


## 第一章 概述


该文档包含了：GMS 及各组成模块的使用指南。

## 第二章 用TINS建立地面模型

### 2.1 导入顶点文件

- (1) 点击  图标,然后选择“FILE”菜单下的“OPEN”菜单项,打开“GMS3.1\tutorial\tins\verts.tins”文件;
- (2) 然后选择“Build TIN”下的“Triangulate”菜单项;建立三角网格,并自动利用Delauney进行优化,避免病态矩阵;
- (3) 选择“Display”菜单中的“Display Options”命令;选中“Contours”和“TIN Boundary”复选框,绘制地面等值线图;
- (4) 选择“Display”菜单中的“Display Options”命令;取消“Contours”和“TIN Boundary”复选框,选中“Triangles”复选框,按“OK”;然后选择“View”菜单下的“Oblique View”命令,再选择“Display”菜单中的“Shade”命令绘制带阴影的曲面图;

编辑顶点：

- (1) 选择“Display”菜单中的“Display Options”命令;选中“Contours”和“Vertices”复选框,并单击“Contours”右边的“Options”按钮;更改等值线间隔;
- (2) 拖动顶点：从“Tool Palette”上选择“Select Vertices”工具 ,选择“View”菜单下的“Plan View”命令,然后用鼠标选中顶点拖动。选择“View”菜单下的“Oblique View”命令,也可以进行拖动。
- (3) 用键盘进行精确移动：选中顶点,在工具条中的X、Y、Z坐标文本框中输入精确数值。


锁定顶点：

按下SHIFT键,选择要锁定的顶点,然后选择“Modify TIN”菜单下的“Lock/Unlock Vertices”命令。锁定了的顶点为另一种颜色。

**添加顶点：**在“Plan View”模式下选择“Create Vertex”  (下面一组工具中的),然后用鼠标单击来添加顶点。

**删除顶点：**择“Edit”菜单下的“Delete”命令。然后利用“Create Triangle”工具建立新的三角形。在“Modify TIN”菜单下的“Vertex Options”命令,在弹出的对话框中选择“Retriangulate after deleting”,可以在删除顶点后自动连接新的三角形。

平滑TIN文件：

选择“Edit”菜单下的“Delete All”命令删除所有TIN,然后打开比较稀疏的新的TIN文件,然后选择“Build TIN”菜单下的“TIN -> Scatter Points”命令,在弹出的消息框中选择NO;选择“Modify TIN”菜单下的“Uniformly Subdivide TIN”命令,并选择合适的系数;然后单击“2D Scatter Point” ,选择“Interpolation”菜单下的“to Active TIN”命令,输入新的文件名,选中“Map elevations”复选框,即可。可以通过选择“Edit”菜单下的“Delete All”命令删除所有TIN。

在GMS中可以同时建立几个TIN,通过点击选择TIN图标  可以选种TIN;双击TIN,则在其上出现一个A,说明该TIN激活;可以通过“Display”菜单下的“Hide”或“Show”命令隐藏或显示TIN。

### 第三章 立体地层模型



TIN模块



Borehole模块



Solid 模块




Map模块

建立立体模型需要三步：

#### 1、读入钻孔数据：

可以根据参考手册说明的文件格式输入钻孔数据；或者通过“Boreholes”菜单下的“Borehole Editor”命令。

读入数据文件：单击“”进入Borehole模块，选择“File”菜单下的“Open”命令，选择“tutorial\solids”下的“holes.gpr”文件。

改变Z轴刻度：选择“View”菜单下的“Z Magnification”命令，输入比例系数。



显示钻孔名称：选择“Display”菜单中的“Display Options”命令或按钮；选中“Hole Names”复选框。

#### 2、创建扩展多边形：

(1) 选择“Plan View”图标，选择“Zoom”工具

(2) 选择“Display”菜单下的“Drawing Grid Options”命令，将“Spacing”设置为50.0，选择“Snap to grid”和“Display grid lines”复选框，将“Grid line spacing increment”设置为1，“OK”。

(3) 定义边界：扩展多边形用Map模块中的特征对象工具输入。首先，确定一个包围研究区的单个弧段：

进入Map模块，选择“Create Arc”工具，然后用鼠标按顺时针或逆时针方向依次单击边界角点，绘制研究区的边界，在最后双击起始点，封闭区域。

(4) 创建多边形：选择“Feature Objects”菜单下的“Build Polygons”命令，

(5) 选择“Display”菜单下的“Drawing Grid Options”命令，取消“Snap to grid”和“Display grid lines”复选框，将“Grid line spacing increment”设置为1，“OK”。

(6) 选择“View”菜单下的“Oblique View”命令。

#### 3、创建地表TIN





##### 3.1 选择接触点：

单击“”进入Borehole模块，选择“Select Contacts”工具，在按下SHIFT的同时单击每个孔的顶部。

##### 3.2 创建TIN

选择“Boreholes”菜单下的“Contacts -> TIN”命令，然后选择“Auto-extrapolate only”选项，OK。

##### 3.3 隐藏TIN

转到TIN模式，选择Select TINs工具，并单击来选择TIN，选择Hide命令，返回Borehole模块。

##### 3.4 创建绿色层TIN




单击“”进入Borehole模块，选择“Select Contacts”工具，单击3G孔的绿/蓝界面。

3.4.1 自动选择接触面：选择“Boreholes”菜单下的“Auto Select”命令

##### 3.4.2 创建TIN

选择“Boreholes”菜单下的“Contacts -> TIN”命令，然后选择“Auto-extrapolate with trimming to selected boreholes”选项，OK。；输入名字“topgreen”。

##### 3.4.2 藏TIN

转到TIN模式，选择Select TINs工具，并单击来选择TIN，选择Hide命令，返回Borehole模块。

### 3.5 创建红色层TIN

单击进入Borehole模块，选择“Select Contacts”工具，单击4G孔的红/蓝界面；选择“Boreholes”菜单下的“Auto Select”命令；关闭“Match material above”选项；选择“Boreholes”菜单下的“Contacts -> TIN”命令，然后选择“Auto-extrapolate only”选项，OK；输入名字“topred”。转到TIN模式，选择Select TINs工具，并单击来选择TIN，选择Hide命令，返回Borehole模块。

### 3.6 创建蓝色层TIN

单击进入Borehole模块，选择“Select Contacts”工具，单击8G孔的红/蓝界面（上红下蓝）；选择“Boreholes”菜单下的“Auto Select”命令；选择“Boreholes”菜单下的“Contacts -> TIN”命令，然后选择“Auto-extrapolate with trimming to selected boreholes”选项，OK；输入名字“topblue2”。转到TIN模式，选择Select TINs工具，并单击来选择TIN，选择Hide命令，返回Borehole模块。

### 3.7 创建底层TIN

单击进入Borehole模块，选择“Select Contacts”工具，按下SHIFT键，依次选择8G孔的蓝/红下，6G的底面，7G的蓝/红，5G的蓝/红下，2G的底面；选择“Boreholes”菜单下的“Contacts -> TIN”命令，然后选择“Auto-extrapolate with trimming to selected boreholes”选项，OK；输入名字“botblue2”。转到TIN模式，选择Select TINs工具，并单击来选择TIN，选择Hide命令，返回Borehole模块。

### 3.12 创建红色立体

#### 3.12.1 创建立体

选择名字为“topred”的TIN，选择“Build TIN”菜单下的“Extrude TIN -> Solid”命令，输入“red”，在Elevation中输入-45.0。

#### 3.12.2 遮蔽立体

选择Shade命令，创建阴影；选择Refresh命令，则返回线框图。

### 3.13 创建兰色层



选择名称为“topblue2”的TIN，（可以用“Edit”菜单下的“Select from List”命令来选择），按下SHIFT键，选择名称为“botblue2”的TIN，选择“Build TIN”菜单下的“Fill Between TINs -> Solid”命令，输入“blue2”，OK。

### 3.14 去掉兰色层

此时，兰色层和红色层占据相同的空间，要创建准确的地层模型，必须在红色层中的兰色层位置做一个孔，这可用在红色层中减去兰色层来实现。



进入“Solid”模式，选择Select Solids工具，选择名称为“red”的立体，按下SHIFT键，选择名为“blue2”的立体，选择“Solids”菜单下的“Set Operations”命令，在“Operand #1”框架中选则Delete选项，选择减号，输入名称。选择Shade命令，创建阴影；选择Refresh命令，则返回线框图。

### 3.15 创建绿色立体


转到TIN模式，选择Select TINs工具，选择名为“topgreen”的TIN，按下SHIFT键，选择名为“topred”

的TINS，选择“*Build TIN*”菜单下的“*Fill Between TINs -> Solid*”命令，输入“green”，OK。

### 3.16 创建顶部兰色立体

转到TIN模式，选择Select TINs工具，选择名为“topblue1”的TIN，按下SHIFT键，选择名为“topgreen”的TINS及名为“topred”的TIN；选择“*Build TIN*”菜单下的“*Fill Between TINs -> Solid*”命令，输入“blue1”，OK。

### 3.17 显示立体图




选择Shade命令

### 3.18 切面


#### 3.18.1 创建切面

进入Solid模式，选择Create Cross Section工具，选择Plan View


#### 3.18.2 隐藏立体

选择Select Solids工具，从“Edit”菜单中选择“Select All”，选择Hide命令，进入“Oblique View”模式。

#### 3.18.3 删除所有钻孔

进入Boreholes模式，从“Edit”菜单中选择“DeleteAll”。

#### 3.18.4 删除多边形

进入Map模式，从“Edit”菜单中选择“DeleteAll”。

#### 3.18.5 显示立体剖面图

选择Shade命令

### 3.19 层边界

绿和兰色层边界在垂向上有突变，而不是渐变。边界的明显尖灭可以通过在创建立体之前用TIN的编辑工具改变TIN顶点坐标来实现。

### 3.20 删除立体和TIN


从“File”菜单中选择“New”命令，选择“No”。

## 第4章 2维地质统计

在GMS中，可以用2D Scatter Point模块进行2维插值。

### 4.3 输入离散点集

文件格式参见GMS File Formats文件中的Tabular Scatter Point File格式。

进入2D Scatter Point模块，从“File”菜单下选择“Import”命令，选择“tutorial\geos2\plumedat.sp2”文件。

### 4.4 改变显示模式

进入Display Options，选中Data colors，选择Scatter point symbols左侧的按钮，选择一种图形，OK，OK。颜色表示了污染物的浓度。

从“Data”菜单下选择“Color Ramp Options”命令，选中Show Color Legend选项，来显示图例。

### 4.5 创建限定网格

从“Scatter Points”菜单下选择“Bounding Grid”命令，输入X（60）、Y（40）方向上的数目，OK，

OK。



#### 4.6 选择插值方式

#### 4.7 线性插值


选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*Interp. Options command*” 命令，选择 “*Linear*” 选项，OK。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*to 2D Grid*” 命令，输入数据名 “*Linear*”，OK。

#### 4.8 绘制等值线

进入 “*2D Grid*” 模式 ，进入 *Display Options* ，选择 “*Contours*” 和 “*Fringes*”，关掉 “*Nodes*”，OK。


#### 4.9 映射高程

进入 “*Oblique View*” 模式 。选择 “*Data*” 菜单下的 “*Map Elevations*” 命令，选择名称为 “*linear*” 的数据集。

#### 4.10 阴影化网格

选择 *Shade* 命令 

#### 4.11 深谷插值

进入 *2D Scatter Point* 模块 ，选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*Interp. Options command*” 命令，选择 “*Clough-Tocher*” 选项，OK。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*to 2D Grid*” 命令，输入数据名 “*ct*”，选中 “*Map Elevations*”（可以将Z方向的数值直自动赋上），OK。

选择 *Shade* 命令 

#### 4.12 简单IDW插值

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*Interp. Options command*” 命令，选择 “*Inverse distance weighted*” 选项，选择 “*Inverse distance weighted*” 选项右侧的 “*Options*” 的按钮，在此对话框顶部的 “*Nodal function*” 框架中选择 “*Constant*”，在 “*Computation of interpolation weights*” 框架中选择 “*Use all points*”，OK，CLOSE。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*to 2D Grid*” 命令，输入数据名 “*idw\_const*”，OK。

选择 *Shade* 命令 

#### 4.14 带梯度面的IDW插值

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*Interp. Options command*” 命令，选择 “*Inverse distance weighted*” 选项，选择 “*Inverse distance weighted*” 选项右侧的 “*Options*” 的按钮，在此对话框顶部的 “*Nodal function*” 框架中选择 “*Quadratic*”，OK，CLOSE。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*to 2D Grid*” 命令，输入数据名 “*idw\_quad*”，OK。

选择 *Shade* 命令 

#### 4.15 截切

由于插值的问题，出现复数，这是不合实际的。可以利用截切的方法进行修正。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*Interp. Options command*” 命令，选择 “*Truncate values*” 选项，选择 “*Truncate to specified range*” 选项，输入最小和最大值，OK。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*to 2D Grid*” 命令，输入数据名 “*idw\_quad\_trunc*”，OK。


