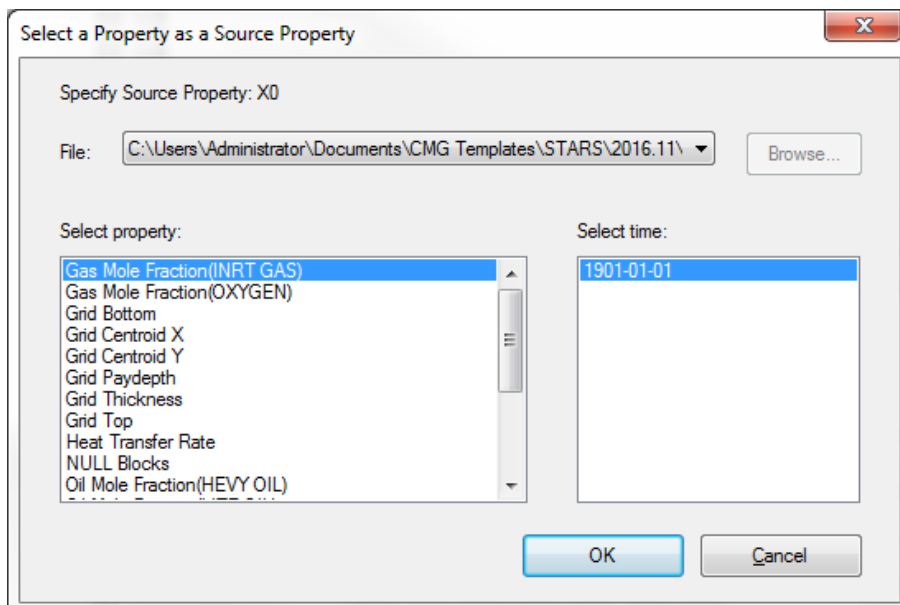
1. 从菜单栏选择 **Tools** → **Formula Manager**，打开公式管理器对话框：



2. 点击左下方的 **New** 按钮，激活公式管理器对话框的控制器，缺省的公式名称为“Scheme1”。



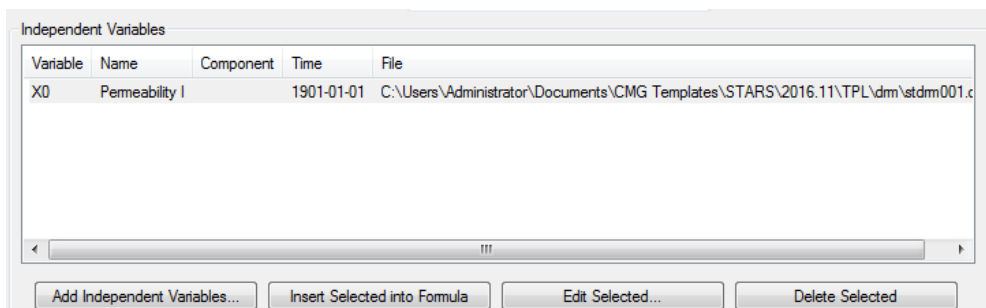
3. 根据需要，可在 **Formula Name** 框中修改公式的名称。
4. 点击 **Add Independent Variables** 按钮，调出 **Select a Property as a Source Property** 对话框，可以看到所有可用的参数列表。通过该对话框，可以添加公式中需要用到的参数来源。



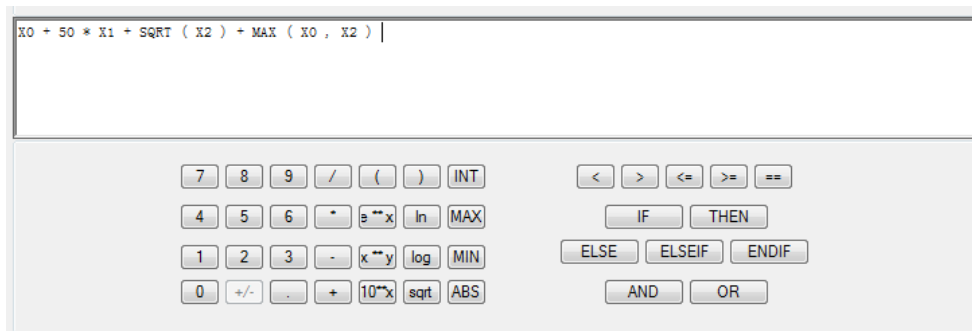
设置参数如下：

- ✓ **File:** Builder 中指模型的 dat 文件，Browse... 按钮变成不可更改状态。在 Results Graph 和 Results 3D 中选择用作自变量的属性所在的源文件，根据需要可以使用 Browse... 按钮浏览添加其他文件。
- ✓ **Select Property:** 选择用作自变量的参数。在 Builder 中用作自变量的参数只能来自当前的 dat 文件。在 Results Graph 和 Results 3D 中，在同一个 **Create Independent Variables** 界面中，可以设置多个自变量，这些自变量可以来自一个源文件，也可以来自多个源文件。
- ✓ **Select Time:** 对每个参数，有数据可用的时间都会展示出来。如果有多个时间可用，那就选一个需要的。  
**注意：**此处 **Builder** 和 **Results 3D** 非常相似，但是 **Results Graph** 除了有上面几项之外，还有下面几项：
  - ✓ **Origin Type:** 选择源参数类型，可以是 Well, Group, Layer (Completion), Special History, Lease (Migration), Sector (Region) 或 Field 的其中一个。**Select Property** 中显示的参数都是基于参数类型。
  - ✓ **Select Component:** 如果源文件中对某个参数定义了组分，这些组分就可以显示在 **Select Component** 区域中。选择需要的组分。
  - ✓ **Select Origin:** 选择的源参数名称可能出现在多个井或井组中，主要取决于参数类型。可以选择多个来源，这样每个来源相关的参数都会生成自变量。

5. 设置完需要的参数后，点击 **OK** 按钮。自变量将被指定一个符号( $X_0$ ,  $X_1$ , ...  $X_n$ ) 并被展示在公式管理器对话框的 **Independent Variables** 列表中，如下所示：



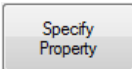
6. 重复第 4 和第 5 步，添加其他需要的自变量。
7. 把所有需要的自变量输入完以后，输入公式，如下所示：

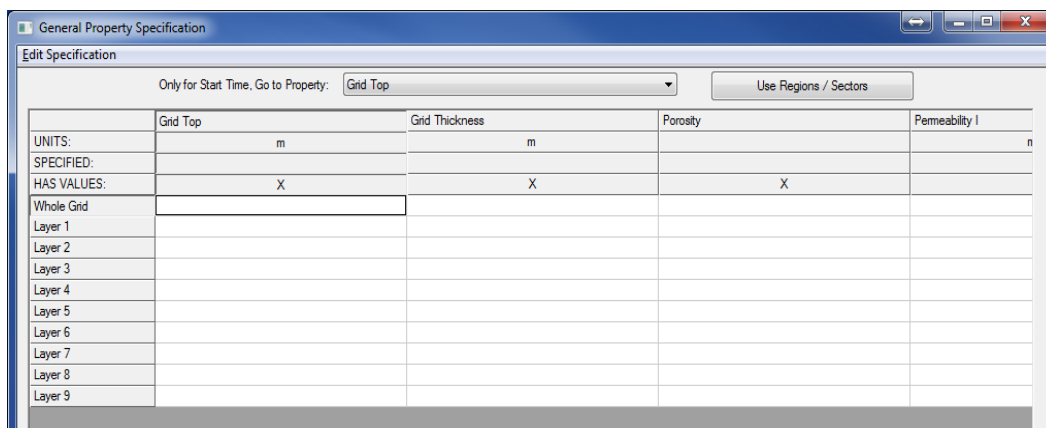


用户可以不限次数的将源参数加入公式中，有两种方式：一是通过输入参数符号（X0, X1 等），二是通过在参数列表中选择参数，并点击 **Insert Selected into Formula** 按钮。不可以从参数列表中删除源参数，除非从公式中删除相应的参数符号。但是用户可以编辑源参数，比如把 X0 代表的 Permeability I 改成 Permeability J，这种情况下不需要从公式中删除其符号。

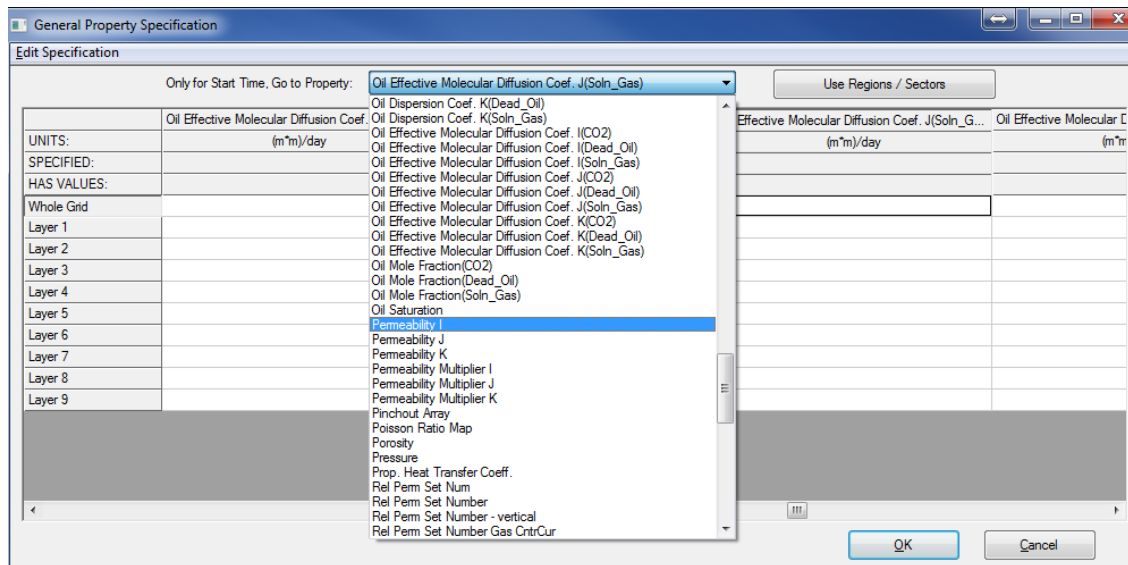
8. 点击 **OK** 或者 **Apply**，将公式保存到 dat 文件中。如果在公式中没有使用所有的自变量，马上会弹出一个提示。如果继续，未使用的自变量就会从列表中删除。如果创建公式的条件不满足，还会弹出更多提示信息。

