

## 第 118 期：使用邻域函数（NBR）进行储量丰度统计

编写人：吴晓云

储量丰度是油气藏开发中一个重要的量化指标，它综合反映了油气藏的资源富集程度和开发潜力。在进行数模结果展示时，用户时常有需求统计某个范围内储量丰度的需求，Results 目前版本中，并无直接的选项实现，本期讲义通过邻域函数（NBR）的方法进行统计。

### 一、储量丰度和邻域函数

首先，介绍下这两个参数。

#### 1. 储量丰度

储量丰度通常用于评估油气藏的开发潜力和经济价值，它是指单位面积或单位体积内油气藏所含的油气储量。它通常用以下两种方式表示：

- **单位面积储量丰度**：单位面积（如平方公里）内的油气储量，通常以“万吨/平方公里”或“亿立方米/平方公里”表示。

$$\text{储量丰度} = \frac{\text{油气藏总储量}}{\text{含油气面积}}$$

其中，油气藏总储量是指经过评估的可采储量或地质储量；含油气面积是指油气藏的实际分布面积。

- **单位体积储量丰度**：单位体积（如立方米）内的油气储量，通常以“吨/立方米”或“立方米/立方米”表示。

$$\text{储量丰度} = \frac{\text{油气藏总储量}}{\text{含油气体积}}$$

其中，含油气体积是指油气藏的有效孔隙体积。

CMG 使用的是单位面积储量丰度，单位为 m，即“立方米/平方米”。储量丰度越高，说明油气藏单位面积或体积内的油气资源越丰富，通常具有更高的经济效益，开发潜力越大。

#### 2. 邻域函数（NBR）

邻域函数（Neighborhood Function）是一种数学工具，用于描述一个点周

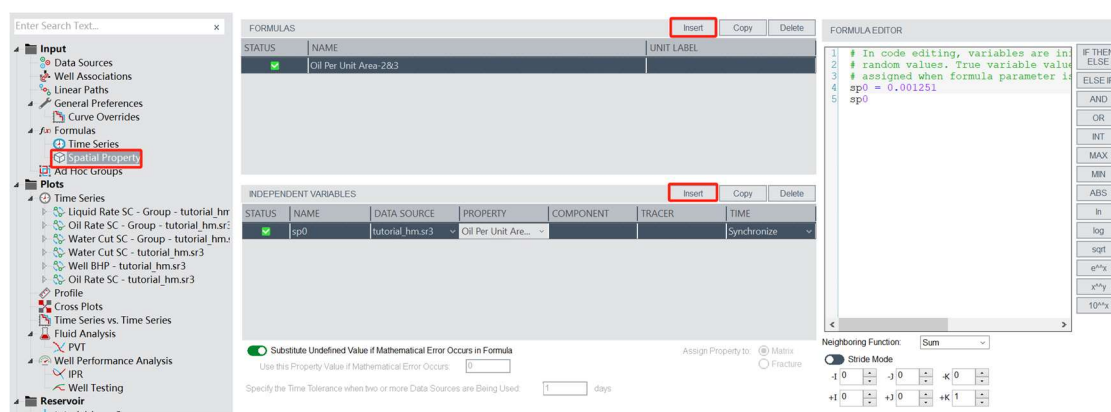
围的“邻近”区域。它在许多领域（如数学分析、计算机科学、机器学习、图像处理等）中都有广泛应用。

邻域函数输出值，依赖于输入点周围一定范围内的邻近点的属性值。例如，点  $a$  的  $\delta$  邻域是指开区间  $(a - \delta, a + \delta)$ ，其中  $\delta$  是一个正数，表示邻域的半径。在油气藏数值模拟中，邻域函数常用于描述储层中局部区域内的物理量（如压力、饱和度、温度等）的变化及其相互作用。

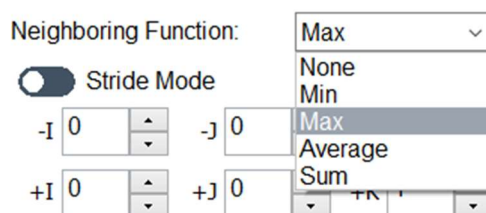
## 二、使用邻域函数（NBR）统计储量丰度

Results 中缺省输出单层 (Oil Per Unit Area - Layer) 和总储量丰度 (Oil Per Unit Area - Total)，如果需要统计其中几层的储量丰度图，以统计 2~3 层的储量丰度为例，可依照下面的步骤进行操作：