选择 *Shade* 命令 

#### 4.16 普通邻近插值

利用邻近点的拓扑关系进行插值，当离散点聚集时效果好。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*Interp. Options command*” 命令，选择 “*Natural neighbor*” 选项，选则右侧的 “*Options*” 的按钮，在此对话框顶部的 “*Bounding pseudo-points*” 框架中选择 “*Quadratic*”，在 “*Bounding pseudo-points*” 框架中取消 “*Extrapolate beyond convex hull*” 选项（保证区外的浓度为0），OK，CLOSE。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*to 2D Grid*” 命令，输入数据名 “nn”，OK。

选择Shade命令

#### 4.17 Kriging插值

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*Interp. Options command*” 命令，选择 “*Kriging*” 选项，选则其右侧的 “*Options*” 的按钮。

##### 4.17.1 创建实验方差图

选择 “*Edit Variograms*” 按钮，在 “*Variogram Editor*” 对话框右上部的 “*Experimental variogram editor*” 区的 “*New*” 按钮，OK。

##### 4.17.2 创建模拟方差图


创建实验方差图后，则需要创建模拟方差图。

在 “*Variogram Editor*” 对话框右下部的 “*Nested structure specification*” 区的 “*New*” 按钮，在对话框左边名为 “*Model functions*” 区中选择 “*Gaussian*” 选项，在名为 “*Model parameters*” 区中，为 “*Contribution*” 输入1965.0，为 “*Range*” 输入63.0，OK，CLOSE，CLOSE。

选择 “*Interpolation*” 菜单下的 “*to 2D Grid*” 命令，输入数据名 “krig”，OK。


选择Shade命令

#### 4.18 转换数据集

进入 “*2D Grid*” 模式，在 “*Data Set*” 组合框中选择 “*linear*” 项（等值线的网格变了，但是高程值仍

然是前一数据集中的数据，可以通过 “*Map Elevations*” 命令修改）。选择 “*Plan View*”。

用颜色填充等值线：

进入Display Options，关掉 “*Cells*”，选择 “*Grid boundary*”，选择 “*Contours*” 右侧的 “*Options*” 按钮，在对话框的左下角的 “*Contour method*” 区中选择 “*Color fill between contours*” 选项，OK。

#### 4.19 利用数据计算器

有时利用数据计算器（*Data Calculator*）比较插值所得的两组数据。

从 “*Data*” 菜单中选择 “*Data Calculator*” 命令，选择数据集，输入表达式：

在 “*Expression*” 字段中输入 “*abs(h-i)*”，在 “*Result*” 字段中输入 “*Difference*”，选择 “*Compute*” 按钮。

选择 “*Data Set Info*” 按钮，查看新的数据集的统计信息。OK，DONE。

#### 4.20 删除所有数据

从 “*File*” 菜单中选择 “*New*” 命令，选择 “*NO*”。

### 第5章 3维地质统计



#### 5.2 所需模块和界面

3D Scatter Point 3D Grid

#### 5.3 输入离散点集

文件格式参见GMS *File Formats*文件中的*Tabular Scatter Point File*格式。



进入3D Scatter Point模块，从“File”菜单下选择“Import”命令，选择“tutorial\geos3d\tank.sp3”文件，选择Oblique View模式.

#### 5.4 显示数据颜色

选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，选中“Data colors”选项，OK。选择“Data”菜单下的“Color Ramp Options”命令，选中“Show color legend”选项，OK。

#### 5.5 Z轴放大

从“View”菜单中选择“Z Magnification”命令，输入放大倍数。

#### 5.6 创建限界网格



从“Scatter Points”菜单下选择“Bounding Grid”命令，输入X(30)、Y(10)、Z(10)方向上的数目，并确认选中“Mesh Centered”。OK。

#### 5.7 简单IDW插值

选择“Interpolation”菜单下的“Interp. Options command”命令，选择“Inverse distance weighted”选项，选择“Inverse distance weighted”选项右侧的“Options”的按钮，在此对话框顶部的“Nodal function”框架中选择“Constant”，在“Computation of interpolation weights”框架中选择“Use subset of points”，在“Computation of interpolation weights”区选择“Subset”按钮，选择“Use nearest \_\_\_ points”，并为点数输入64。OK，CLOSE。

选择“Interpolation”菜单下的“to 3D Grid”命令，输入数据名“idw\_const”，OK。

#### 5.8 显示等值面

进入“3D Grid”模式，选择“Display Options”模式，关掉“Cells”选项，选中“Grid shell”、“Fringes”和“Isosurfaces”选项；选择“Isosurfaces”右边的“Options”按钮，在第一个编辑区中输入3000.0，选中值1和值2之间的“Cap”选项。OK，OK。

选择“Display”菜单下的“Shading Options”命令，选择“Hidden surface”选项，选择“Use light source”“Smooth features”和“Overlay edges”，OK。

选择Shade命令.

#### 5.9 删除内部边

从“Data”菜单中选择“Iso-Surface Options”命令，在对话框底部选中“Interior edge removal”。

选择Shade命令.

#### 5.10 边界指定范围

改变显示选项以更清楚的显示颜色差异。

选择“Data”菜单下的“Fringe Options”命令，选择“Color fringe specified range”选项，在“Minimum fringe value”中输入3000，在“Maximum fringe value”中输入9000。

选择Shade命令.

#### 5.11 用Z轴选项

进入3D Scatter Point模块，选择“Interpolation”菜单下的“Interp. Options command”命令，将“z scale”的值改为8。

选择“Interpolation”菜单下的“to 3D Grid”命令，输入数据名“idw\_const2”，OK。

选择Shade命令.

#### 5.12 带梯度面的IDW插值

选择 “Interpolation” 菜单下的 “Interp. Options command” 命令，选择 “Inverse distance weighted” 选项，选择 “Inverse distance weighted” 选项右侧的 “Options” 的按钮，在此对话框顶部的 “Nodal function” 框架中选择 “Gradient plane”，OK，CLOSE。

选择 “Interpolation” 菜单下的 “to 3D Grid” 命令，输入数据名 “idw\_gp”，OK。

选择Shade命令

### 5.13 带2次函数的IDW插值






选择 “Interpolation” 菜单下的 “Interp. Options command” 命令，选择 “Inverse distance weighted” 选项，选择 “Inverse distance weighted” 选项右侧的 “Options” 的按钮，在此对话框顶部的 “Nodal function” 框架中选择 “Quadratic”，在 “Computation of nodal function coefficients” 区中选择 “Use all points”，OK，CLOSE。

选择 “Interpolation” 菜单下的 “to 3D Grid” 命令，输入数据名 “idw\_quad”，OK。

选择Shade命令

### 5.14 其他插值方式


### 5.15 显示污染羽的截面

进入 “3D Grid” 模式，选择Side View命令，选择Create Cross Section 工具，切一截面，然后进入Oblique View模式，选择Display Options，关掉 “Iso-surfaces”，OK。选择 “Data” 菜单下的 “Cross Section Options” 命令，选择 “Interior edge removal” 和 “Fringes”，OK。选择 “Data” 菜单下的 “Fringe Options” 命令，取消 “Color fringe specified range”，OK。

选择Shade命令

### 4.16 截切Truncation

由于插值的问题，出现复数，这是不合实际的。可以利用截切的方法进行修正。

进入3D Scatter Point，选择 “Interpolation” 菜单下的 “Interp. Options command” 命令，选择 “Truncate values” 选项，选择 “Truncate to min/max of active data set” 选项，OK。选择 “Interpolation” 菜单下的 “to 3D Grid” 命令，输入数据名 “idw\_quad\_trunc”，OK。

选择Shade命令

### 5.17 建立移动切面影像循环

用Film Loop建立污染羽的动画显示。



#### 5.17.1 显示模式

进入 “3D Grid” 模式，选择Select Cross Sections工具，选择切面，选择 “Edit” 菜单下的 “Delete” 命令，OK。选择 “Data” 菜单下的 “Color Ramp Options” 命令，关掉 “Show color legend” 选项，OK。选择 “Data” 菜单下的 “Fringe Options” 命令，选择 “Color fringe specified range” 选项，为 “Minimum fringe value” 输入1000，为 “Maximum fringe value” 输入15000.0。OK。

#### 5.17.2 设置影像循环

选择 “Data” 菜单下的 “Film Loop” 命令，选择 “Setup” 按钮，选择 “Animate cutting plane” 选项，选中 “Z” 选项，OK。



#### 5.17.3 回放影像循环

选择 “Play”  按钮，选择Stop  停止动画。



### 5.18 建立移动等值线影像循环

在“*Film Loop*”对话框中选择“*Setup*”按钮,关掉“*Animate cutting plane*”选项,选中“*Animate iso-surface*”选项,为“*Begin value*”输入1000,为“*End value*”输入15000。选择“*Cap above*”选项,选择“*Display values*”选项。*OK*。

选择“*Play*”  按钮,选择*Stop*  停止动画。


选择“*Film Loop*”对话框中的“*Done*”按钮退出。

## 第6章 MODFLOW—网格化

在GMS中,有两种方法可以构建MODFLOW模拟:网格化和概念模型法。前者直接利用3D网格,在单个单元上使用源/汇项和其他模型参数;后者利用GMS中*Map*模块中的GIS工具建立概念模型,模型中的数据拷贝到网格中。

实例:面积,75000 ft × 75000 ft;参数见图。

### 6.4 创建网格

进入“*3D Grid*”模式 ,选择“*Grid*”菜单中的“*Create Grid*”命令,在名为“*X-dimension*”区域中的“*Length*”中输入75000,在“*Number cells*”中输入15;在名为“*Y-dimension*”区域中的“*Length*”中输入75000,在“*Number cells*”中输入15;在名为“*Z-dimension*”区域中的“*Length*”中输入15000,在“*Number cells*”中输入3; *OK*。

### 6.5 MODFLOW模拟的初始化

从“*MODFLOW*”菜单中选择“*New Simulation*”命令。

### 6.6 基本模块

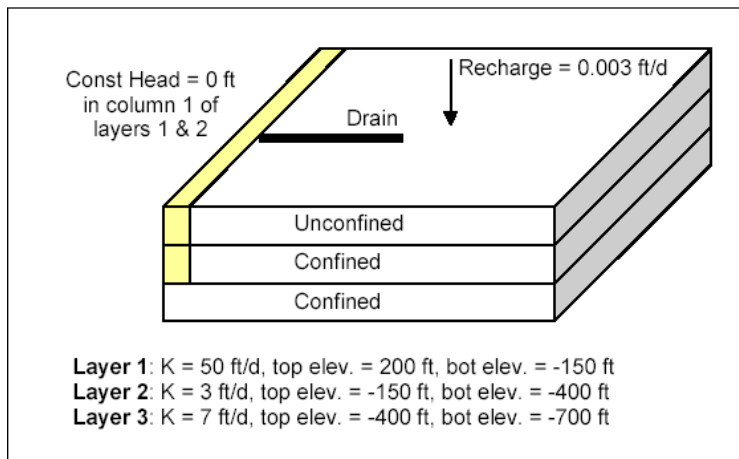
从“*MODFLOW*”菜单中选择“*Basic Package*”命令。

#### 6.6.1 标题

首先输入标题。在头文件的第一行中输入:“GMS MODFLOW Tutorial –Grid Approach”;在第二行中输入你的名字和日期。

#### 6.6.2 程序包

单击“*Packages*”按钮,在对话框中选择“*Drain*”、“*Well*”、“*Recharge*”模块,在“*Solver*”区中选择“*Strongly Implicit Procedure*”, *OK*。



#### 6.6.3 单位

单击“*Units*”按钮,为长度单位输入“*ft*”,时间单位输入“*d*”, *OK*。

#### 6.6.4 IBOUND数组

单击“*IBOUND*”按钮。

IBOUND>0:有效单元

IBOUND=0:无效单元

IBOUND<0:定水头单元

#### 6.6.5 初始水头

单击 “ *Starting Heads* ” 按钮。

#### 6.6.6 退出对话框

CLOSE。

#### 6.7 直接将IBOUND值赋给单元

利用 “ *Cell Attributes* ” 命令可以直接将IBOUND值赋给单元，首先选中单元（最左侧两层的单元）

##### 6.7.1 显示最左列

选择 *View the J Axis*  ,

##### 6.7.2 选择单元

选择 “ *Select Cells* ”  工具，拖拉鼠标选择。

##### 6.7.3 改变IBOUND值

从 “ *MODFLOW* ” 菜单中选择 “ *Cell Attributes* ” 命令，为 “ *IBOUND* ” 输入 -1 ;OK。在 “ *Graphics Window* ” 外单击，取消单元选择。