## 2.2 将公式应用到参数上（仅 Builder 中需要）

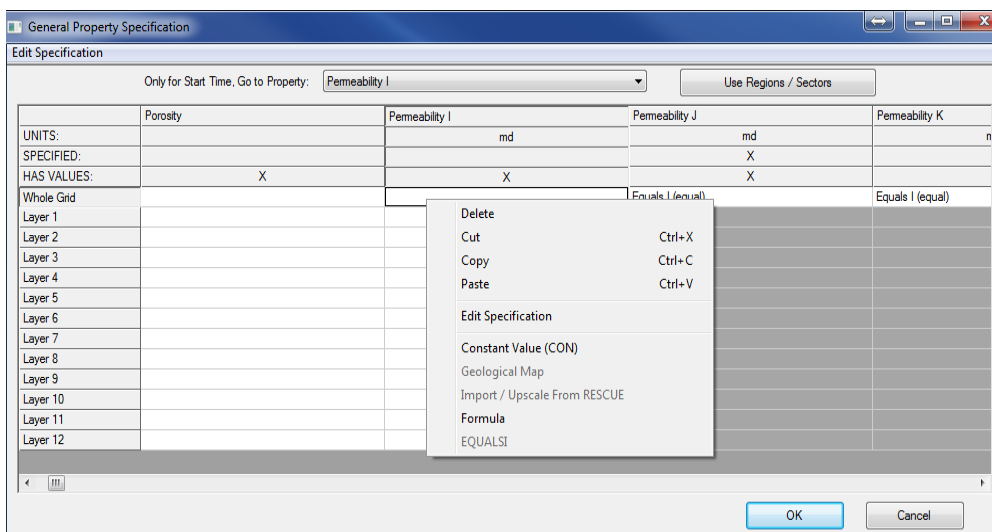
1. 点击 **Specify Property** 按钮 ，弹出通用属性设置对话框，通过该对话框可以将公式、等值图以及均值应用到属性的单层或区域上。



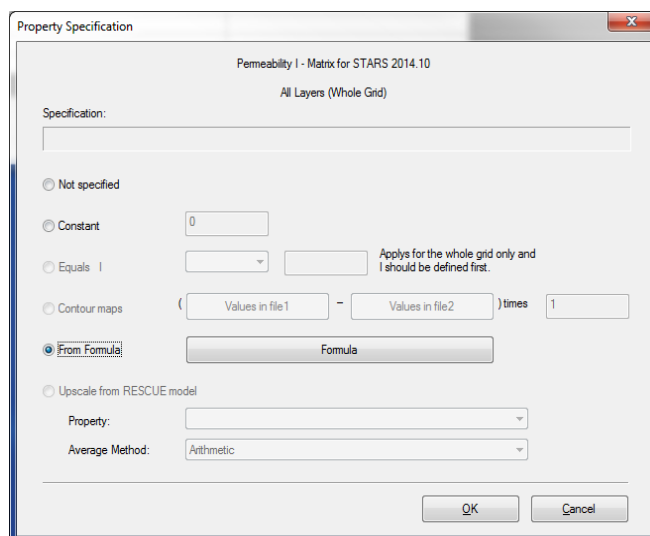
2. 通过 **Only for Start Time, Go to** 列表，选择要设置公式的属性。在下面的例子中，选择了 **Permeability I**：



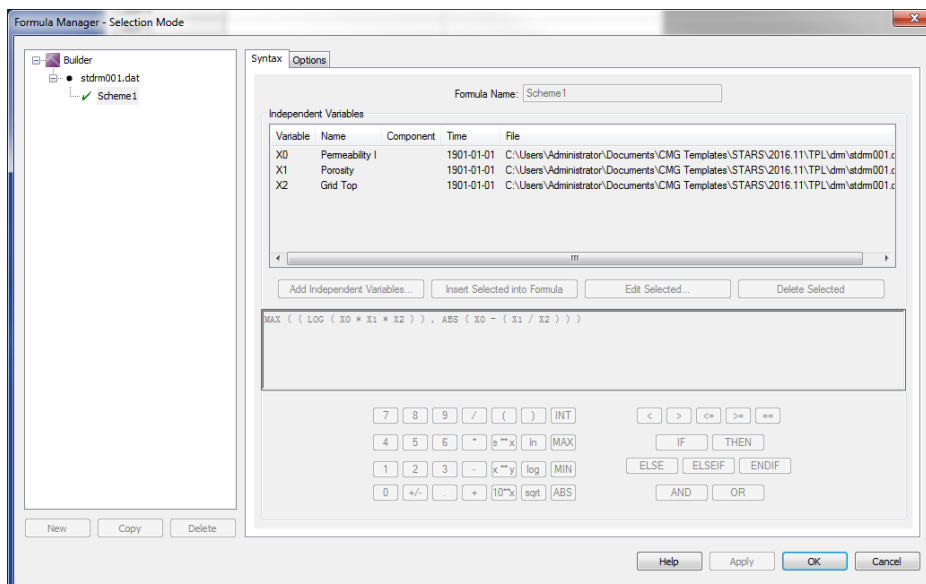
3. 右键点击该表的相应网格。在下面的例子中，右键点击 **Permeability I** → **Whole Grid**：



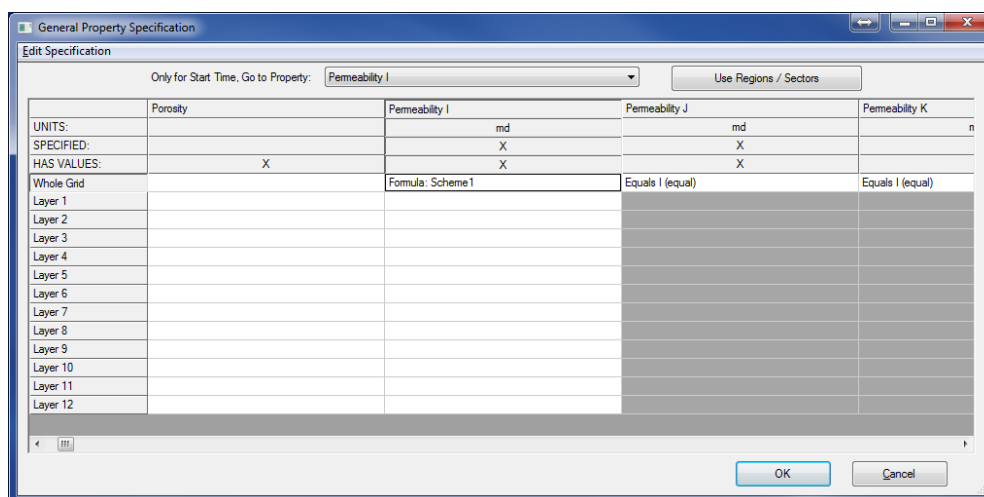
4. 在列表中选择 **Formula**，弹出 **Property Specification** 对话框，页面顶部显示该属性的描述，如下图所示：



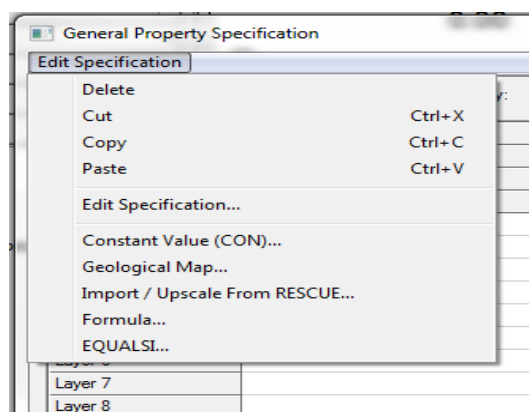
5. 点击 **Formula** 按钮，弹出 **Formula Manager – Selection Mode** 对话框：



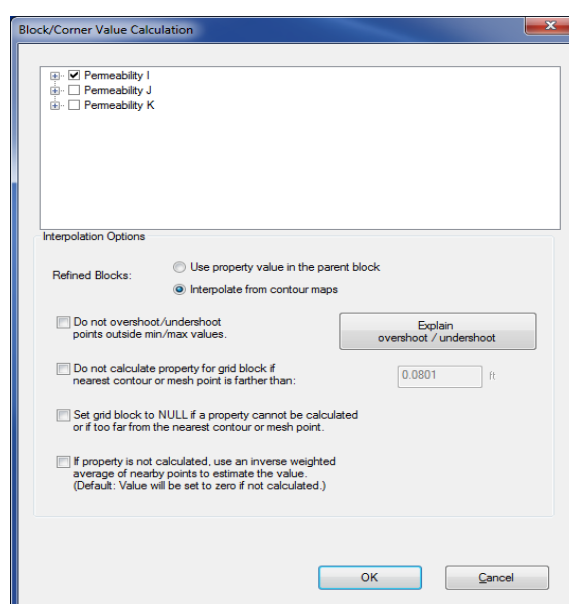
6. 选择树视图中的公式，然后点击 **OK**。在 **Property Specification** 对话框中，**Formula** 按钮的名称会更新成公式的名称。点击 **OK**。此时可能会弹出一些提示，主要是因为公式使用的自变量中有 Permeability I，会造成循环计算，但是这并不是不允许的，可以继续。这样公式就插入到了该网格中：



**注意：**任何时候都可以在 **General Property Specification** 对话框中选择属性，然后点击左上角的 **Edit Specification** 打开编辑属性的操作列表：

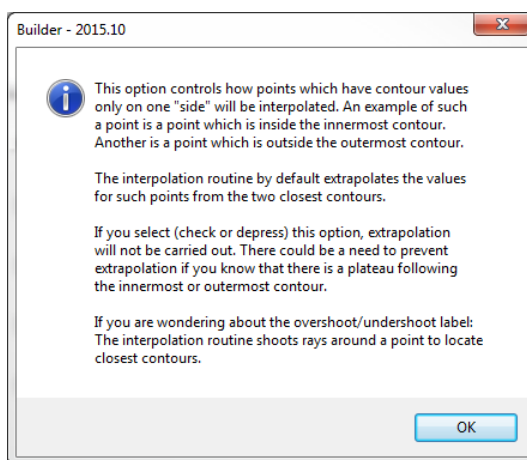


7. 点击 OK，弹出 **Block/Corner Value Calculation** 对话框：

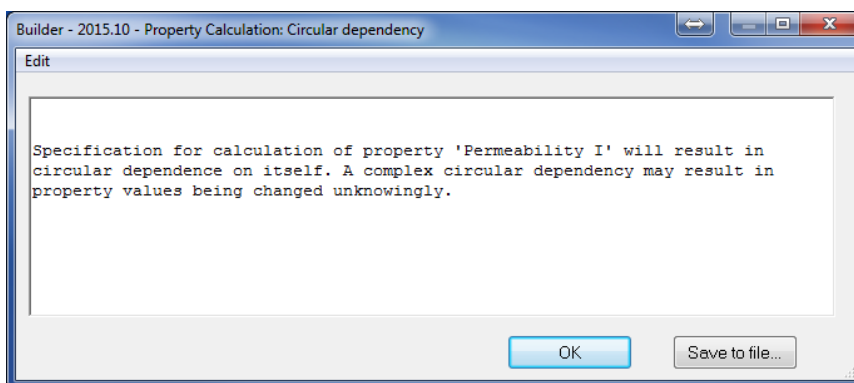


## 8. Block/Corner Value Calculation 对话框设置如下：

- ✓ **属性选择区：**该区域列出了可能需要重新计算的属性列表，比如由于公式发生变化而导致需要重新计算的。选择你认为需要重新计算的属性。
- ✓ **Interpolation Options 插值选项：**  
根据实际情况，选择 **Use property value in the parent block** 或者 **Interpolate from contour maps**。点击 **Explain overshoot/undershoot** 查看关于那些只在一“边”有等值线数值的点如何进行插值的详细信息，根据需要进行设置。