- 1) 将 sr3 文件拖至 Results，点击左侧 Input → Formulas → Spatial Properties。Insert 新建公式，可输入公式名或者缺省，变量位置选择 Oil Per Unit Area - Layer，NBR 定义非常简单，直接在公式编辑区写入变量名 sp0 即可，编辑区下方是邻域函数的定义区域，可以选择 MIN（最小值）、Max（最大值）、Average（平均值）和 Sum（求和）。



- 2) 这里需选择 Sum。



- 3) 多个小层的储量丰度计算是在垂向求和，我们可以将第 2 层的公式结果

作为 2~3 层储量丰度之和，因而仅需在 K 层进行加和，+K 选择 1，如下所示。

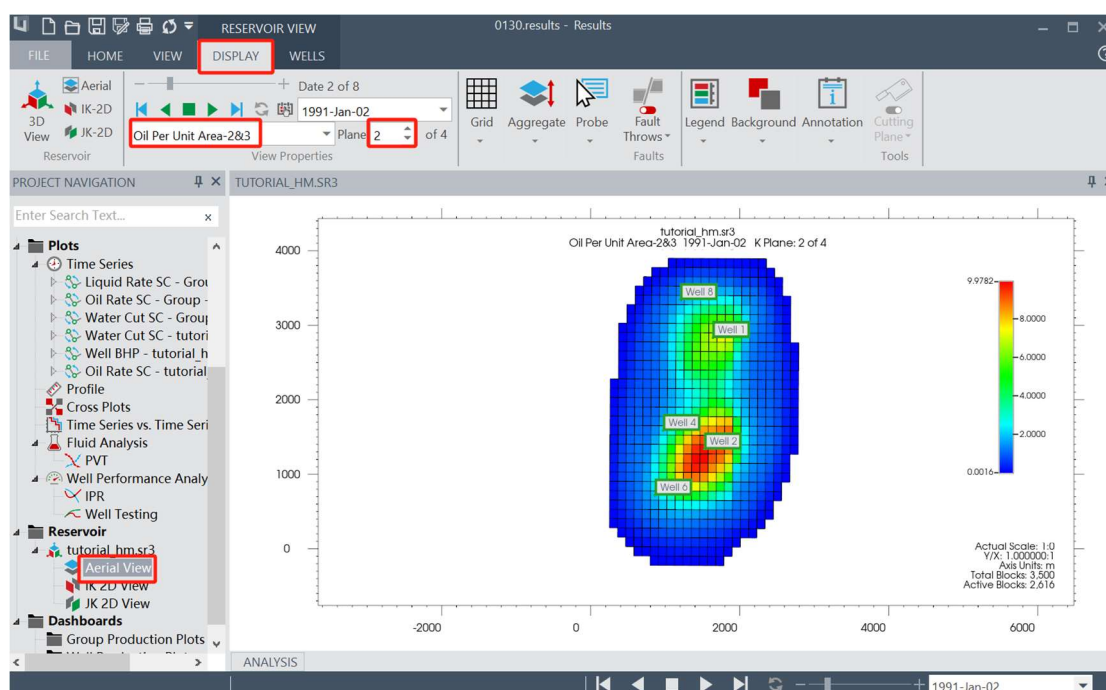
Neighboring Function: Sum

☒ Stride Mode

-I 0 -J 0 -K 0

+I 0 +J 0 +K 1

- 4) 切换至 Aerial View 平面视图，点击 Display 菜单栏，将显示参数调整为定义的 Formula 名称 Oil Per Unit Area-2&3，选择 Plane 2，当前显示即为 2~3 层的储量丰度之和。