选择 “ *View the K Axis* ” 命令  ,

##### 6.7.4 检查值

从 “ *MODFLOW* ” 菜单中选择 “ *Basic Package* ” 命令。单击 “ *IBOUND* ” 按钮。

#### 6.8 BCF模块

从 “ *MODFLOW* ” 菜单中选择 “ *BCF Package* ” 命令。

##### 6.8.1 层的类型

##### 6.8.2 层的参数

##### 6.8.3 顶层

选择 “ *Top Elevation* ” 按钮，选择 “ *Constant -> Layer* ” 按钮，输入 200 , OK , OK。

然后以同种方法输入 : *Bottom Elevation* ( -150 ft )、 *Horizontal Hydraulic Conductivity* ( 50 ft/d )、 *Vertical Hydraulic Conductivity* ( 5 ft/d )。

##### 6.8.4 中间层

然后以同种方法输入 : *Bottom Elevation* ( -400 ft )、 *Horizontal Hydraulic Conductivity* ( 3 ft/d )、 *Vertical Hydraulic Conductivity* ( 0.5 ft/d )。

##### 6.8.5 底层

然后以同种方法输入 : *Bottom Elevation* ( -700 ft )、 *Horizontal Hydraulic Conductivity* ( 7 ft/d )、 *Vertical Hydraulic Conductivity* ( 1.5 ft/d )。


Close。

#### 6.9 Recharge模块

从 “ *MODFLOW* ” 菜单中的 “ *Source/Sink* ” 子菜单中选择 “ *Recharge Package* ” 命令，选择 “ *Constant -> Array* ” 按钮，输入值 0.003 , OK。OK。

#### 6.10 Drain模块

##### 6.10.1 选择单元

选择 “ *Select Cells* ”  工具，安下 SHIFT 键，用鼠标选择。

##### 6.10.2 指定Drain

从 “ *MODFLOW* ” 菜单中的 “ *Point Sources/Sinks* ” 命令，在 “ *Drain* ” 区选择 “ *Add* ” 选项，选择在 “ *conductance* ” 中输入 80000 , OK。


##### 6.10.3 指定Drain高程

从 “ *MODFLOW* ” 菜单中的 “ *Source/Sink* ” 子菜单中选择 “ *Drain Package* ” 命令，在 “ *elev.* ” 栏中

输入高程值，OK。


#### 6.11 井模块

##### 6.11.1 顶层井


选择“*Select Cells*”工具，安下SHIFT键，用鼠标选择。从“*MODFLOW*”菜单中的“*Point Sources/Sinks*”命令，在“*Well*”区选择“*Add*”选项，选择在“*Flow*”中输入-432000，OK。

##### 6.11.2 中间层井

单击左下侧的“”进入下一层。

选择“*Select Cells*”工具，安下SHIFT键，用鼠标选择。从“*MODFLOW*”菜单中的“*Point Sources/Sinks*”命令，在“*Well*”区选择“*Add*”选项，选择在“*Flow*”中输入-432000，OK。

##### 6.11.3 底层井

选择“*Select Cells*”工具，安下SHIFT键，用鼠标选择。从“*MODFLOW*”菜单中的“*Point Sources/Sinks*”命令，在“*Well*”区选择“*Add*”选项，选择在“*Flow*”中输入-432000，OK。

#### 6.12 保存模拟

从“*MODFLOW*”菜单中的“*Save As*”命令，输入文件名。

#### 6.13 运行MODFLOW

从“*MODFLOW*”菜单中的“*Run MODFLOW*”命令，OK。

#### 6.14 查看结果

从“*MODFLOW*”菜单中的“*Read Solution*”命令，OK。

##### 6.14.1 改变层

单击左下侧的“”进入下一层。      单击左下侧的“”进入上一层。

##### 6.14.2 颜色填充等值线

从“*Data*”菜单中选择“*Contour Options*”命令，在对话框左下角许选择“*Color fill between contours*”。

##### 6.14.3 显示颜色图例

从“*Data*”菜单中选择“*Color Ramp Options*”命令，在对话框左下角许选择“*Show color legend*”。

### 第7章 利用概念模型建立MODFLOW

#### 7.1 问题描述

#### 7.2 启动GMS

#### 7.3 所需模块和界面

3D Grid 模块 2D Scatter Point模块 Map模块 MODFLOW界面

#### 7.4 导入背景图

##### 7.4.1 读入图像文件

选择“*File*”菜单下的“*Open*”命令，打开文件“*tutorial\modfmap\start.gpr*”，单击Open按钮。


##### 7.4.2 IMAGE文件VSTIFF文件

装入TIFF文件则要进行注册，也就是选择IMAGE上的三个点并且输入其相应的实际坐标。

#### 7.5 特征目标（对象）

点、弧段、结点（弧段两端的点）、顶点（弧段中间的点）、面

#### 7.6 创建局部源 / 汇图层（Coverage）


进入Map模块，选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Coverages*”命令，将“*Default elevation*”改为700，将默认名字改为“*Sources/Sinks*”，将“*Coverage type*”改为“*MODF/MT3D/MODP*”，选择“*Options*”

按钮，检查图层类型是否是 *MODF/MT3D local sources/sinks*，OK。

#### 7.6.1 定义单位

单击 “Units” 按钮，为长度单位输入 “ft”，时间单位输入 “d”，OK。

#### 7.6.2 定义边界

选择 “Create Arc” 工具 ，沿边界造弧，（退一点时按 *Backspace* 键，取消造弧时按 *ESC* 键），最后在始点双击。

#### 7.6.3 拷贝边界

首先为每一层创建水力传导度图层：

选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Coverages” 命令，选择 “Copy” 命令，将新图层名改为 “Layer1”，选择 “Options” 按钮，将 “Coverage type” 改为 “MODF/MT3D/MODP layer attributes”，OK。当图层 *Layer 1 coverage* 高亮度显示时，再次按 “Copy” 按钮，将新图层名改为 “Layer2”，选择 “Options” 按钮，将 “Coverage type” 改为 “MODF/MT3D/MODP layer attributes”，在中间对话框中，将 “Assign from layer” 和 “to layer” 均改为 2，OK。



然后创建补给多边形图层：

选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Coverages” 命令，选择 “Copy” 命令，将新图层名改为 “Recharge”，选择 “Options” 按钮，将 “Coverage type” 改为 “MODF/MT3D/MODP areal attributes”，OK。


最后：

选择 “Sources/Sinks” 图层，单击 OK，退出 *Coverages* 对话框。


#### 7.6.4 定义指定水头弧段


首先选择 “Select Vertices” 工具 ，选择两个顶点，选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Vertices <-> Nod” 命令；选择 “Select Arcs” 工具 ，选择弧段，选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Attributes”，选择 “Specified Head”，在底部对话框的第二个文本框内输入 2，单击 OK。

然后指定水头值（为弧段两端点指定水头值，假设其间的水头线性变化）：

选择 “Select Points/Nodes” 工具 ，双击南部边界左侧的端点，输入值（697.0），OK。输入其他 2 个交点的水头值。

#### 7.6.5 定义排水沟弧段

选择 “Create Arc” 工具 ，沿排水沟造弧，（退一点时按 *Backspace* 键，取消造弧时按 *ESC* 键），最后在终点双击。

选择 “Select Arcs” 工具 ，选择弧段，选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Attributes”，选择 “Drain”，在文本框内输入 6000.0，单击 OK。


然后指定排水沟的高程值（为弧段两端点指定高程值，假设其间的水头线性变化）：

选择 “Select Points/Nodes” 工具 ，双击弧段的端点，输入值，OK。


#### 7.6.6 创建多边形

先选择弧段，然后选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Build Polygons” 命令。然后选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Display Options” 命令，选择 *Polygons (Fill)* 选项，可以显示区。

#### 7.6.7 创建井

选择 “Create Point” 工具 ，在井位处单击，要准确定位则可以输入坐标值；选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Attributes”，选择 “Well”，在文本框内输入开采量，并确定开采层位，单击 OK。

## 网格细化：



选择 “*Select Points/Nodes*” 工具 ，选择所有井，选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Attributes*”，单击 “*Refine Point*” 按钮，选择 “*Refine grid in X direction*” 选项，为 *Base cell size* 输入 75，为 *Max cell size* 输入 500；选择 “*Refine grid in Y direction*” 选项，为 *Base cell size* 输入 75，为 *Max cell size* 输入 500；OK。

### 7.7 刻画补给区

#### 7.7.1 选择Recharge图层

从Coverage组合框中选择Recharge图层

#### 7.7.2 创建垃圾填埋场边界

选择 “*Create Arc*” 工具 ，选择 “*Select Points/Nodes*” 工具 ，选择端点，输入准确的坐标值，

选择 “*Select Vertices*” 工具 ，依次选择4个端点。

#### 7.7.3 创建多边形

先选择弧段，然后选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Build Polygons*” 命令。然后选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Display Options*” 命令，选择 *Polygons (Fill)* 选项，可以显示区。

#### 7.7.4 指定补给值

选择 *Select Polygons* 工具 ，双击补给区，输入补给强度；双击外围区，输入外围区的补给强度。

### 7.8 定义水力传导系数

#### 7.8.1 顶层

从Coverage组合框中选择Layer 1图层。后选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Build Polygons*” 命令。双击区，输入水平和垂直渗透系数。

#### 7.8.2 底层

从Coverage组合框中选择Layer 2图层。后选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Build Polygons*” 命令。双击区，输入水平和垂直渗透系数。

从Coverage组合框中选择 “*Sources/Sinks*” 图层。

### 7.9 装入网格边框

选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Grid Frame*” 命令，选择 “*New Frame*” 按钮，然后用拖拉或输入数值确定边界。

### 7.10 创建网格

选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Map -> 3D Grid*” 命令，输入数值。

### 7.11 指定有效单元

选择 “*Feature*

*Objects*” 菜单下的 “*Activate Cells in Coverage(s)*” 命令。

### 7.12 初始化MODFLOW的值


进入3D Grid模式 ，选择 “*MODFLOW*” 菜单下的 “*New Simulation*” 命令。

### 7.13 转换概念模型

转到Map模块 ，选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Map -> MODFLOW*” 命令，确定选中 “*All applicable coverages*” 选项，OK。

### 7.14 层的高程插值

#### 7.14.1 导入地面高程离散数据文件

转到2D Scatter Point模式 ，选择 “*File*” 菜单下的 “*Import*” 命令，打开 “*tutorial\modfmap\ terrain.sp2*”

文件。

#### 7.14.2 计算初始水头数据集

通过将地面高程减少10ft作为初始水头值。

选择“Data”菜单下的“Data Calculator”命令，在“Expression”字段中输入计算公式“a-10”，在“Result”字段输入结果名“starting head”，单击“Compute”按钮，单击“Done”按钮退出。

#### 7.14.3 高程和水头插值

选择“Interpolation”菜单下的“to MODFLOW Layers”命令，对话框上部左侧为数据文件名，右侧为其相应的用途（MODFLOW中的数据名）。

选择数据集名及其相应的用途名，单击“Map”按钮，单击“OK”进行插值。



#### 7.14.4 导入层底高程离散数据文件

选择“File”菜单下的“Import”命令，打开“tutorial\modfmap\elevs.sp2”文件。


#### 7.14.5 层底高程插值

选择“Interpolation”菜单下的“to MODFLOW Layers”命令，对应关系已经默认。



#### 7.14.6 调整显示

选择Select Scatter Point Sets工具，在离散点符号周围拖拉一个矩形框，选择Hide命令。

关掉网格外框（模拟边界）的显示：

转到Map模块，选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，关掉“Grid frame”选项。

#### 7.14.7 显示模型剖面

转到3D Grid模块，选择靠近模型中心的一个单元，选择View J Axis命令，要更好的显示，可以调整垂向比例，选择“View”菜单下的“Z Magnification”命令，输入放大值，OK。通过由下方的两个水平方向的箭头可以看不同列的剖面。

#### 7.14.8 修正高程值

选择“MODFLOW”菜单下的“Check Simulation”命令，单击“Run Check”按钮，选择“Fix Layer Errors”按钮。则出现错误信息，并提供了修正方法。选择“Truncate to bedrock”按钮，单击“Fix Affected Layers”按钮，OK，Done。

同样通过可以看水平切面。

#### 7.15 检查模拟

在运行前应该运行MODFLOW Model Checker多次，

选择“MODFLOW”菜单下的“Check Simulation”命令，单击“Run Check”按钮，

#### 7.16 保存工程

#### 7.17 运行MODFLOW


选择“MODFLOW”菜单下的“Run MODFLOW”命令。

#### 7.18 显示水头等值线


选择“MODFLOW”菜单下的“Read Solution”命令。

改变等值线颜色：

选择“Data”菜单下的“Contour Options”命令，单击“Contour color”按钮，单击“Color”窗口，选择颜色，OK。



单击右下部的按钮可以看第二层的水头等值线。


#### 7.19 显示侧面上的水位线

在图中任选一点，单击。




#### 7.20 查看流量均衡





进入Map模块，选择Select Arcs工具，单击最右侧的排水沟弧段，则通过该排水沟的总流量显示在底部倒数第二条带上。通过按下SHIFT键可以选择多条弧段，显示单元流量：