9. 在 **Block/Corner Value Calculations** 对话框中点击 **OK**，所选属性的值将被重新计算，可能会出现如下提示，忽略即可。



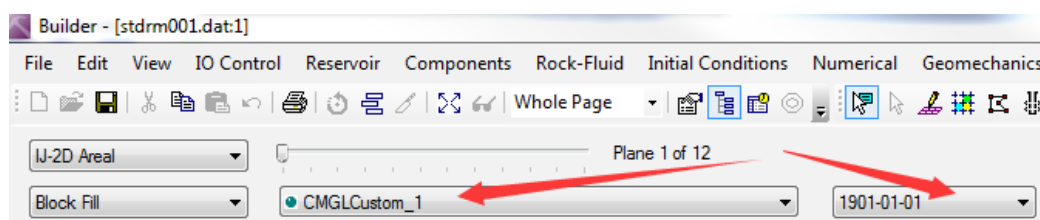
### 注意：

- ✓ 公式应用于该属性后，属性的值就基于公式计算得到。保存 dat 文件后，公式和计算的属性值都会保存下来。

- ✓ 任何时间都可以在 Builder 主界面中点击 **Calculate Property** 按钮打开 **Block/Corner Values Calculation** 对话框。有时软件会督促你这样操作，比如改变公式后。

## 2.3 查看新属性（仅适用于 Builder）

要查看计算的新属性，在 Builder 属性列表中选择相应的属性名称和日期即可，如下图所示：



## 2.4 保存公式和基于公式的属性（仅适用于 Builder）

- ✓ 保存 dat 文件时，用于设置正式属性（是指 CMG 中有关键字的属性）和用户自定义属性的每个公式都会保存下来。
- ✓ 用公式计算的常规属性会保留在 dat 文件中。
- ✓ 用户自定义属性的值会保存在 dat 文件的 RESULTS 部分。可以通过 **Tools** → **Export Property Values** 将正式属性或用户自定义属性输出到 ASCII 格式的文件。

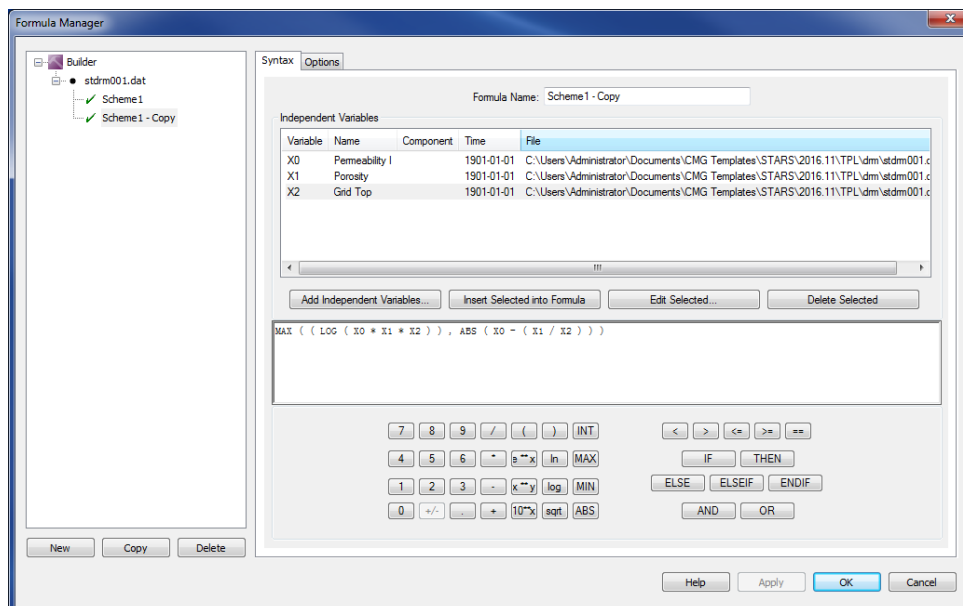
## 2.5 公式的其他常用操作

要查看一个公式，从菜单栏点击 **Tools** → **Formula Manager**，弹出 **Formula Manager** 对话框，在树视图中点击公式名称即可查看公式。

要编辑一个公式，从菜单栏点击 **Tools** → **Formula Manager**，弹出 **Formula Manager** 对话框，在树视图中点击公式名称。进行必要的修改后点击 **OK** 或 **Apply**。此时会被督促点击 Builder 主界面中的 **Calculate Property** 按钮重新计算属性值。

要想拷贝一个公式，可以采用如下操作：

1. 在树视图中，选择想要拷贝的公式。
2. 点击树视图底部的 **Copy** 按钮，早期版本可能会弹出 **Copy Spatial Property Formula** 对话框。
3. 点击 **OK**，公式即被拷贝。新公式的名称与原公式相同，后面增加了“-Copy”字样，如下所示：



新公式可以修改，比如修改名称，同时对原公式没有任何影响。反过来也是如此，修改原公式对新公式也没有任何影响。

若有删除一个公式，可以在公式管理器的树视图中选择想要删除的公式，点击树视图底部的 **Delete** 按钮，此时会问是否确定要删除。

在 **Builder** 中如果将用过的公式删除，该公式生成的参数场会保留在数据文件中。用公式生成的参数场和其他参数场一样，可以用网格属性统计（**Grid and Property Statistics**）功能进行简单的算术平均和孔隙体积加权平均计算。

在 **Results Graph** 和 **Results 3D** 中如果删除一个公式，那么该公式计算的所有结果都会删除，包括基于公式生成的曲线或参数场。

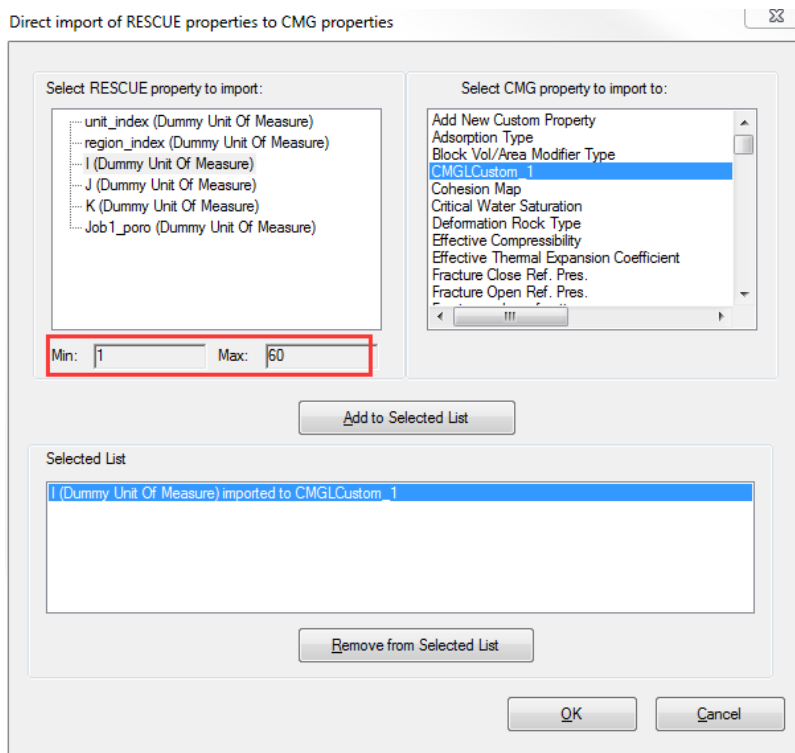
## 3 应用案例

### 3.1 Builder 中公式应用案例

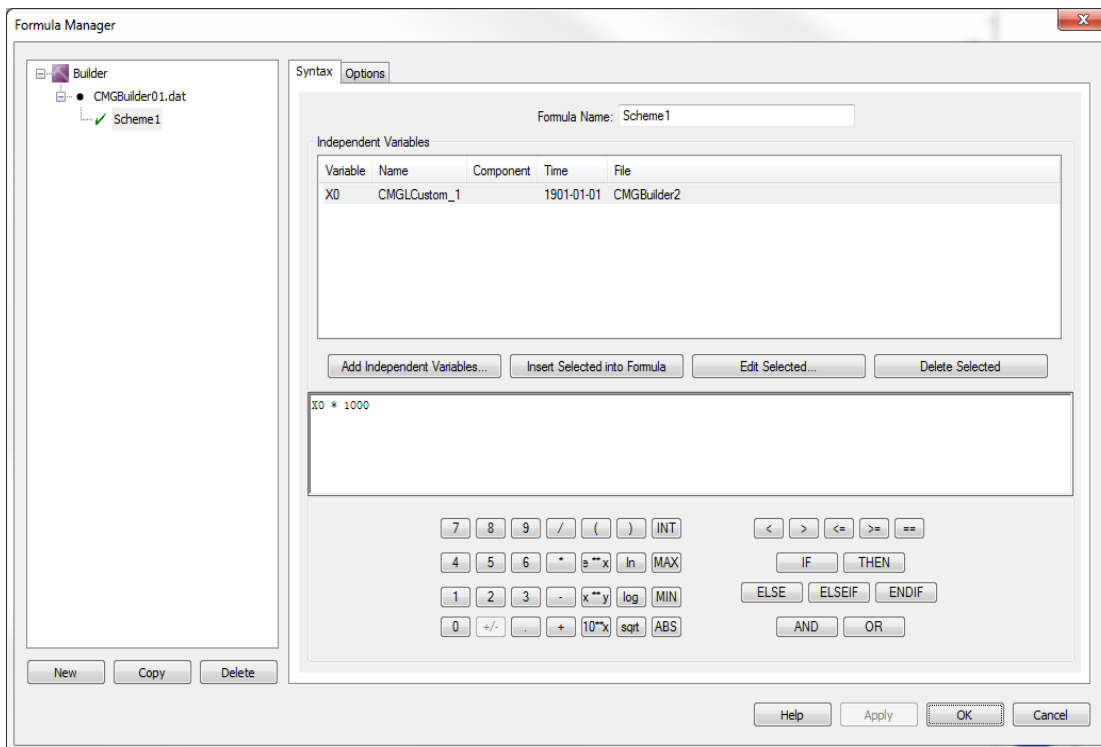
#### 3.1.1 利用临时属性进行数据换算

地质建模数据通过 Rescue 格式文件导入 Builder 时，有些参数的单位可能与 CMG 中的不一致，或者由于其他原因造成数据的最大最小值不合理，这时就可以用 Builder 中的临时属性，结合公式进行修改。