Neighboring Function: Average

☒ Stride Mode

-I 0 -J 0 -K 1

+I 0 +J 0 +K 0

Arithmetic None

### 三、数模中的其他应用场景

灵活的使用 NBR，还能够实现很多内容：

#### 1. 计算属性平均值

邻域函数可用于统计井周多个网格的压力/渗透率平均值，应用下面的公式设计，则形成  $3 \times 3 \times 2$  向下平均统计的形式：

邻域函数在 Builder 中使用场景也很多，可浏览讲义[第 68 期：公式管理器 \(Formula Manager\) 在前后处理中的应用方法 – Learn CMG](#)，第 3.1.4 章节（P19）对邻域函数的使用介绍得非常详细，此部分内容同样适用于 Results。

#### 2. 统计井眼轨迹的井周压力

在历史拟合或者数据分析时，使用 OUTSRF WELL BLOCKP9 仅输出射孔参考层的井周 9 个网格的平均压力，如果想查看全部射孔段的井周网格压力，也可以使用 NBR 函数实现。

按照如下公式分别对“孔隙体积×压力”、“孔隙体积”做邻域函数，即  $3 \times 3 \times 1$  的加和统计形式，最后两个公式相除，即可得到  $P_{avg,k}$ ，可以绘制井眼轨迹的该属性曲线。

$$P_{avg,k} = \frac{V_{i,k} P_{i,k} + \sum_j V_{j,k} \cdot P_{j,k}}{V_{i,k} + \sum_j V_{j,k}}$$

#### 3. 网格属性粗化显示

NBR 还有另一个按钮 Stride Mode（步幅模式）。激活 Stride Mode 后，相当于在网格不粗化的前提下，进行属性粗化，在指定范围内，每个网格的属性值均相同。如使用下面的设置，则形成  $5 \times 5 \times 3$  这样的网格粗化模式，结果数值为平均值：

Neighboring Function: Average

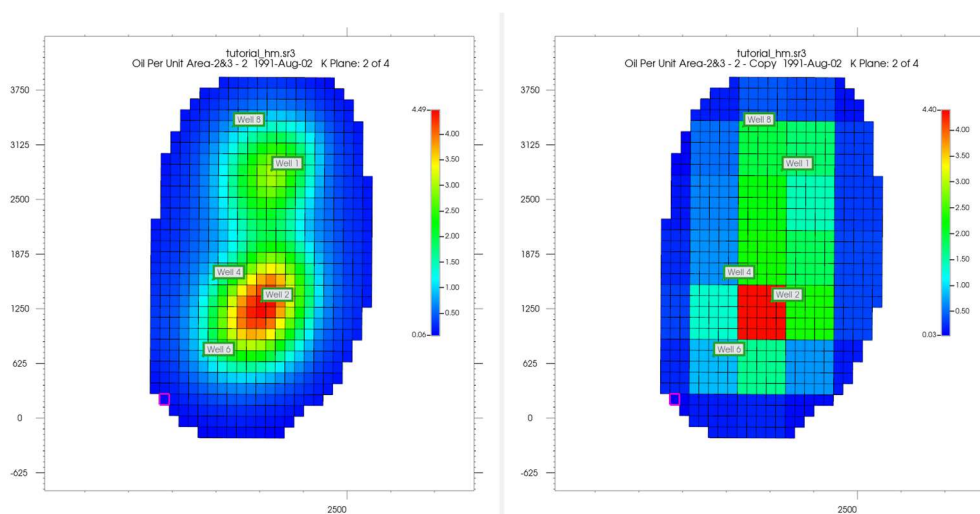
☒ Stride Mode

-I 2 -J 2 -K 1

+I 2 +J 2 +K 1

Arithmetic None

回到 Display 菜单栏，查看属性 Oil Per Unit Area-2&3，右图为左图基础上激活 Stride Mode 按钮后的粗化效果。如果只是需要统计功能，需关闭该模式。



#### 四、关于邻域函数以及储量丰度的注意事项

如果是 GEM 模拟器，其计算结果中未缺省输出油相储量丰度，需设置输出孔隙度参数（OUTSRF GRID POROS），计算之后，在 Results 中可查看油相储量丰度图，包括合层和单层数据。

使用邻域函数时，还需要注意公式定义与查看属性的匹配，同样是统计 2~3 层的储量丰度之和，如果按照下面的方式设置邻域函数，在查看结果时，我们应该读取第 3 层的公式值。