转到3D Grid模块，选择一些单元，选择“Data”菜单下的“Flow Budget”命令。

#### 7.21 添加注释

进入Map模块，选择Create Text工具，在添加注释的地方单击，输入文本，选择是否填充和字体颜色等。利用Select Drawing Objects工具可以选择注释，并进行编辑修改。

通过创建Create Line线工具，绘制线，然后利用利用Select Drawing Objects工具可以选择该线，双击，在Arrowheads区内选择适当的箭头。

### 第8章 MODPATH

#### 8.1 问题描述

#### 8.2 开始

#### 8.3 所需模块




#### 8.4 打开工程

选择“File”菜单下的“Open”命令，打开“tutorial\modfmap\sample\ sample.gpr”文件。

#### 8.5 初始化MODPATH模拟

进入3D Grid模块，选择“MODPATH”菜单下的“New Simulation”命令。

#### 8.6 指定参数

转到Map模块，在GMS窗口中的Coverages组合框中选择“Layer 1”，选择Select Polygons工具，双击该层多边形，选中“Aquifer Porosity”选项，并输入值，OK。在GMS窗口中的Coverages组合框中选择“Layer 2”，选择Select Polygons工具，双击该层多边形，选中“Aquifer Porosity”选项，并输入值，OK。

##### 8.6.1 为单元指定参数

选择“Feature Objects”菜单下的“Map -> MODPATH”命令，OK。

#### 8.7 指定起始位置

##### 8.7.1 选择单元

进入3D Grid模块，选择↓进入第二层，选择Zoom工具，选择Select Cells工具，选择单元。

##### 8.7.2 创建起始位置

选择“MODPATH”菜单下的“Generate Particles”命令，选择“Distribute starting points on cell faces”选项，输入点数，OK。

保存显示：

选择Frame工具；单击↑返回上一层。

#### 8.8 指定跟踪方向

选择“MODPATH”菜单下的“General Options”命令，在对话框的顶部，选择“Backward”选项，OK。

#### 8.9 保存模拟



选择“MODPATH”菜单下的“Save As”命令，输入保存的文件名“path1.rsp”，单击“OK”按钮。

#### 8.10 运行MODPATH

选择“MODPATH”菜单下的“Run MODPATH”命令，单击“Save”按钮。

#### 8.11 查看结果

选择“MODPATH”菜单下的“Read Solution”命令。


在图中任选一点，单击，可从侧面看。同样通过可以看水平切面。

#### 8.12 从垃圾场追踪颗粒


##### 8.12.1 改变跟踪方向

选择“MODPATH”菜单下的“General Options”命令，在对话框的顶部，选择“Forward”选项，OK。

##### 8.12.2 删除原来的颗粒

选择Select Starting Locations工具，用鼠标拖拉选择示踪源，按Backspace键或选择“Edit”菜单下的“Delete”命令删除，OK，OK。

##### 8.12.3 指定新的起始位置

在GMS窗口中的Coverages组合框中选择“Recharge”，选择Select Cells工具，拖拉鼠标选择单元。选择“MODPATH”菜单下的“Generate Particles”命令，选择“Distribute starting points on w.t. surface”选项，OK。

#### 8.13 保存模拟

选择“MODPATH”菜单下的“Save As”命令，输入保存的文件名“path2.rsp”，单击“OK”按钮。

#### 8.14 运行MODPATH

选择“MODPATH”菜单下的“Run MODPATH”命令，单击“Save”按钮。

#### 8.15 查看结果

选择“MODPATH”菜单下的“Read Solution”命令。

### 第9章 MT3DMS

进行MT3DMS模拟之前必须先建立水流模型（根据前面所介绍的MODFLOW使用说明）。

#### 9.5 建立溶质运移模型

##### 9.5.1 初始化模拟

选择“MT3D”菜单下的“New Simulation”命令。

##### 9.5.2 基本运移模块

选择“MT3D”菜单下的“Basic Transport Package”命令。

标题：输入注释说明及作者姓名、日期等

物种：

选择“Define Species”按钮，单击“New”按钮，给物种命名，OK。

模块：

单击“Packages”按钮，选中“Advection Package”选项，选中“Dispersion Package”选项，选中“Source/Sink Mixing Package”选项，OK。

应力期：

单击“Stress Periods”按钮，将“Length”字段改为365（模拟时间长度）；保证Transport step size的值为0（0表示MT3DMS自动计算适宜的时间步长）；OK。

输出控制：

单击“Output Control”按钮，选中“Print or save at specified interval”选项，指定间隔大小，OK。

浓度边界数组ICBUND：

初始浓度数组：

HTOP和厚度数组：从MODFLOW模型中自动获取。

孔隙度数组：

### 9.5.3 对流模块

选择“*MT3D*”菜单下的“*Advection Package*”命令，在“*Solution schem*”下拉框中选择“*Third order TVD scheme (ULTIMATE)*”，*OK*。

### 9.5.4 弥散模块

选择“*MT3D*”菜单下的“*Dispersion Package*”命令，单击“*Longitudinal Dispersivity*”按钮，选择“*Constant -> Grid*”选项，输入纵向弥散系数值，*OK*；分别为“*Ratio of trans. dispersivity to long. dispersivity*”和字段“*Ratio of vert. dispersivity to long. dispersivity*”输入横/纵和垂/纵弥散度比例值。

### 9.5.5 源/汇项模块

选择单元，选择“*MT3D*”菜单下的“*Point Sources/Sinks*”命令，打开“*Well*”选项，输入浓度，*OK*。

### 9.5.6 保存模拟

选择“*MT3D*”菜单下的“*Save As*”命令。

### 9.5.7 运行MT3DMS

选择“*MT3D*”菜单下的“*Run MT3DMS*”命令。

### 9.5.8 读入结果

选择“*MT3D*”菜单下的“*Read Solution*”命令。

### 9.5.9 改变等值线选项

选择“*Data*”菜单下的“*Contour Options*”命令，打开“*Color fill between contours*”选项，*OK*。

### 9.5.10 设置影像循环


选择“*Data*”菜单下的“*Film Loop*”命令，单击“*Setup*”按钮，打开“*Display clock*”选项，选择“*Use constant interval*”选项，并将“*Time interval*”的值改为所要的值，*OK*。

## 第10章 MT3DMS——概念模型方法

### 10.4 导入工程

选择“*File*”菜单下的“*Open*”命令，打开“*tutorial\modfmap\sample\ sample.gpr*”文件。

### 10.5 初始化MT3DMS模拟

转到3D Grid模式，选择“*MT3D*”菜单下的“*New Simulation*”命令，选择“*MT3D*”菜单下的“*Basic Transport Package*”命令。

#### 10.5.1 指定单位

单击“ ”按钮，选择适当的单位（slug for mass, ppm for concentration）。

#### 10.5.2 定义物种

单击“*Define Species*”按钮，输入物种名。

#### 10.5.3 定义应力期

单击“*Stress Periods*”按钮；输入适当的值。

#### 10.5.5 设定输出控制



单击“*Output Control*”按钮；选择“*Print at specified time*”选项，单击“*Times*”按钮，单击“*Initialize Values*”按钮，输入适当的值；*OK*。


#### 10.5.6 选择模块

单击“*Packages*”按钮；选择“*Advection package*”、“*Dispersion package*”和“*Source/Sink Mixing package*”选项，*OK*。

### 10.6 指定含水层参数


#### 10.6.1 按区赋参数

转到Map模块，在GMS窗口中的Coverages组合框中选择“*Layer 1*”，选择Select Polygons工具，双击该层多边形，选中“*Aquifer Porosity*”选项，并输入值，选择“*Longitudinal dispersivity*”选项，并输

入数值, OK。在GMS窗口中的Coverages组合框中选择“Layer 2”, 选择Select Polygons工具, 双击该层多边形, 选中“Aquifer Porosity”选项, 并输入值, 选择“Longitudinal dispersivity”选项, 并输入数值, OK。

#### 10.7 指定补给浓度值

在GMS窗口中的Coverages组合框中选择“Recharge”

, 选择Select Polygons工具, 双击该层多边形, 在“Recharge”区的“Contaminant concentration”文本框内输入浓度值。OK。


#### 10.8 转换概念模型

选择“Feature Objects”菜单下的“Map -> MT3DMS”命令, 保证“All applicable coverages”选中, OK。

#### 10.9 层的厚度

MT3DMS需要HTOP数组来指定最上部含水层的顶板高程; 并为各层输入厚度值。由于此处采用“true layer”技术, 系统自动赋值。

#### 10.10 对流模块

转到3D Grid模式, 选择“MT3D”菜单下的“Advection Package”命令, 采用“Method of Characteristics (MOC)”求解方案, OK。

#### 10.11 弥散模块

选择“MT3D”菜单下的“Dispersion Package”命令。纵向弥散系数自动赋值, 其他三个参数则需要人工赋值:

Ratio of transverse disp. to long. disp. : 0.2

Ratio of vert. disp. to long. disp. : 0.2

Effective molecular diff. Coefficient : 0

dispersivity ratios : 0.2

进入第2层, 输入同样的值。

#### 10.12 源/汇项模块

此处已经由概念模型自动赋值。

#### 10.13 保存模拟

选择“MT3D”菜单下的“Save As”命令, 输入文件名。

#### 10.14 运行

选择“MT3D”菜单下的“Run MT3DMS”命令。

#### 10.15 查看结果

选择“MT3D”菜单下的“Read Solution”命令, OK。在窗口顶部的TS组合框内选择最后一步。

用颜色填充等值线: 选择“Data”菜单下的“Contour Options”命令, 选择“Contour specified range”选项。

#### 10.16 设置影像循环

选择“Data”菜单下的“Film Loop”命令, 单击“Setup”按钮, 打开“Display clock”选项, 选择“Use constant interval”选项, 并将“Time interval”的值改为所要的值, OK。

#### 10.17 模拟吸附和衰变

##### 10.17.1 选中化学反应选项Chemical Reactions Package

选择“MT3D”菜单下的“Basic Transport Package”命令, 单击“Packages”按钮, 选择“Chemical reaction package”选项, OK。

##### 10.17.2 输入吸附和生物降解数据

选择“MT3D”菜单下的“Chemical Reaction Package”命令, 在“Sorption”区中选择“Linear isotherm”

选项，在“*Kinetic rate reaction*”区中选择“*First-order irreversible kinetic reaction*”选项，分别为各层输入数据（层的选择通过对话框下部的框架顶部带有上下箭头的列表框），OK。

#### 10.18 保存模拟

选择“*MT3D*”菜单下的“*Save As*”命令。

#### 10.19 运行MT3DMS


选择“*MT3D*”菜单下的“*Run MT3DMS*”命令。

#### 10.20 查看结果


选择“*MT3D*”菜单下的“*Read Solution*”命令，OK。在窗口顶部的TS组合框内选择最后一步。

#### 10.21 绘制时间历时曲线

##### 10.21.1 创建观测图层

转到Map模块，选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Coverages*”命令，单击“*New*”按钮，输入图层名，将图层的类型改为“*Observation*”，单击“*Options*”按钮，单击“*New*”按钮，输入名称，OK。

##### 10.21.2 创建观测点

选择Create Point工具，在窗口中单击添加点，并通过编辑框输入准确的坐标，保持该点处于被选中状态，选择“*Feature Object*”菜单下的“*Attributes*”命令，选中“*Assign to specified layer*”选项，并选择layer 2，OK。

##### 10.21.3 创建时间序列图


然后，创建时间序列图：保持该点处于被选中状态，选择“*Display*”菜单下的“*Obs. Plot Options*”命令，单击“*New*”按钮，在“*Plot type*”列表框中选择“*Time series*”，OK。

最后，选择“*Display*”菜单下的“*Show Plot Window*”命令，选择Frame命令.