如下图所示，Rescue 文件中的 I 方向渗透率单位是达西（D），而 CMG 中渗透率的单位是毫达西（mD），因此数据不能直接用于 Permeability I 上。此时可以将渗透率先赋值给一个新的临时属性 CMGLCustom\_1。



然后在 Builder 中编辑公式如下，将计算结果按照本文 2.2 节操作应用到 Permeability I 上。

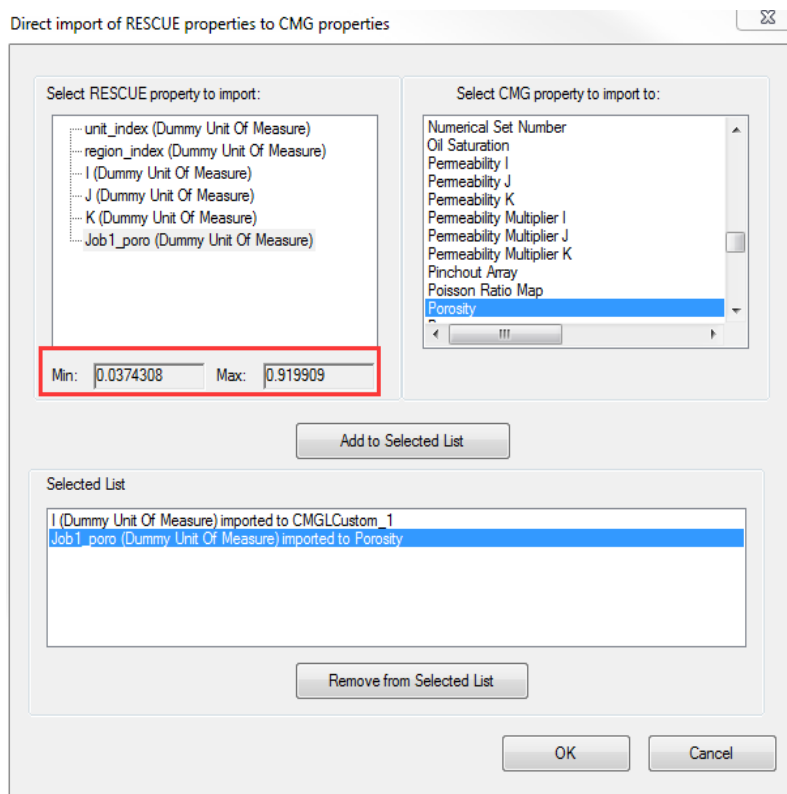


当然，除了这个方法之外，还可以用 mod 关键字对某个参数场的数值乘以一个系数，该方法不在本文讨论范围内。

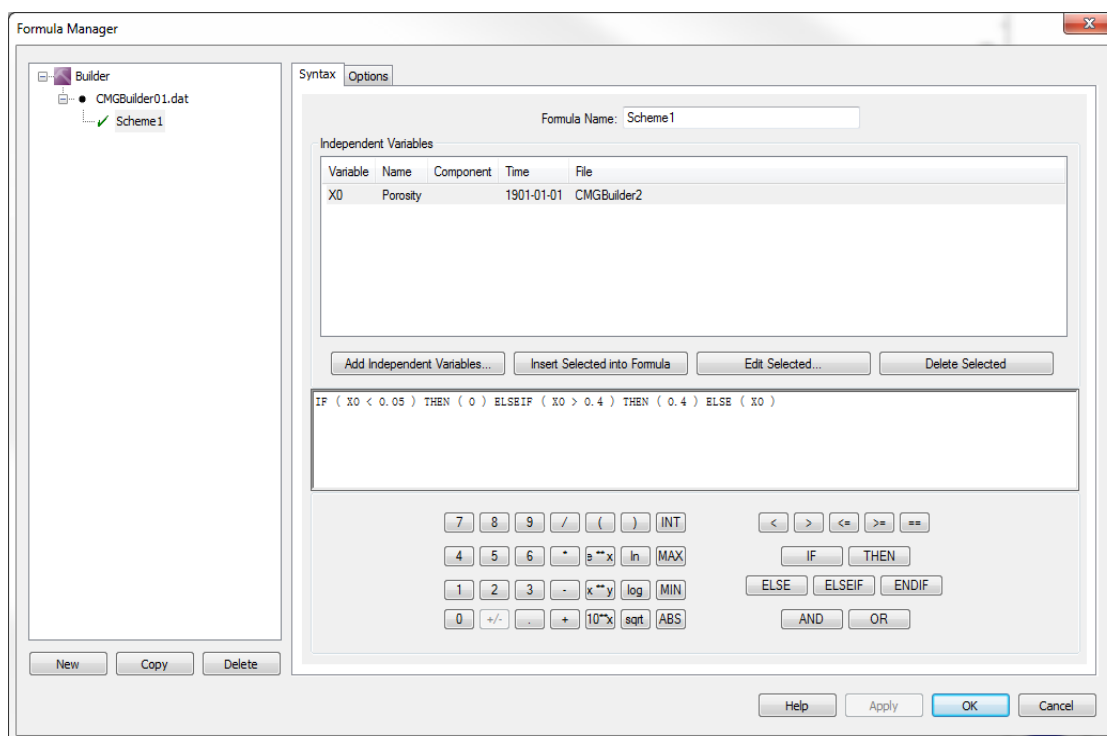
### 3.1.2 储层物性参数修正

由于属性插值方法或其他各种原因，油藏描述研究得到的储层物性参数（孔隙度、渗透率）场可能会存在局部区域数据质量太差或者不合理的问题，比如某些网格孔隙度或渗透率远远小于或大于地质认识的正常范围。这样的网格虽然数量极少，对模拟结果影响或许不大，但是会大幅影响计算速度，甚至造成严重的收敛问题。这时就需要用公式管理器对不合理的参数进行修正。

例如下面的 Rescue 数据导入时，发现孔隙度最小 0.0374，最大 0.9199。油藏工程师经过分析后，认为应该把孔隙度小于 0.05 的改成 0（变成无效网格，减少收敛问题），大于 0.4 的改成 0.4（根据对该油藏的地质认识，孔隙度最大不可能超过 0.4），孔隙度在 0.05 和 0.4 之间的保持不变。

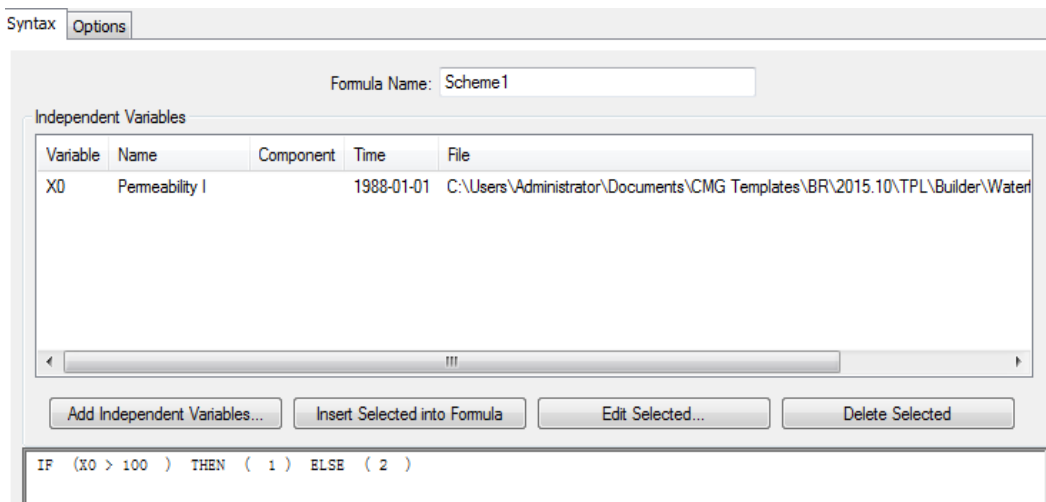


公式编辑如下，然后按照本文 2.2 节操作应用到 Porosity 上。



### 3.1.3 根据渗透率大小自动设置相渗曲线分区

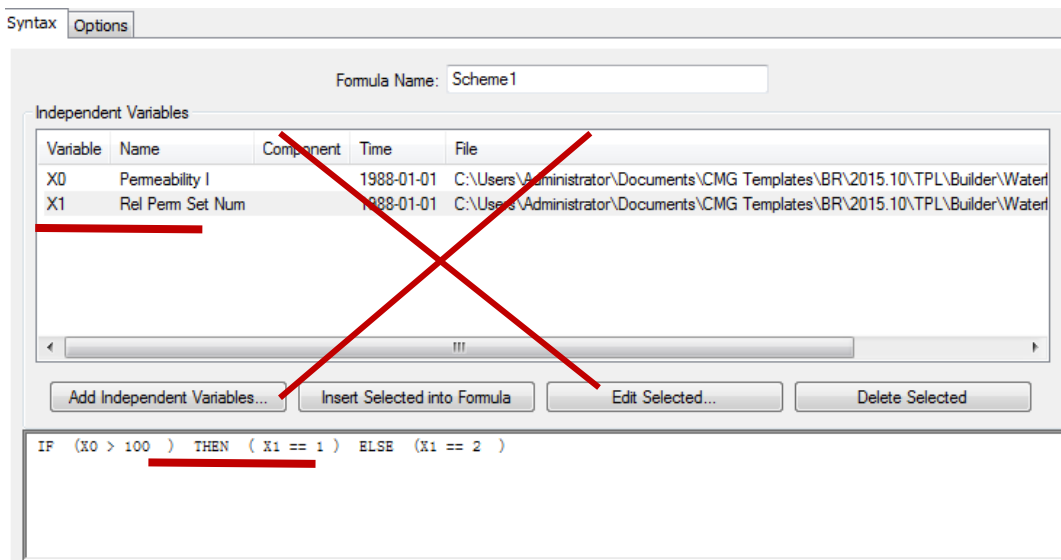
储层非均质性比较强的油藏中，物性好的区域和物性差的区域应该采用不同的相渗曲线。此时可以采用公式管理器来根据渗透率参数自动匹配合适的相渗曲线。例如，渗透率大于 100md 的网格采用第 1 套相渗曲线，渗透率小于 100md 的网格采用第 2 套相渗曲线。编辑公式如下：