##### 10.21.4 绘制多条曲线

选择“*Display*”菜单下的“*Obs. Plot Options*”命令，单击“*Options*”按钮，选择“*Use selected data set*”选项，选择要显示的物种名称，选中“*Display*”选项。

##### 10.21.5 移动观测点

选择Select Points/Nodes工具，拖动点。

### 第11章 SEAM3D

SEAM3D是一个用于模拟涉及多酶化作用和多电子接受剂的复杂生物降解的反应溶质运移模型。它基于MT3DMS程序，并添加了生物降解和NAPL溶解模块。


#### 11.1 问题描述

模拟NAPL（包括：苯和甲苯（benzene and toluene））的污染羽的分布。

#### 11.2 启动GMS

#### 11.3 所需模块和界面

#### 11.4 导入水流模型

转到3D Grid模式，选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Read Simulation*”命令，打开MODFLOW模拟文件（tutorial\seam3d\flowmod.mfs），选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Read Solution*”命令查看水流模拟结果，OK。

#### 11.5 初始化SEAM3D模拟

选择“*MT3D*”菜单下的“*New Simulation*”命令。

SEAM3D、RT3D和MT3DMS都用MT3D菜单。

#### 11.6 基本运移模块

选择“*MT3D*”菜单下的“*Basic Transport Package*”命令，在“*Model*”区内选择“*SEAM3D*”选项。

标题：输入注释说明及作者姓名、日期等

#### 11.6.1 指定单位

长度和时间单位在MODFLOW中已经定义，在此只需定义质量和浓度单位：

单击“Units”按钮，选择适当的单位。

#### 11.6.2 设定应力期

单击“Stress Periods”按钮，将“Length”字段改为2000（模拟时间长度）；保证Transport step size的值为0（0表示MT3DMS自动计算适宜的时间步长）；OK。

#### 11.6.3 选择模块

单击“Packages”按钮，选中如下模块：

Advection Package

Dispersion Package

Source/Sink Mixing Package

Chemical Reaction Package

Biodegradation Package

NAPL Dissolution Package

OK。

#### 11.6.4 指定物种

选择“Define Species”按钮，将“Nondegradable Tracers”改为2，将“Hydrocarbon Substrates”改为2，在“Microbial Processes”区内打开“SO<sub>4</sub> reduction”选项，在“Products to track”区内打开“H<sub>2</sub>S”选项，单击“New”按钮，给物种命名，OK。

在“Names”列表框内选择“Tracer1”，并改变其名字为“Tracer (Conservative)”；选择“Tracer2”，并改变其名字为“Tracer (Non-Conservative)”；选择“Substrate1”，并改变其名字为“Benzene”；选择“Substrate2”，并改变其名字为“Toluene”；OK。

#### 11.6.5 输出控制：

单击“Output Control”按钮，选中“Print at specified times”选项，单击“Times”按钮，单击“Initialize Values”按钮，为“Initial time step size”输入适当的值（100），为“Maximum time step size”输入适当的值（100），为“Maximum simulation time”输入适当的值（2000），OK，OK，OK。

#### 11.6.6 输入孔隙度

单击“Porosity”按钮，单击“Constant -> Grid”按钮，输入适当的值（0.25），OK。

#### 11.6.7 初始浓度

必须为每一物种赋初始浓度（其中O<sub>2</sub>（4.0），SO<sub>4</sub>（9.0），和H<sub>2</sub>S（0.01）要赋背景值）：

在列表框中选择“O<sub>2</sub>”，单击“Starting Concentration”按钮，单击“Constant -> Grid”按钮，输入适当的值，OK；依次输入O<sub>2</sub>（4.0），SO<sub>4</sub>（9.0），和H<sub>2</sub>S（0.01）。

#### 11.7 对流模块


通常要输入适当的值。但对于该例子，默认值“Third order TVD scheme (ULTIMATE)”即可。

选择“MT3D”菜单下的“Advection Package”命令，在“Solution schem”下拉框中选择“Third order TVD scheme (ULTIMATE)”，OK。

#### 11.8 弥散模块

选择“MT3D”菜单下的“Dispersion Package”命令，单击“Longitudinal Dispersivity”按钮，选择“Constant -> Grid”选项，输入纵向弥散系数值，OK；分别为“Ratio of trans. dispersivity to long. dispersivity”和字段“Ratio of vert. dispersivity to long. dispersivity”输入横/纵和垂/纵弥散度比例值。

#### 11.9 源/汇项模块

通过工具选择单元，选择“MT3D”菜单下的“Point Sources/Sinks”命令，打开“Constant head”选项，依次在列表框内选择O<sub>2</sub>（4.0），SO<sub>4</sub>（9.0），和H<sub>2</sub>S（0.01）并输入相应的背景浓度，OK。

#### 11.10 化学反应模块Chemical Reactions Package




选择“*MT3D*”菜单下的“*Chemical Reaction Package*”命令,在“*Sorption*”区中选择“*Linear isotherm*”选项,输入比重*Bulk density*( $5\text{e-}7$ );从列表框中选择“*Tracer (Non-Conservative)*”,输入“*1st sorption constant*”值( $5.0\text{e-}9$ ),同样给“*Benzene*”和“*Toluene*”赋值(都为 $5.0\text{e-}9$ ),OK。

#### 11.11 NAPL溶解模块

对污染物从污染羽中逐渐溶解到地下水中,在MT3DMS中可通过定浓度单元、注水井或补给来模拟,但是此法并不理想;NAPL溶解模块则比较理想。

##### 11.11.1 选择单元

单击Select Cells工具,选择“*Grid*”菜单下的“*Find Cell*”命令,输入单元的(I, J, K)值,然后拖拉选择所要的单元(污染羽中的单元)。

##### 11.11.2 指定浓度

选择“*MT3D*”菜单下的“*Point Sources/Sinks*”命令,在对话框的底部选择“*NAPL*”选项,为“*Initial concentration*”输入适当的值(2000),为“*Dissolution rate*”输入适当的值(3.0),OK。

##### 11.11.3 输入NAPL数据

选择“*MT3D*”菜单下的“*NAPL Dissolution Package*”命令,将“*Number of tracers in NAPL*”的值改为适当的值(2),将“*Number of hydrocarbons in NAPL*”的值改为适当的值(2),在对话框的底部为“*Inert fraction molecular weight*”输入适当的值(150),依次选择左侧列表框内各项,分别输入相应的“*Initial mass fraction*”、“*Solubility*”和“*Molecular weight*”值(0.1, 4400, 110),OK。

#### 11.12 生物降解模块(Biodegradation package)

需要输入:给水度(yield coefficients),阻碍系数(inhibition coefficients),和控制苯和甲苯降解的参数。

选择“*MT3D*”菜单下的“*Biodegradation Package*”命令,

##### 11.12.1 最小浓度

选择“*El. Acc.*”表单,为“*Number of bio steps per transport step*”输入值(2),为“*Microcolony minimum concentration*”输入值(0.001);从文本框内选择“*Benzene*”并输入其*Minimum concentration*最小浓度值(0.01),从文本框内选择“*Toluene*”并输入其*Minimum concentration*最小浓度值(0.05),从文本框内选择“*O2*”并输入其*Minimum concentration*最小浓度值(0.1),从文本框内选择“*SO4*”并输入其*Minimum concentration*最小浓度值(0.2),

##### 11.12.2 电子接受体系数

选择“*Min. Conc.*”表单,为“*SO4-O2*”的“*Inhibition coefficient*”输入值(0.5),选择下部文本框内每一项并输入它们的“*Yield coefficient*”值(*O2-Benzene*: 0.5; *O2-Toluene*: 0.4; *SO4-Benzene*: 0.15; *SO4-Toluene*: 0.1)

##### 11.12.3 生成系数generation coefficient

输入H<sub>2</sub>S的生成系数:选择“*Gen. Coeffs.*”表单,为“*Inhibition coefficient*”输入值(0.15)

##### 11.12.4 利用系数(use coefficients)

输入电子接受体的利用系数:选择“*Use Coeffs.*”表单,选择左上部文本框内每一项并输入它们的“*Elec. acceptor use coeff.*”值(*O2-Benzene*: 3.0; *O2-Toluene*: 3.2; *SO4-Benzene*: 8.0; *SO4-Toluene*: 8.2)

##### 11.12.5 饱和常数(saturation constants)

选择“*Sat. Const.*”表单,选择第一个文本框内每一项并输入它们的“*Hydro. half sat. const.*”值(*O2-Benzene*: 1.0; *O2-Toluene*: 2.0; *SO4-Benzene*: 1.0; *SO4-Toluene*: 2.0);选择第二个文本框内每一项并输入它们的“*Elec. acc. half sat. const.*”值(*O2*: 0.1; *SO4*: 0.5)

##### 11.12.6 速率

选择“*Rates*”表单,确保对话框的“*Death Rate*”部分的“*Calculated by model*”选项被选中;选择第二个文本框内每一项并输入它们的“*Max. specific rate of substrate utilization*”值(*O2-Benzene*: 0.5; *O2-Toluene*: 0.05; *SO4-Benzene*: 0.005; *SO4-Toluene*: 0.0)

##### 11.12.7 初始浓度

利用默认值 (0)。

#### 11.13 保存和运行

选择“MT3D”菜单下的“Save As”命令。选择“MT3D”菜单下的“Run MT3DMS”命令

#### 11.14 读入结果

选择“MT3D”菜单下的“Read Solution”命令。

#### 11.15 设置等值线选项

选择“Data”菜单下的“Contour Options”命令，打开“Color fill between contours”选项，单击“Color Ramp Options”按钮，打开“Show color legend”选项，OK

#### 11.16 查看浓度等值线


首先看最后时刻(2000d后)conservative tracer的解：从GMS窗口的“Data Set”组合框内选择“Tracer (Conservative)”数据集，从“TS”中选择时刻，该图则显示了没有吸附没有化学反应的浓度等值线。它可以作为比较其他污染物的基准。

通过“Data Set”组合框显示其他物种。

non-conservative tracer表示有吸附，但无反应。

#### 11.17 绘制时间历时曲线

首先：

转到Map模块，选择“Feature Objects”菜单下的“Coverages”命令，单击“New”按钮，输入图层名，将图层的类型改为“Observation”，单击“Options”按钮，单击“New”按钮，输入名称，OK。

然后：创建观测点


选择Create Point工具，在窗口中NAPL的下游单击添加点。

然后，创建时间序列图：

保持该点处于被选中状态，选择“Display”菜单下的“Obs. Plot Options”命令，单击“New”按钮，在“Plot type”列表框中选择“Time series”，OK。

最后，选择“Display”菜单下的“Show Plot Window”命令，选择Frame命令.

##### 11.17.1 移动观测点

选择Select Points/Nodes工具，拖动点。

##### 11.17.2 绘制多条数据线

选择“Display”菜单下的“Obs. Plot Options”命令，单击“Options”按钮，选择“Use selected data set”选项，选择要显示的物种名称，选中“Display”选项，OK；打开“Curve legend”选项，OK。

#### 11.18 其他显示

选择“Data”菜单下的“Film Loop”命令，可以制作影像循环放映。

## 第12章 定义层的数据

### 12.1 开始

选择“File”菜单下的“New”命令。

### 12.2 所需模块/界面

Map模块；2D Scatter Point模块；3D Grid模块.

### 12.3 利用“True Layer”模式


对于多层MODFLOW模型，要根据每个层的类型来赋参数。GMS可自动计算某些参数。层的参数可以通过两种方式输入：直接输入数组或“true layer”模式。对于“true layer”模式，用户需要输入顶底板高程及水平和垂直渗透系数。

### 12.4 通过插值



利用GMS中“2D Scatter Point”模块的“Interpolation”菜单下的“to MODFLOW”命令对二维离散数据进行插值，并通过“Model Checker”检查错误。

## 12.5 实例

### 12.6 创建网格

转到3D Grid模式，选择“Grid”菜单下的“Create Grid”命令，输入如下值：

	X-Dimension	Y-Dimension	Z-Dimension
Origin	500	500	0
Length	2500	1500	600
# Cells	50	30	3

选择View I Axis工具查看剖面：选择View K Axis工具返回平面。

### 12.7 例1——完整层

如图12.1所示，该模型包含3层，且3层都扩展到整个区。

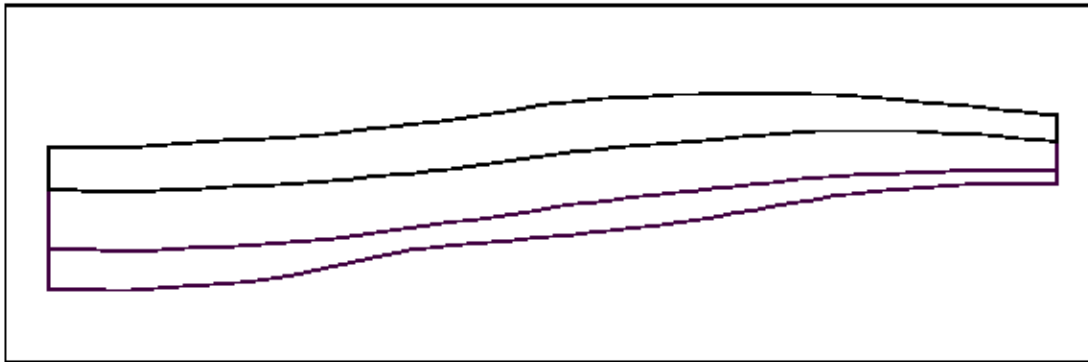


Figure 12.1 Typical East/West Cross Section For Case 1.


#### 12.7.1 导入离散点数据

离散点数据文件可以通过Microsoft Excel输入，保存成以TAB分隔的文本文件(扩展名为“.sp2”)，如图12.2。其中ID列可以不要，上一层的底等于下一层的顶。

然后导入离散点数据文件：选择“File”菜单下的“Import”，打开“tutorial\layerdata\case1.sp2”文件。

#### 12.7.2 对高程值进行插值



在插值前，需要初始化MODFLOW数据：选择“MODFLOW”菜单下的“New Simulation”命令。

转到2D Scatter Point模块，选择“Interpolation”菜单下的“to MODFLOW Layers”命令，将对话框左上部列表内数据集与右侧的MODFLOW数组对应，单击“Map”按钮进行映射，结果在下部列表中，若要修改映射，可单击“Unmap”按钮，取消映射，然后重新映射。

id	x	y	top1	bot1	bot2	bot3
1	360	1670	450	345	200	100
2	290	870	445	340	195	95
3	480	420	450	350	200	100
4	620	2120	455	245	200	100
5	990	1820	470	355	210	115
6	890	1190	465	350	205	110
7	1030	710	475	360	215	130
8	910	590	470	350	210	125
9	1520	2100	530	405	275	185
10	1410	1560	510	390	260	210
11	1520	910	530	405	275	185
12	1320	430	560	445	305	210
13	2120	1850	580	475	350	260
14	1980	1200	575	455	330	250
15	2100	950	580	465	350	255
16	2530	1720	565	490	370	335
17	2710	1020	550	480	390	350
18	2610	560	555	490	385	345
19	3090	1590	515	450	385	350
20	3040	790	512.5	447.5	382.5	347.5
21	3050	420	512.5	447.5	382.5	347.5
22	495	1250	450	345	200	100

Figure 12.2 Tabular Scatter Point File for Case 1.

## 12.7.3 查看结果

转到3D Grid模式，选择某一位置的单元，然后选择View I Axis工具查看所选单元处的剖面：

选择View K Axis工具返回平面。

## 12.8 例2——嵌入层

如图12.3

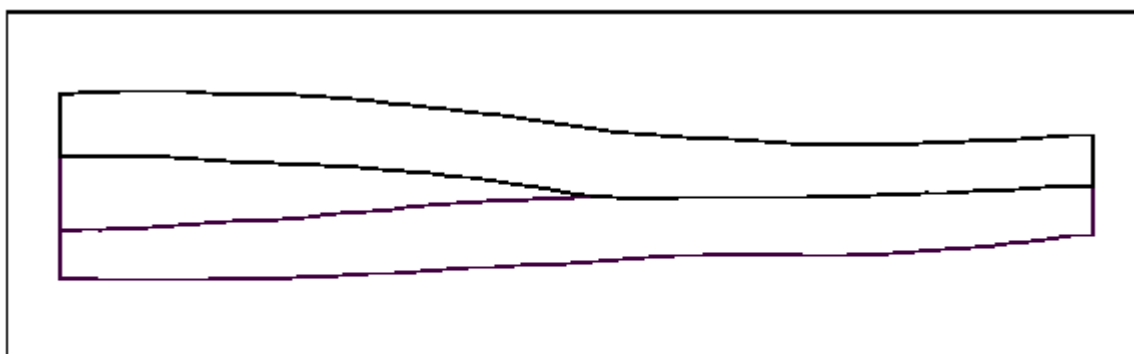



Figure 12.3 Typical East/West Cross Section Through Site with Embedded Seam.

## 12.8.1 导入离散点数据

离散点数据文件可以通过Microsoft Excel输入，保存成以TAB分隔的文本文件（扩展名为“.sp2”），如图12.2。其中ID列可以不要，上一层的底等于下一层的顶，但是右边的数据需要调整：使第2层的底高于第2层的顶（插值后再修改）。


然后导入离散点数据文件：导入新的数据前，先删除原有的数据。转到2D Scatter Point模块，选择“Edit”菜单下的“Delete All”；选择“File”菜单下的“Import”，打开“tutorial\layerdata\case2.sp2”文

件。

### 12.8.2 对高程值进行插值

选择 “Interpolation” 菜单下的 “to MODFLOW Layers” 命令，将对话框左上部列表内数据集与右侧的 MODFLOW 数组对应，单击 “Map” 按钮进行映射，结果在下部列表中，若要修改映射，可单击 “Unmap” 按钮，取消映射，然后重新映射。

### 12.8.3 修正层的数据

转到 3D Grid 模式 ，选择 “MODFLOW” 菜单下的 “Check Simulation” 命令，单击 “Run Check” 按钮，左上侧列表框内显示错误信息，单击 “Fix Layer Errors” 按钮；在右侧列表框内选择 “Layer 2”，选择 “Average” 选项，单击 “Fix Selected Layer” 按钮，OK。

### 12.9 例3——含水层出露

如图12.4

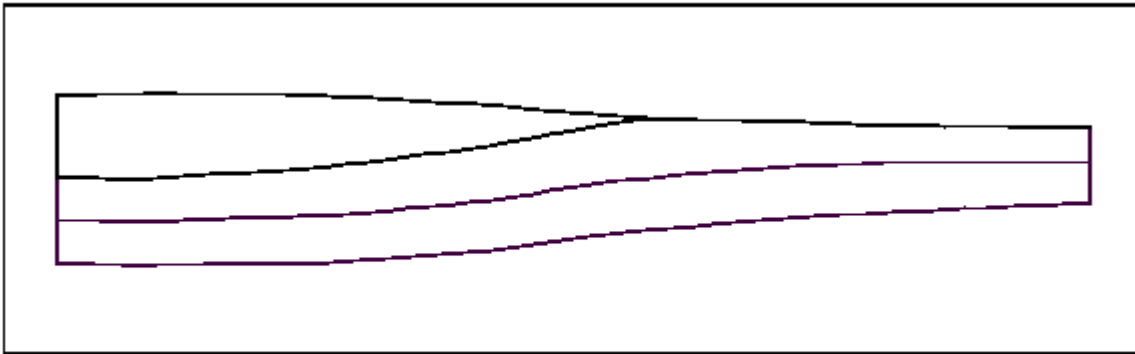



Figure 12.4 Typical East/West Cross Section Through Site with Outcropping.

#### 12.9.1 导入离散点数据


离散点数据文件可以通过 Microsoft Excel 输入，保存成以 TAB 分隔的文本文件（扩展名为 “.sp2”），如图 12.2。其中 ID 列可以不要，上一层的底等于下一层的顶，但是右边的数据需要调整：使第 1 层的底高于第 2 层的顶（插值后再修改）。

然后导入离散点数据文件：导入新的数据前，先删除原有的数据。转到 2D Scatter Point 模块 ，选择 “Edit” 菜单下的 “Delete All”；选择 “File” 菜单下的 “Import”，打开 “tutorial\layerdata\case3.sp2” 文件。



#### 12.9.2 对高程值进行插值

选择 “Interpolation” 菜单下的 “to MODFLOW Layers” 命令，将对话框左上部列表内数据集与右侧的 MODFLOW 数组对应，单击 “Map” 按钮进行映射，结果在下部列表中，若要修改映射，可单击 “Unmap” 按钮，取消映射，然后重新映射。

#### 12.9.3 修正层的数据

转到 3D Grid 模式 ，选择 “MODFLOW” 菜单下的 “Check Simulation” 命令，单击 “Run Check” 按钮，左上侧列表框内显示错误信息，单击 “Fix Layer Errors” 按钮；在右侧列表框内选择 “Layer 1”，选择 “Preserve top” 选项，单击 “Fix Selected Layer” 按钮，OK。

#### 12.9.4 显示结果

选择 View I Axis 工具  查看剖面：选择 View K Axis 工具  返回平面。

### 12.10 例4——基岩切割

如图12.5

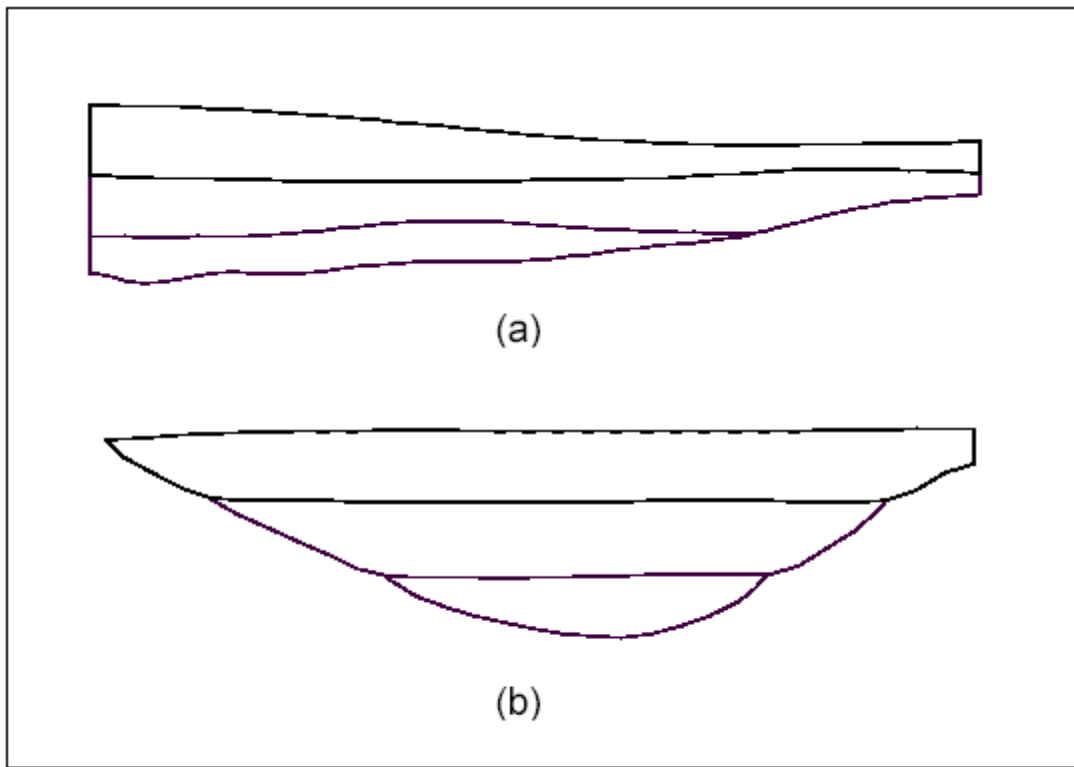



Figure 12.5 Typical a) East/West and b) North/South Cross Section Through Site with Layers Truncated by Bedrock.

#### 12.10.1 导入离散点数据


离散点数据文件可以通过Microsoft Excel输入,保存成以TAB分隔的文本文件(扩展名为".sp2"),如图12.2。其中ID列可以不要,上一层的底等于下一层的顶。

然后导入离散点数据文件:导入新的数据前,先删除原有的数据。转到2D Scatter Point模块,选择“Edit”菜单下的“Delete All”;选择“File”菜单下的“Import”,打开“tutorial\layerdata\case3.sp2”文件。



#### 12.10.2 对高程值进行插值




选择“Interpolation”菜单下的“to MODFLOW Layers”命令,将对话框左上部列表内数据集与右侧的MODFLOW数组对应,单击“Map”按钮进行映射,结果在下部列表中,若要修改映射,可单击“Unmap”按钮,取消映射,然后重新映射。

#### 12.10.3 修正层的数据

转到3D Grid模式,选择“MODFLOW”菜单下的“Check Simulation”命令,单击“Run Check”按钮,左上侧列表框内显示错误信息,单击“Fix Layer Errors”按钮;在右侧列表框内选择“Layer 3”,选择“Truncate to bedrock”选项,单击“Fix Selected Layer”按钮,OK。

#### 12.10.4 显示结果

选择View I Axis工具查看剖面:选择View K Axis工具返回平面。

选择“View”菜单下的“General Mode”命令,选择Oblique View工具,选择Shade工具,选择Rotate工具。



## 第 13 章 非稳定流数据管理

对于非稳定流,需要大量的数据, GMS 提供了适当的工具对它们进行输入和管理。

### 13.1 问题描述

### 13.2 开始

### 13.3 所需模块

3D Grid 模块, Map 模块, MODFLOW 界面

### 13.4 读入工程



选择 “File” 菜单下的 “Open” 命令, 打开 “tutorial\trans \ start.gpr” 工程。

### 13.5 非稳定流数据

通过概念模型获得。

### 13.6 在 Map 模式下输入非稳定流数据

#### 13.6.1 指定非稳定补给速率

转到 Map 模块 , 选择 Select Polygon 工具 , 选择一个区 (区 2), 选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Attributes” 命令, 选择 “Recharge Rate” 下面的 “Transient” 选项, 单击 “Transient” 下面的区域启动 XY Series Editor 编辑器, 单击 “New” 按钮创建新的时间序列, 输入新的名字 (zone2), 并输入新的时间数据序列; 也可以通过 “Import” 按钮将已经准备好的文本文件导入。


#### 13.6.2 导入开采量数据

开采井的数据文件包括两个文件: 第一个文件包括井名、滤管几何形状、井的 XY 坐标。第二个文件包括开采时间安排, 其文件各格式为:

"name"	"date"	"time"	"Q"
"well 1"	12/3/1999	18:00:00	625.0
"well 1"	1/30/2000	7:38:25	0.0
"well 1"	3/27/2000	18:00:00	200.0
"well 2"	12/3/1999	18:00:00	0.0
"well 2"	12/5/1999	14:48:32	100.0


导入开采井数据: 从 GMS 窗口的 coverage 组合框中选择 “Sources & Sinks” 图层, 选择 “File” 菜单下的 “Import” 命令, 选择文件 (pumping.wpf), Open, Yes。双击井单元, 查看数据。