然后按照本文 2.2 节的操作步骤，将公式应用到 Rel Perm Set Num 上。

**注意：**

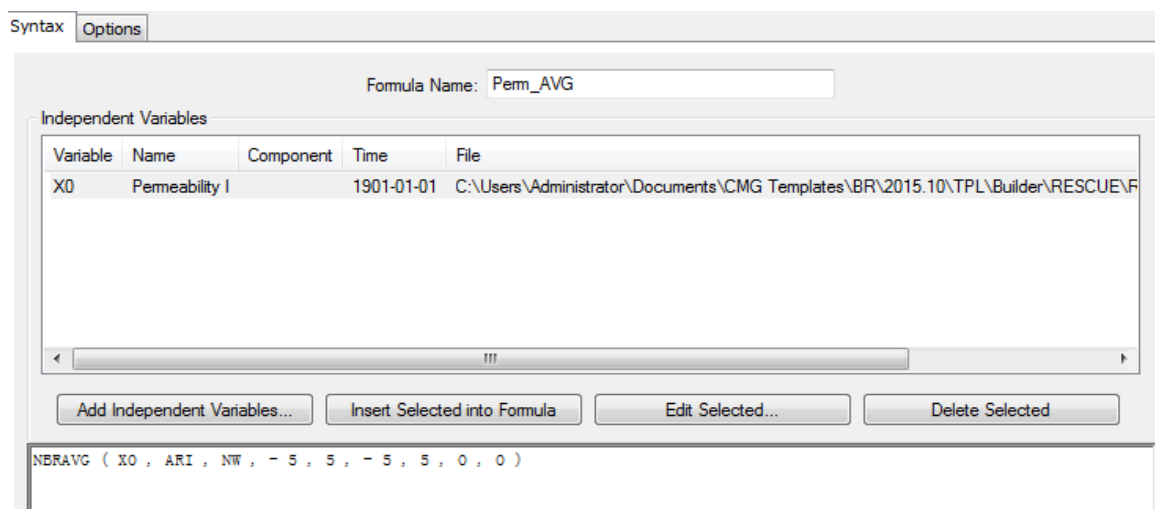
下面这种设置方法不正确。在公式管理器的公式栏中只需要输入公式中等号右边的部分。也就是说，Rel Perm Set Num 是函数值，不应该出现在自变量列表中。



### 3.1.4 用邻域（NBR）函数统计井周围某个参数的平均值

数值模拟工作中，有时需要分析井周围油层的物性参数，比如以井为中心，周围 5 个网格范围内的渗透率平均值。如果用传统的方法，对每口井做一个 Sector 或者 Polygon 可以实现，但过于繁琐，不适合多井的模型。邻域函数 NBRAVG 方法则可更容易实现。

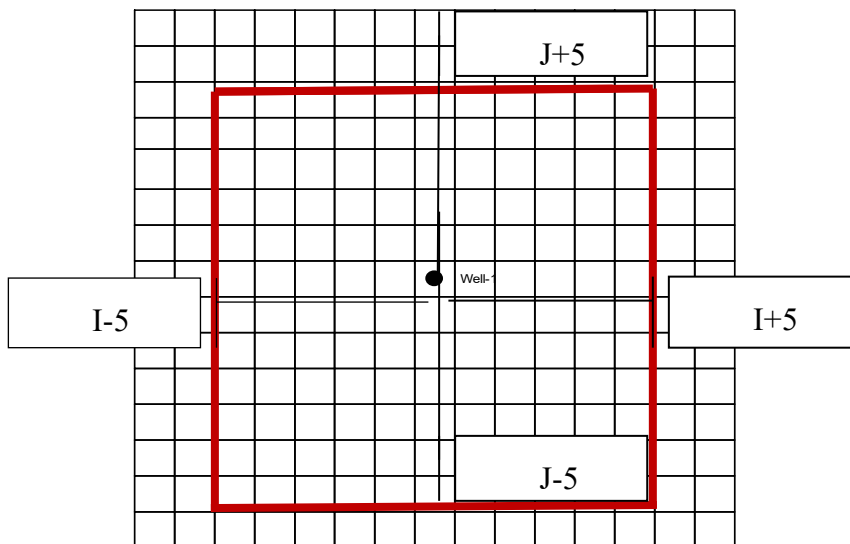
属性 X 选择 X0，平均值计算方法 Method 选择算术平均 ARI，加权类型 Weight 选择不加权 NW。公式可以这样编辑：



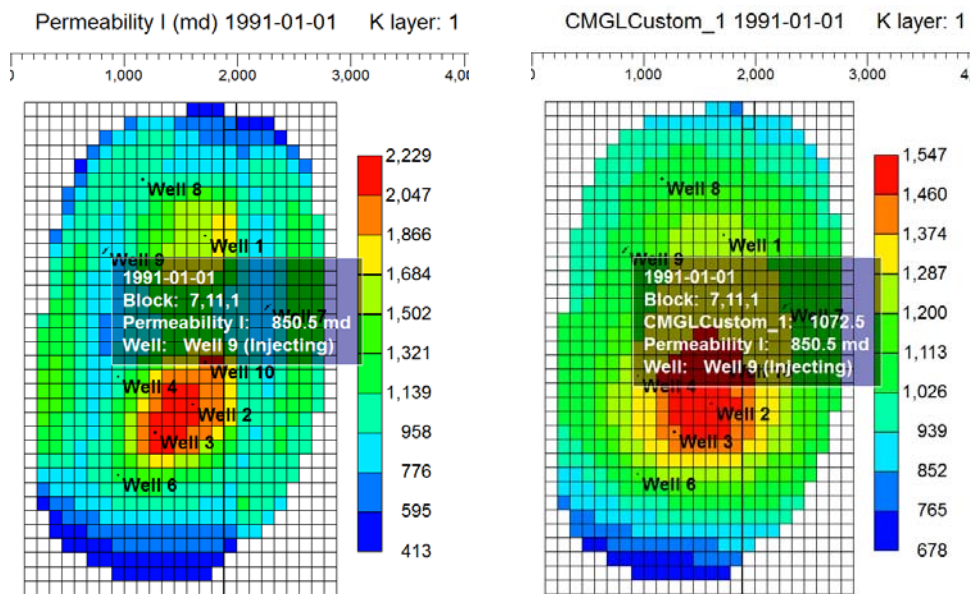
公式中：

第 1 个“-5，5”都是 I 方向的相对网格数，不是网格坐标，第 2 个“-5，5”都是 J 方向的相对网格数，“0，0”表示 K 方向的相对网格数。

此公式表示对于任意一个网格 (i, j, k)，搜索最大值的网格范围是 I 方向从 i-5 到 i+5，J 方向从 j-5 到 j+5，K 方向从 k-0 到 k+0，也就是垂向上只对当前层的数据进行平均。如图所示红框内的范围。



按照本文 2.2 节操作将计算结果应用到一个新的自定义属性上，如下图所示。井 Well 9 所在网格（7,11,1）的渗透率是 850.5md，其周围外扩 5 个网格范围内的渗透率平均值是 1072.5md。



渗透率分布图

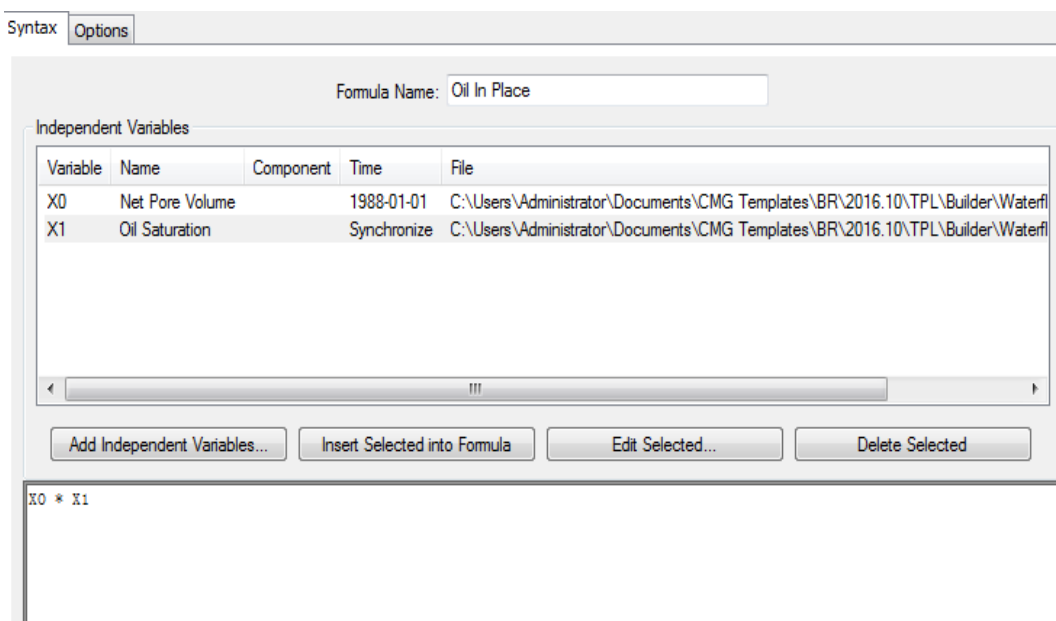
外扩 5 个网格范围内渗透率平均值

### 3.2 Results 3D 中公式应用案例

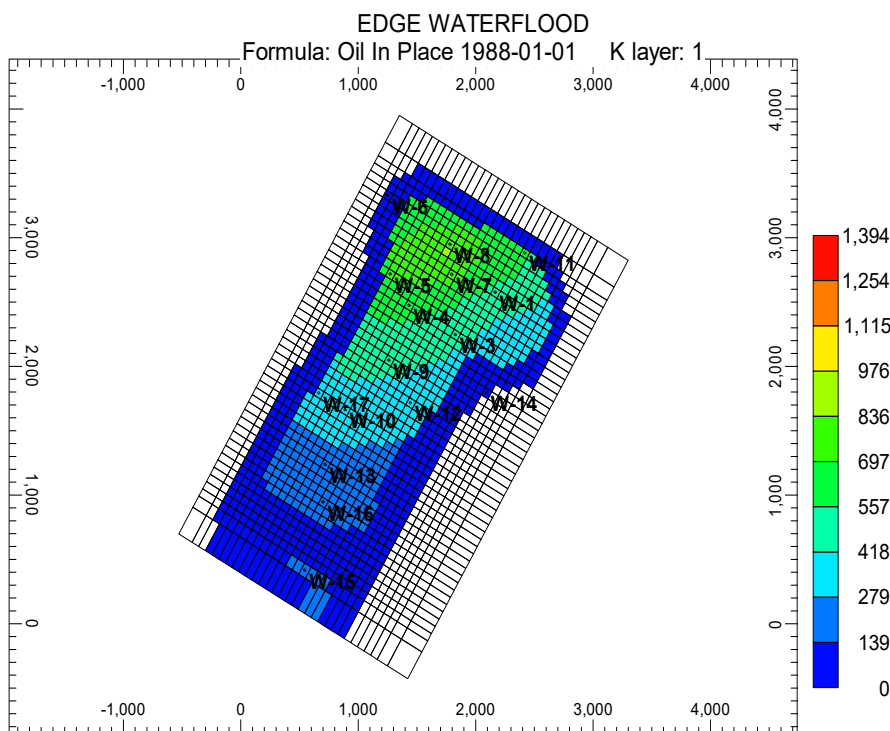
#### 3.2.1 查看每个网格的剩余储量

做模拟结果分析时，有时需要查看每个网格的剩余储量。要想看到剩余储量，只要计算出任意时刻的网格储量即可。有两个计算方法，一是网格储量=网格孔隙体积×网络的含油饱和度，二是网格储量=网格储量丰度×网络的平面面积。在公式管理器中，可以作为自变量的参数有网格孔隙体积、网络的含油饱和度和网格储量丰度，但是没有网络的平面面积，也没有用于计算网格平面面积的网格步长，因此第二种方法不可使用。