#### 13.6.3 指定重力给水度

在 map 模块下选择 Hydraulic Conductivity 图层, 选择 Select Polygon 工具 , 选择一个区 (区 2 和 1), 选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Attributes” 命令, 选中 “Specific Yield” 并输入适当的值 (0.2); 选择一个区 (区 3 和 4), 选择 “Feature Objects” 菜单下的 “Attributes” 命令, 选中 “Specific Yield” 并输入适当的值 (0.15)。

### 13.7 初始化 MODFLOW

#### 13.7.1 将 MODFLOW 设置为非稳定流

转到 3D Grid 模块 , 选择 “MODFLOW” 菜单下的 “BCF Package” 命令, 在 “Model Type” 中选择 “Transient”。

#### 13.7.2 指定模拟参考时间


选择 “MODFLOW” 菜单下的 “BCF Package” 命令, 单击 “Stress Periods” 按钮, 在 “Reference Time” 区下选择 “Edit” 按钮, 输入初始时间年月日时分秒 (19851001000000)。注意其下的时间显示选项, 保证 “Date/time”。

#### 13.7.3 设置应力期


单击 “Initialize” 按钮, 输入 No. of stress periods (7) \ length (100) 和 No. of time steps (1); 然后在 stress periods 对话框中修改应力期及时间步数 通过对话框中左侧的带上下箭头的列表框改变应力期数,

在右侧的 *No. of time steps* 文本框内输入步数；依次输入各应力期的结束时间和期间的步数。

### 13.8 转换概念模型

转到Map模块，选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Map -> MODFLOW*”命令，OK。

### 13.9 保存和运行MODFLOW

转到 3D Grid 模块，选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Save As*”和“*Run MODFLOW*”命令。

### 13.10 读入结果并显示

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Read Solution*”命令。

### 13.11 创建影像循环

选择“*Data*”菜单下的“*Film Loop*”命令，单击“*Setup*”按钮。

### 13.12 非稳定观测数据


#### 13.12.1 导入非稳定观测数据

选择“*File*”菜单下的“*Open*”命令，打开扩展名为“\*.map”的文件obswwells.map。其格式为：

"name"	"date"	"time"	"head"
"OBS_Q5"	12/3/1999	18:00:00	238.5
"OBS_Q5"	1/30/2000	7:38:25	834.7
"OBS_Q6"	3/27/2000	18:00:00	878.3
"OBS_Q6"	12/3/1999	18:00:00	733.2
"OBS_Q6"	12/5/1999	14:48:32	838.2

13.12.2 导入文件：选择“*File*”菜单下的“*Import*”命令，打开文件trans\_obs.tof。出现*Observation Coverage Options*对话框，在“*Measurement Type*”列表中选择“trans\_head”（保证该种测量模式被用于残生校正目标）。

#### 13.12.3 创建非稳定流观测曲线

转到Map模块，选择“*Display*”菜单下的“*Obs. Plot Options*”命令，单击“*New*”按钮，通过下拉列表框将图形类型设置为*Error vs time step*，OK。选择“*Display*”菜单下的“*Show Plot Window*”命令，

选择“*Frame Image*”命令.

Me为平均误差；mae为平均绝对误差；rms为误差平方的平均值的平方根。

此图显示了测量值与模拟值的误差。

时间序列图：

转到Map模块，选择两个观测井，选择“*Display*”菜单下的“*Obs. Plot Options*”命令，单击“*New*”按钮，通过下拉列表框将图形类型设置为*Time series*，选中“*Curve legend*”选项，OK。选择“*Display*”菜单下的“*Show Plot Window*”命令，选择“*Frame Image*”命令.

## 第14章 由区域模型转为局域模型（Regional to Local Model Conversion）

对于许多模拟研究，确定合适的边界条件是非常困难的。可通过先粗后细的方法分两步进行模拟。问题描述：

如图14.1所示：大部分边界为隔水边界，河流的出入口为已知水头边界；两层；局域模型位于其中心位置。

由区域模型转为局域模型的基本目标是从区域模型中创建一个包含水头和层参数的二维离散点集，建立局域模型，并将水头和层参数插值到局域模型。基本步骤为：

建立区域模型并进行求解，利用“*MODFLOW Layers -> 2D Scatter Points*”命令从区域模型中创建二

维离散数据集，为局域模型创建三维网格，并为其进行插值。

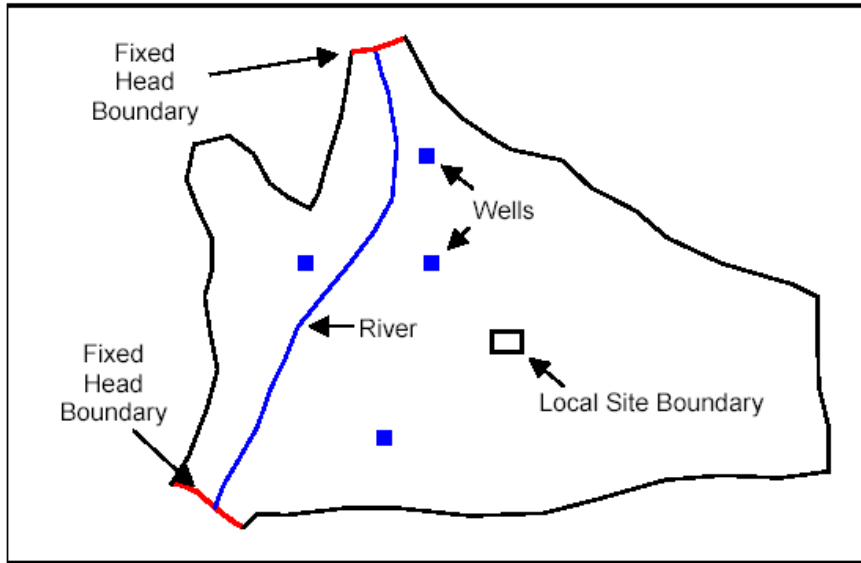


Figure 14.1 Regional Model.

#### 14.1 起始

#### 14.2 所需模块/界面


2D Grid模块, 3D Grid模块, 2D Scatter Point模块, Map模块; MODFLOW界面。

#### 14.3 读入区域模型

选择“File”菜单下的“Open”命令，打开“tutorial\reg2loc\regmod.gpr”文件。

该模型利用概念模型创建。

#### 14.4 将层参数转换成离散点数据


进入3D Grid模块, 选择“Grid”菜单下的“MODFLOW Layers -> 2D Scatter Points”命令，输入文件名（Regional Data），OK。

#### 14.5 创建局域模型的方法

方法有很多，一种通用的方法是将边界作为已知水头边界，水头值采用区域模型的计算值，这可以通过两种方法来实现：（1）构建一个简单的矩形，整个网格的周边作为已知水头边界；（2）采用一个四边形，其中的两个相对的边平行于区域模型的等水头线（即各边上的水头相等），另外两个边垂直于区域模型的等水头线，为隔水边。我们采用方法2。

#### 14.6 创建局域概念模型


简单的办法是在Map模块中建立概念模型，要创建一个新的source/sink图层。首先删除区域模型中的source/sink图层。


转到Map模块, 选择“Feature Object”菜单下的“Coverages”命令，激活要删除的图层（ss），单击“Delete”按钮，OK。

##### 14.6.1 创建新的图层

单击“New”按钮，输入新的图层名（local ss），将图层类型设置为“MODF/MT3D/MODP”，OK。

##### 14.6.2 创建边界弧段

选择Zoom工具, 拖拉鼠标放大局域模型部位。按如下方法创建边界弧段：

选择Create Arc工具, 创建4条弧段，两条平行于等水头线，图14.2，在终点出双击鼠标，

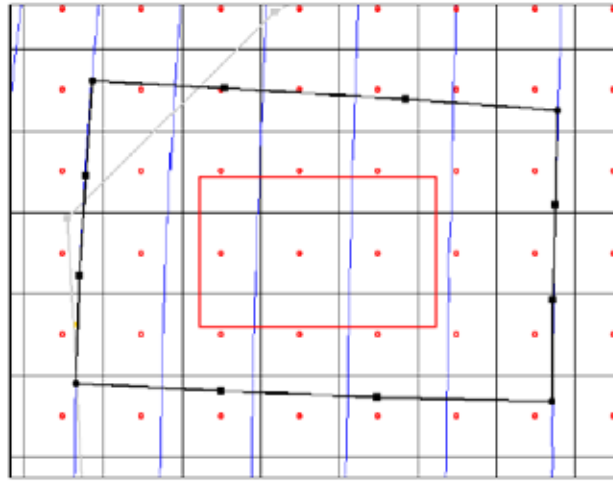



Figure 14.2 Arcs to be Created on Boundary of Local Model.


#### 14.6.3 创建多边形

选择“*Feature Object*”菜单下的“*Build Polygons*”命令，OK。

要确保多边形被指定到所有层。

选择Select Polygons工具，双击多边形，将层指定为“from layer 1 to 2”，OK。

#### 14.6.4 标记指定水头弧

单击Select Arcs工具，选择弧段（东西两条），选择“*Feature Object*”菜单下的“*Attributes*”命令，改为“*Specified Head*”类型，将层指定为“from layer 1 to 2”，OK。

#### 14.7 创建局域MODFLOW模型

选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Grid Frame*”命令，单击“*Delete Frame*”删除老的网格边框，单击“*New Frame*”按钮创建新的网格边框（新边框应比弧段稍大），如果需要可以通过旋转工具使网格边框更靠近局域模型边界。

##### 14.7.1 创建网格



选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Map -> 3D Grid*”命令，OK，OK。在对话框内，输入参数。

##### 14.7.2 激活单元


选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Activate Cells in Coverage*”命令，OK，OK。在对话框内，输入参数。

##### 14.7.3 映射属性


将MODFLOW数据转入网格：

进入3D Grid模块，选择“*MODFLOW*”菜单下的“*New Simulation*”命令，转到Map模块，选择“*Feature Object*”菜单下的“*Map -> MODFLOW*”命令，OK。

#### 14.8 层参数插值

转到2D Scatter Point模块，选择“*Interpolation*”菜单下的“*to MODFLOW Layers*”命令，在对话框的底部选择“*Apply starting head to all cells*”选项，OK。

#### 14.9 保存和运行局域模型

进入3D Grid模块，选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Save As*”命令，输入文件名（locmod.mfs）；选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Run MODFLOW*”命令，OK。

#### 14.10 查看结果

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Read Solution*”命令，OK。

## 第15章 模型校准

地下水模拟的一个重要部分是模型校准。

### 15.1 问题描述

如图15.1所示，降水量1.25 ft/yr，面积28平方英里，地下水通过排水渠排入高程为1000ft的湖中。盆地周围为弱透水的基岩。补给和水力参数分区如图15.2。

### 15.2 开始

### 15.3 所需模块

3D Grid模块， Map模块；MODFLOW界面。

### 15.4 读入模型

选择“Open”菜单下的“File”命令，打开文件“tutorial\calib\bigval.gpr”。

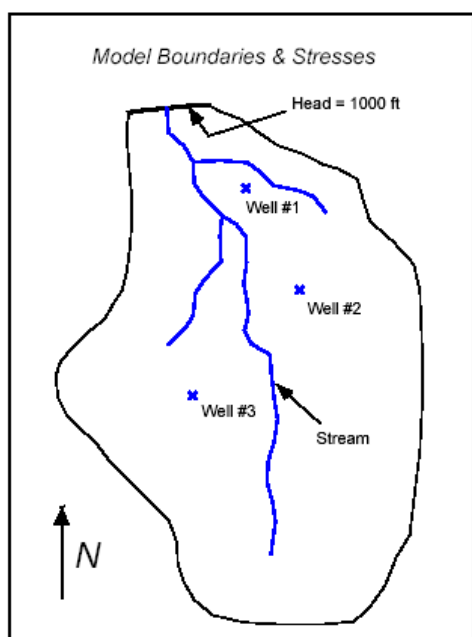


Figure 15.1 Sample Model Used in Calibration Exercise.