以 Builder 自带算例 WATFLD.DAT 为例(文件路径:...\TPL\Builder\Waterflood Example)，在 Results 3D 中公式编辑如下：



注意：对于 X1 代表的 Oil Saturation 的时间，应该选择 Synchronize，表示随时间变化，这样算出的网格储量也是随时间变化的。算出的网格储量（Oil In Place）场图如下所示：

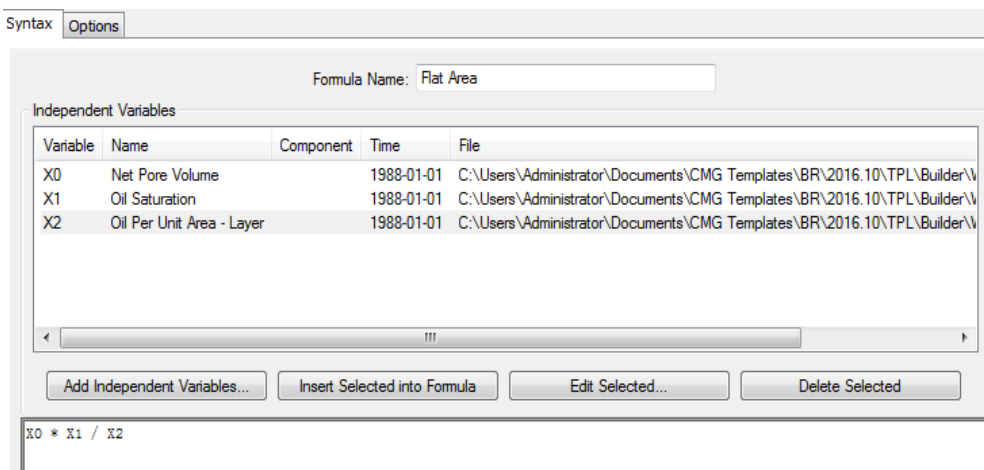


### 3.2.2 计算所有网格的平面面积

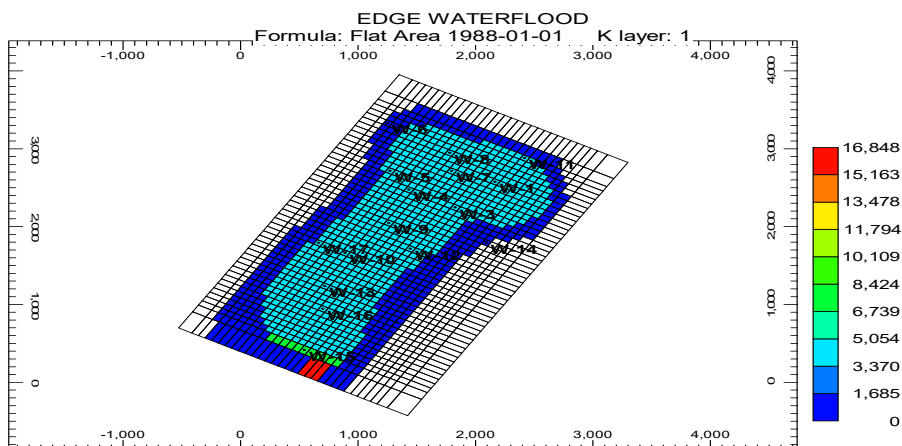
前面的案例中我们知道可以用作自变量的参数中没有网格的平面面积，也没有用于计算网格平面面积的网格步长，公式编辑器功能可以求得网格平面面积。

通过前面的分析知道， $\text{网格储量} = \text{网格孔隙体积} \times \text{网格的含油饱和度} = \text{网格储量丰度} \times \text{网格的平面面积}$ 。在公式管理器中，网格孔隙体积、网格的含油饱和度和网格储量丰度都是可以作为自变量的参数，那么 $\text{网格的平面面积} = \text{网格孔隙体积} \times \text{网格的含油饱和度} / \text{网格储量丰度}$ 。

以 Builder 自带算例 WATFLD.DAT 为例(文件路径:...\TPL\Builder\Waterflood Example)，在 Results 3D 中公式编辑如下：



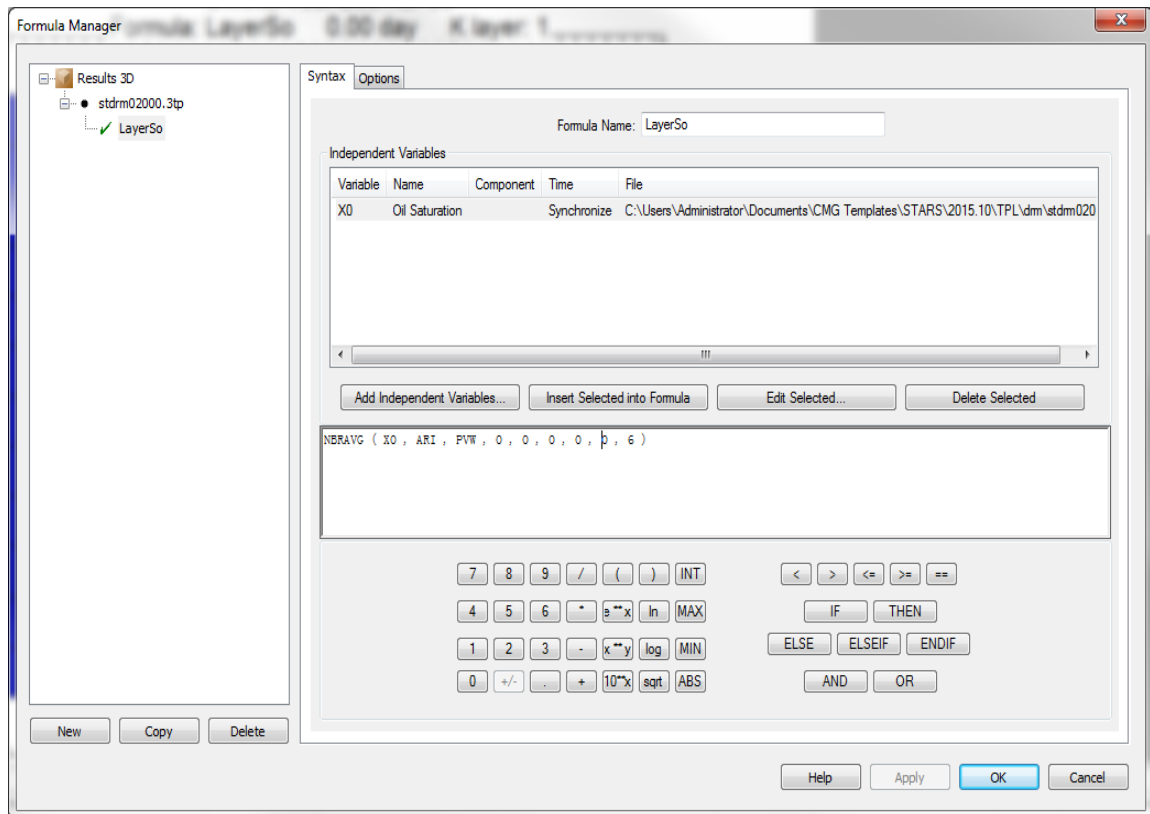
注意：对于 X1 代表的 Oil Saturation 和 X2 代表的 Oil Per Unit Area - Layer 的时间，都应该选择第 1 个时间点，这样确保公式中使用的 3 个自变量的时间是统一的。算出的网格平面面积（Flat Area）场图如下所示：

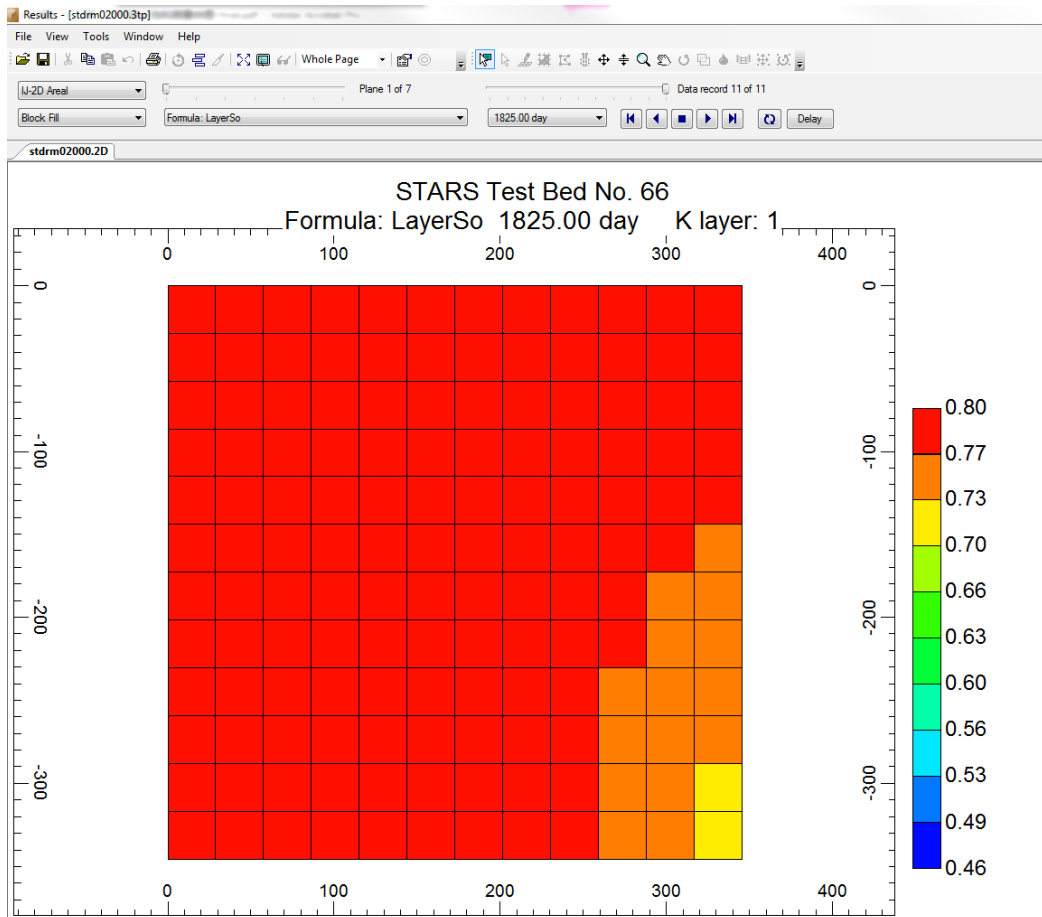


### 3.2.3 用 NBR 函数做出合层的参数场

在第 28 期讲义《如何输出饱和度叠合图》中介绍了通过组合使用前后处理得到饱和度叠合图的方法。这种方法的缺陷是每次只能得到一个时间点的场图，如果需要得到多个时间点的场图就会效率低下。这里介绍第 2 种方法，就是用公式管理器的 NBR AVG 函数算出某个参数的叠合图。

仍然以算例 stdrm020.dat 为例。属性 X 选择 X0，平均值计算方法 Method 选择算术平均 ARI，加权类型 Weight 选择孔隙体积加权 PVW。i1, i2, j1, j2 和 k1 都是 0，k2=6（要查看的合并层数-1）。





这里需要注意的是：

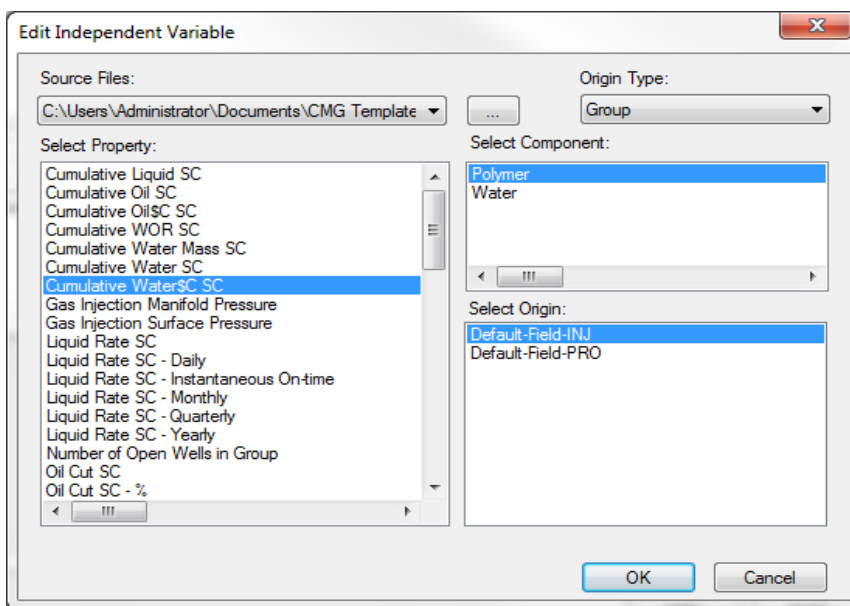
1.  $i1, i2, j1, j2$  必须都是 0，表示平面上只采用当前一个网格的值。
2.  $k1$  取 0,  $k2$  等于要查看的合并层数-1，表示从当前层开始合并到第  $k2+1$  层。比如算例 `stdrm020.dat` 中共有 7 个层，要做这 7 个层的合层，所以  $k2=7-1=6$ 。假如要查看前 3 个层的合层参数场，则  $k2=2$ ，要查看后 2 个层的合层参数场，则  $k2=1$ 。
3. 查看合并后的参数场时，必须将垂向网格层调至合并范围内的第 1 个层上。比如要查看前 3 个层的合层参数场，则必须调至第 1 个层上，如果要查看后 2 个（6-7）层的合层参数场，则必须调至第 6 个层上。其他层上的参数场都不是要查看的，这一点尤其要注意。

### 3.3 Results Graph 中公式应用案例

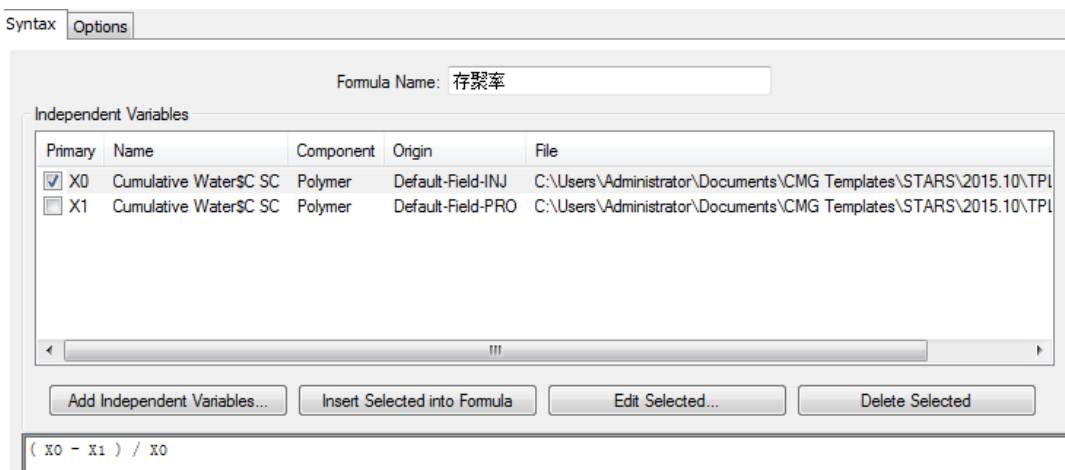
#### 3.3.1 查看聚合物驱的存聚率

做聚合物驱模拟结果分析时，有时需要查看存聚率。存聚率=（区块累积注聚量-区块累积产聚量）/区块累积注聚量。Results Graph 中并不能直接输出这个指标，因此需要用公式算出来。

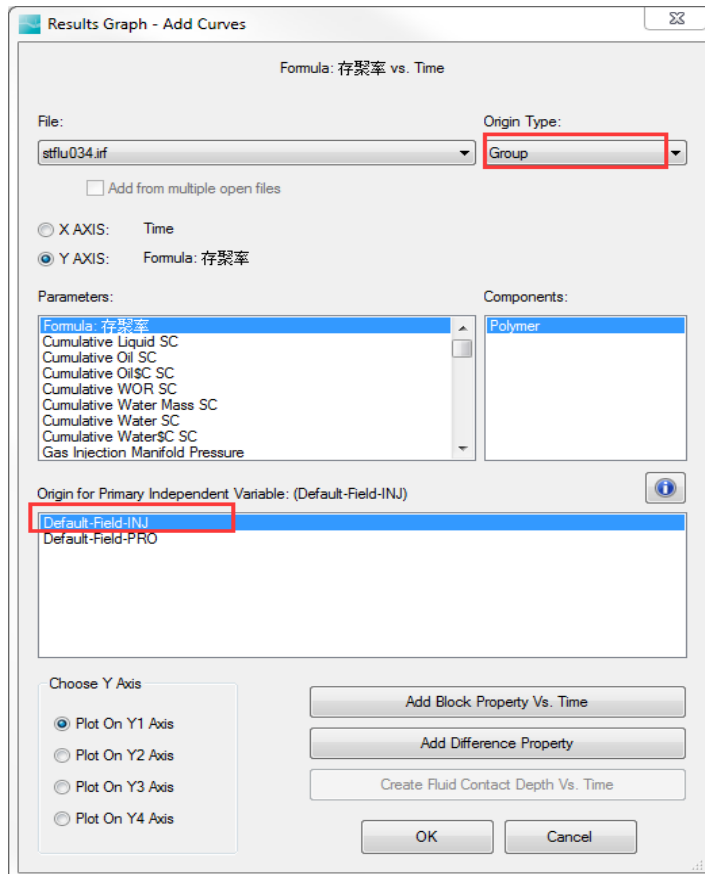
首先选择自变量，如下图所示。



Origin Type 中选择井组 Group，不要选单井 Well。属性列表中选择 Cumulative Water\$C SC，不是 Cumulative Water SC，只有带\$符号的才能输出每个组分的量。然后在 Select Component 中选择组分 Polymer。在 Select Origin 中分别选择 Default-Field-INJ 和 Default-Field-PRO，分别作为区块累积注聚量和区块累积产聚量。然后编辑公式如下：

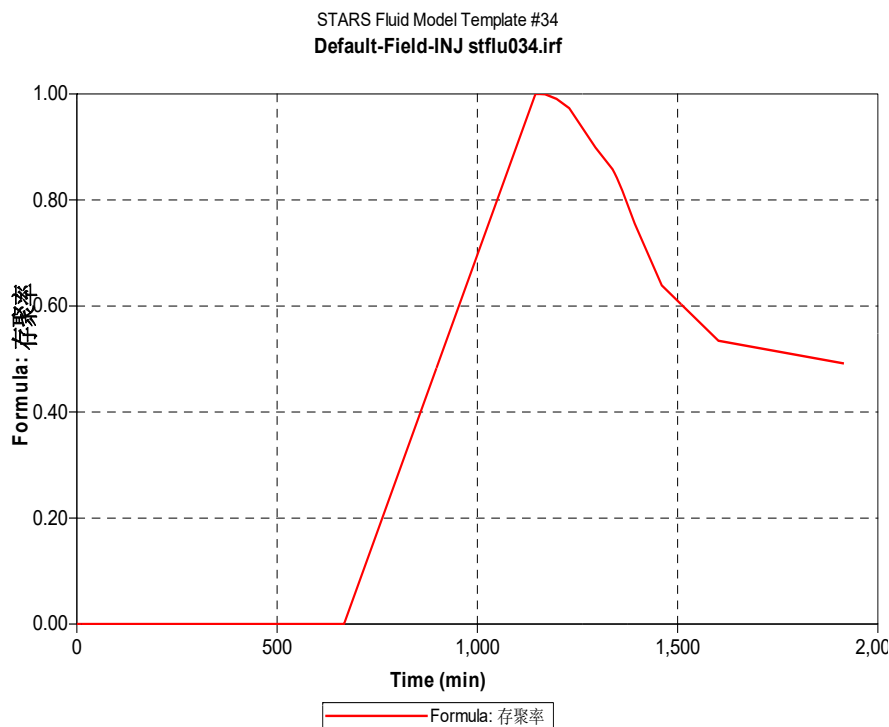


注意 X0 是基本自变量，与 X1 的作用略有不同。主要体现在添加曲线时，Origin Type 中要选择 Group，在 Origin for Primary Independent Variable 中要选择 X0 对应的参数来源，也就是 Default-Field-INJ。



如果把 X1 作为基本自变量，那么在添加曲线时，Origin for Primary Independent Variable 中要选择 X1 对应的参数来源，也就是 Default-Field-Pro。

最后添加的存聚率变化曲线如下图所示。



参考此公式的写法，用户可以自己编写计算存水率或者热利用率的公式。

值得一提的是，Results Graph 中自变量的来源类型非常丰富，既有单井的，也有井组的，既有 sector 的，也有 special 的，用户可以根据需要自由选择。自变量也可以来自不同的文件，文件类型可以是 irf 文件，也可以是 fhf 文件，灵活多样，自由组合。因此用户可以充分发挥想象力，利用这些原始参数通过公式算出你想要的某个参数。

## 4 语法规则

### 4.1 术语

- ✓ **公式**：使用代表算术、对数和逻辑运算符的符号，以及其他特殊变量和自变量来表达的一种函数关系。
- ✓ **源参数**：当前或其他模拟输出文件中已经存在的参数。可以是之前定义过的参数，也可以是使用公式计算的参数。
- ✓ **自变量**：公式中代表源参数的符号，一般是  $X_n$ ， $n=0\dots99$ 。
- ✓ **因变量**：是因自变量的变化而变化的函数值，也就是公式名称所代表的计算结果。

### 4.2 运算符

- ✓ **算术运算符**：  
+, -, \* (乘), / (除), \*\* (幂), SQRT (平方根)
- ✓ **对数运算符**：  
LOG, LN, EXP10 ( $10^{**x}$ ), EXP ( $e^{**x}$ )
- ✓ **逻辑运算符**：  
IF, THEN (作为分隔符), ELSE, ENDIF (作为分隔符), AND, OR,  
<, <=, >, >=, ==

### 4.3 邻域（NBR）函数

邻域（NBR）函数是一些特殊的运算符，这是一些对空间参数（比如含油饱和度或压力）进行计算的函数，计算结果可以是相邻网格的平均值、求和、最小或最大值。函数名称和需要的参数如下：

- ✓ **平均值函数**：NBRAVG( X, Method, Weight, i1, i2, j1, j2, k1, k2 )
- ✓ **最小值函数**：NBRMIN( X, i1, i2, j1, j2, k1, k2 )
- ✓ **最大值函数**：NBRMAX( X, i1, i2, j1, j2, k1, k2 )

✓ 求和函数：NBRSUM( X, i1, i2, j1, j2, k1, k2 )

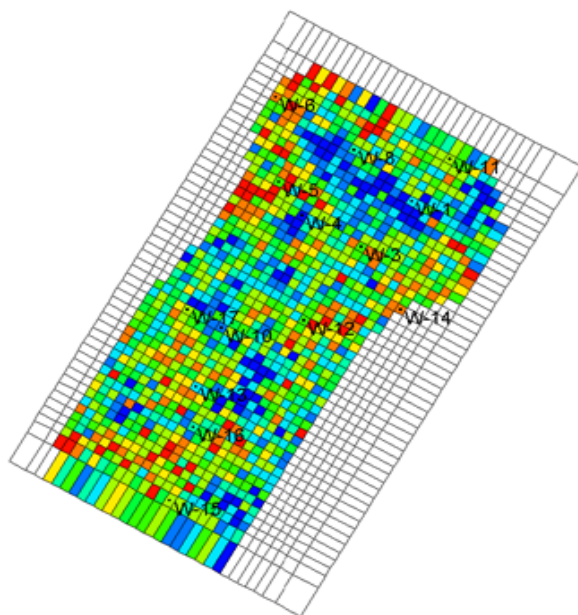
其中，

- X: 某个空间参数或者代表空间参数的项。
- Method: 平均值计算方法，可以是 ARI（算术平均），或者 GEO（几何平均），或者 HAR（调和平均）中的任何一个。
- Weight: 加权类型，可以是 NW（不加权），或者 BVW（网格体积加权），或者 PVW（孔隙体积加权）中的任何一个。
- i1,i2: I 方向的负/正范围(任意整数或 I 方向的网格数 NI)
- j1,j2: J 方向的负/正范围(任意整数或 J 方向的网格数 NJ)
- k1,k2: K 方向的负/正范围(任意整数或 K 方向的网格数 NK)

注意：搜索范围 (i1, i2, j1, j2, k1, k2) 表示对于任意一个网格 (i, j, k)，进行邻域函数计算（平均值，最大值，最小值，求和）的网格范围是 I 方向从 i-i1 到 i+i1，J 方向从 j-j1 到 j+j1，K 方向从 k-k1 到 k+k1。

如果函数名有一个后缀“S”，例如，NBRAVGS，那么该函数就是出于跨越模式，意思是该函数计算范围内所有网格的参数值相同。这就相当于在没有网格粗化的前提下做了属性粗化。如果用跨越模式计算一个属性值，那么算完后油藏看起来就像一个粗糙的棉被，因为有相当多的网格拥有相同的属性值。

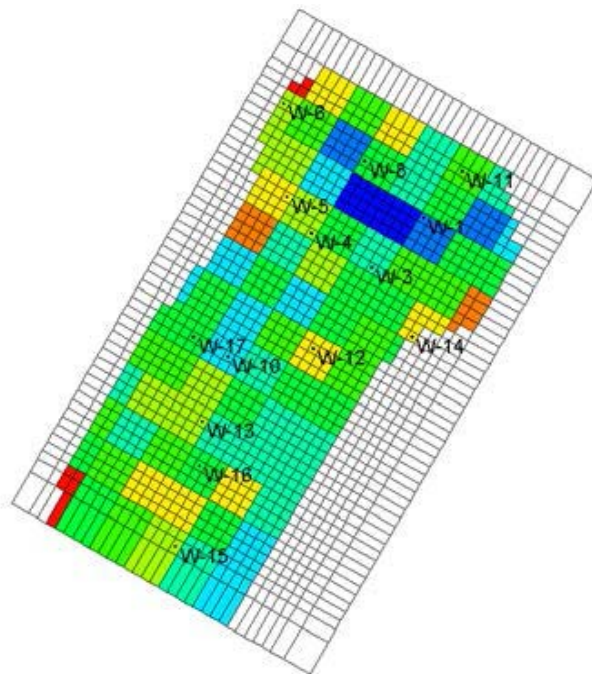
以下面这个油藏为例，原始的属性值看起来是这样的：



跨越模式使用这些属性值（X0）计算一个新的属性值，公式如下：

$$\text{NBRAVGS}(\text{X0}, \text{ARI}, \text{BVW}, 1, 2, 1, 2, 0, 0)$$

结果看起来变成这样的：



#### 4.4 其他函数

- ✓ 小括号“（”和“）”：用作函数自变量的分隔符
- ✓ **INT**：将小数变成整数，小于等于 i.5 的数变成 i，大于 i.5 的数变成 [i+1]
- ✓ **MAX, MIN, ABS**：取最大值、最小值和绝对值
- ✓ **Xn** (n = 0 ... 99)：用于自变量

#### 4.5 公式语法

在公式管理器的公式栏中只需要输入公式中等号右边的部分。例如，如果公式是：

$$\text{PERMK} = \text{PERMI} * 0.01$$

那么输入的内容就是：

$$\text{X0} * 0.01$$

其中 X0 代表自变量 Permeability I。

计算时总是遵循从左到右的顺序。

优先顺序定义如下：

加 (+) 和减 (-) 有相同的优先权，乘 (\*) 和除 (/) 具有相同的优先权，但是乘 (\*) 和除 (/) 的优先权高于加 (+) 和减 (-)。圆括号中的表达式先作为一个整体进行计算，计算结果作为一个数使用。

下面这些符号有相同的优先权：

<, <=, >, >=, =

其含义分别是：小于，小于等于，大于，大于等于，等于。

## 4.6 IF 语句块

一个公式中只能有 1 个 IF 块。一个 IF 块完整的定义了一个公式；也就是说，一个包含 IF 块的公式只能有 IF... THEN ... (ELSEIF... THEN) ...ELSE (...) ENDIF 的语句。

一个 IF 块必须有一个 ELSE 语句。一个 IF 语句必须由 THEN 结束。一个 ELSE 语句必须由 ENDIF 结束。ELSE、ELSEIF、AND 和 OR 语句必须在有 IF 出现时才能使用。

## 4.7 注意事项

- ✓ 下面这些运算符后面必须跟一个用圆括号括起来的表达式：LOG，LN，EXP10，EXP，SQRT，INT，ABS，IF，ELSE，ELSEIF，AND 和 OR。
- ✓ MAX 和 MIN 运算符后面跟 2 个表达式，用圆括号括起来，并用逗号隔开，例如 MAX (A, B)。
- ✓ 运算符、函数和圆括号之间可以插入空格，这样公式更加易读易理解。
- ✓ 一个公式可以跨多行。

## 4.8 公式举例

### 4.8.1 例 1，简单的算术运算

$$1.23 * (X0 ** 0.2)$$

含义解读：X0 的 0.2 次幂，然后乘以 1.23。

### 4.8.2 例 2，IF 块应用

```
IF ((X0 < 0.1) AND (X1 < 623)) THEN (INT (X1 / 10))  
ELSEIF ((X0 < 0.1) AND (X1 < 1200)) THEN (INT (X1/100))  
ELSE (INT (X0 * X1))
```

含义解读：如果  $X0 < 0.1$ ，并且  $X1 < 623$ ，那么就等于  $INT (X1 / 10)$ ；

否则如果  $X0 < 0.1$  并且  $X1 < 1200$ ，那么就等于  $INT (X1/100)$ ；

否则等于  $INT (X0 * X1)$ 。

### 4.8.3 例 3，比较大小

```
MAX ((LOG (X0 * X1 * X2)), ABS (X0 - (X1 / X2)))
```

含义解读：该公式是要在两个数中取最大值，这两个数是指对数  $LOG (X0 * X1 * X2)$  和绝对值  $ABS (X0 - (X1 / X2))$ 。

【完】