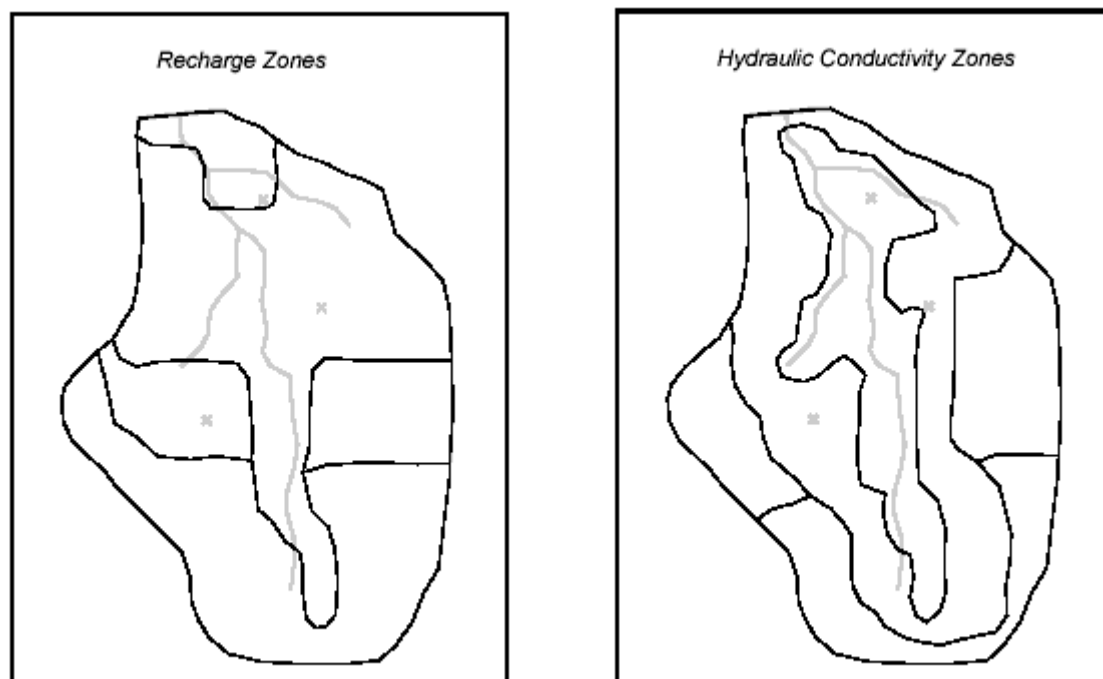


Figure 15.2 Recharge and Hydraulic Conductivity Zones.

## 15.5 观测数据


校准中可以用两种观测数据：观测井的水位和河流观测流量。由于位于较干旱区，假设河流中的绝大部分水流来自地下水。

### 15.6 输入观测点

首先，要输入观测点，就要建立观测图层。

#### 15.6.1 创建观测图层

输入观测点之前要先创建观测图层：

转到Map模块，选择“Feature Objects”菜单下的“Coverages”命令，单击“New”按钮，输入名称（Observation Wells），在“the coverage type”下拉列表中选择“Observation”，然后单击其下面的“Options”按钮；在弹出的对话框中，选择“3D Grid”和“2D within layer”选项（在MODFLOW中，这是最佳选择，它严格地把插值和观测点放在同一层），在“Measurement Type”区内单击“New”按钮，输入观测类型名（Head），OK，OK。


#### 15.6.2 创建观测点

第一个点按如下值创建：

x [ft]	y [ft]	Head [ft]	Interval [ft]	Confidence [%]
14661	32694	999.0	1.5	95

其中interval表示观测值的估计误差（ ），confidence为误差估计的可靠度，interval可被用作校准目标。当误差在观测值的估计误差范围（此处为 1.5ft）之内时则达到校准的目的，也就是说计算水头位于997.5-1000.5之间时此观测井的校准目的已经达到。

创建点：

选择Create Point工具，在模型中的任意处单击，双击GMS顶部的X字段编辑框，输入准确的坐标值（14661，32694），指定该点的属性值：

选择“Feature Objects”菜单下的“Attributes”命令，输入点的名字（Point #1），打开“Observed”选项，输入观测值Observed（999.0），输入误差范围Interval（1.5），输入可靠度Confidence（95），OK。

#### 15.6.3 校准目标

校准目标显示在点的旁边，组分如图15.3所示：

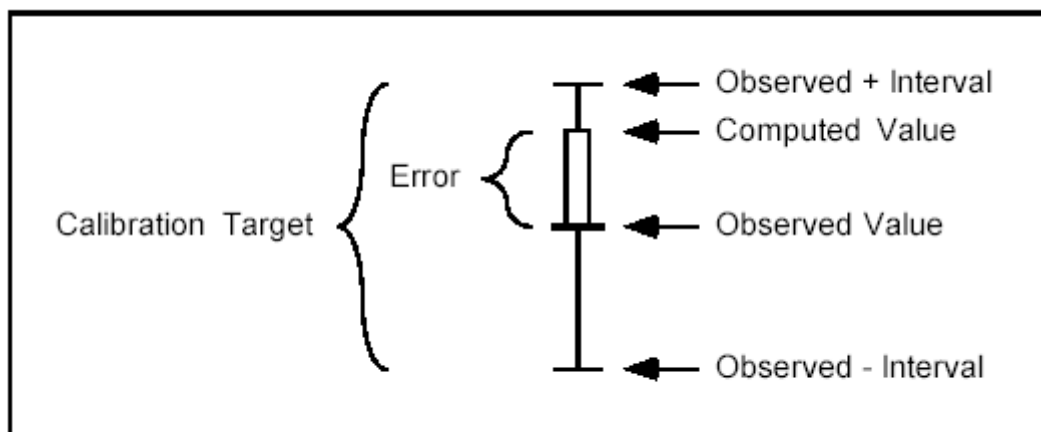


Figure 15.3 Calibration Target.

如果误差柱整个在目标范围之内，则显示为绿色；如果误差柱整个在目标范围之外，但小于200%，显示为黄色；若大于200%，显示为红色。

#### 15.6.4 点统计



单击 *Select Points/Nodes* 按钮 ，选择观测点，在GMS底部的帮助条（倒数第二个）上显示统计信息。

### 15.7 读入观测点数据集

用上述方法，输入其他的观测点。为节省时间，直接读入已经存在的图形文件。

#### 15.7.1 删除当前图层

读入观测点之前，首先删除当前图层：

选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Coverages*”命令，选择“*Observation Wells*”图层，单击“*Delete*”按钮，*OK*，*OK*。

#### 15.7.2 读入点集

选择“*File*”菜单下的“*Open*”命令，打开文件（*obswwells.map*），*Open*。


### 15.8 输入观测河流流量

观测河流流量直接指定到概念模型的local source/sink coverage中的弧段和多边形。GMS提供了两种方法进行赋值：单个弧段或一组弧段。由于区内河流流量是在出口观测点，观测流量代表了整个区的流量，因此需要创建弧段组，并将观测流量赋值到弧段组。GMS自动将所有河流弧段的计算流量求和并与观测流量对比。

创建弧段组：

在GMS顶部的*Coverage*组合框内选择*Sources & Sinks*图层，单击*Select Arcs*工具 ，按下SHIFT键，选择河流弧段，选择“*Feature Object*”菜单下的“*Create Arc Group*”命令（创建一个新的对象，我们可以为弧段组指定观测流量），单击*Select Arc Groups*工具 ，双击河流弧段组中的任一条弧段，选中“*Observed flux*”选项，单击“*Options*”按钮，在观测值区域为“*Steady state flux rate*”输入值（-164000），在“*Confidence interval*”区域为“*Interval*”输入值（7500）。

### 15.9 生成误差图

在GMS顶部的*Coverage*组合框内选择*Observation Wells*图层，选择“*Display*”菜单下的“*Obs. Plot Options*”命令，单击“*New*”按钮，选择“*Computed vs. observed*”类型，再次单击“*New*”按钮，选择“*Error Summary*”类型，*OK*。选择“*Display*”菜单下的“*Show Plot Window*”命令，单击“*Frame Image*”按钮 。


#### 15.9.1 计算—观测图

在*Plot Window*窗口内单击*Computed vs. Observed*标志点，在GMS底部的帮助条（倒数第二个）上显示统计信息。

#### 15.9.2 误差统计信息

### 15.10 编辑水力传导系数

在GMS顶部的*Coverage*组合框内选择*Hydraulic Conductivity*图层，修改渗透系数：

单击*Select Polygons*工具 ，按下SHIFT键，选择区域（1，2），选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Attributes*”命令，输入*Horizontal K*（2.0），*OK*；双击区域（3），输入*Horizontal K*（2.0），*OK*。

### 15.11 转换模型

修改数据后，将模型转成网格数值模型：

选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Map -> MODFLOW*”命令，确定“*All applicable coverages*”选项被选中，*OK*。

### 15.12 运行模型

#### 15.12.1 保存模拟

转到3D Grid模式 ，选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Save As*”命令。

#### 15.12.2 运行



选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Run MODFLOW*”命令。

#### 15.13 读入结果

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Read Solution*”命令。

#### 15.14 误差——模拟图

在校准过程中，要注意误差的变化趋势，可通过该图来显示。

转到Map模块，选择“*Display*”菜单下的“*Obs. Plot Options*”命令，选择Plot #2，单击“*Delete*”按钮；单击“*New*”按钮，为Plot type选择“*Error vs. Simulation.*”类型，再次单击“*New*”按钮，为Observation type选择“*Flux*”类型，为Plot type选择“*Error vs. Simulation.*”类型，OK。选择“*Display*”菜单下的“*Show Plot Window*”命令，单击“*Frame Image*”按钮.


#### 15.15 继续校准

##### 15.15.1 改变值与改变区

除了改变渗透系数和补给外，还可以改变区的大小。

##### 15.15.2 查看响应

要查看响应，需导入一个包含符合校准目标的参数数值的map文件。读入新的图层之前，首先删除其他3个图层：

转到Map模块，选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Coverages*”命令，删除图层。  
选择“*File*”菜单下的“*Open*”命令，打开文件“*answer.map*”。  
然后再运行。



### 第16章 自动参数识别

#### 16.1 问题概述

同上一章。

#### 16.2 启动GMS

#### 16.3 所需模块

3D Grid模块，Map模块；MODFLOW界面，PEST/UCODE界面。


#### 16.4 读入模型

选择“*Open*”菜单下的“*File*”命令，打开文件“*tutorial\inberse \ bigval.gpr*”。

#### 16.5 定义参数区

建立反演模型时，首先要定义参数区，可用概念模型，为每一个参数区指定关键值，一般为负值。

##### 16.5.1 设立渗透系数区

如图16.1，5个区定义成4个参数区，输入关键值（图上）：在GMS顶部的*Coverage*组合框内选择*Hydraulic Conductivity*图层，单击Select Polygons工具，双击各区并为*Horizontal K*赋图上的值。

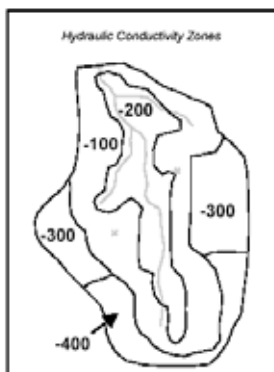



Figure 16.1 Hydraulic Conductivity Zones and Parameter Key Values.

### 16.5.2 设立补给区

如图16.2, 5个区定义成4个参数区, 顶端的区很小, 它隔离于大部分观测井, 而且位于井的下游, 所以它不好用来进行参数估计, 我们将该区的补给设置为0, 为其他3个区的指定关键值 (图上): 在GMS

顶部的Coverage组合框内选择Recharge图层, 单击Select Polygons工具, 双击各区并为Recharge rate赋图上的值。

### 16.5.3 将关键值赋给网格单元

选择“Feature Objects”菜单下的“Map -> MODFLOW”命令, OK。

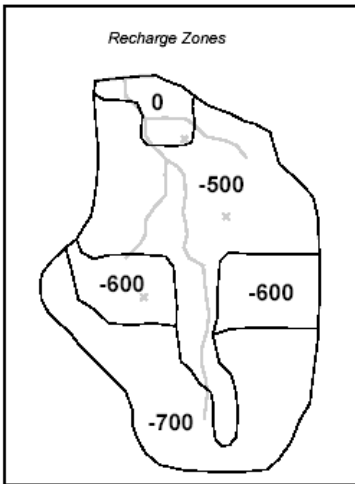



Figure 16.2 Recharge Zones and Parameter Key Values.

### 16.6 打开PEST选项

转到3D Grid模块, 选择“MODFLOW”菜单下的“Basic Package”命令, 单击“Packages”按钮, 在Parameter Estimation区 (下拉列表) 内选择PEST选项, OK。

### 16.7 编辑参数

然后我们创建一个包含初始值、最大值和最小值的参数列表。

选择“MODFLOW”菜单下的“PEST/UCODE/Options”命令:

Parameters区用来管理用于反演模型参数列表; New Parameter按钮可用来创建参数集; 每个参数包含一个名称、关键值、初始值、最小值和最大值。然而在大多数情况下, GMS可以用Initialize from Model按钮自动产生参数列表。当选择该按钮, GMS搜索MODFLOW输入数据中的负值并创建参数列表。如果参数没有被GMS自动发现, 则需要利用New Parameter按钮来添加。

单击Initialize from Model按钮。8个参数自动被找到, 并有一个默认名, 下一步则需要输入初始值、最大值和最小值。其中初始值越靠近真实值越好, 否则可能不收敛。

Name	Starting	Minimum	Maximum
k 100	4.0	0.01	100
k 200	8.0	0.01	100
k 300	2.0	0.01	100
k 400	0.5	0.01	100
rch 500	0.00035	0	0.0005
rch 600	0.00025	0	0.0005
rch 700	0.00020	0	0.0005

### 16.8 编辑PEST选项

在名为PEST Options的选项卡property sheet, 保留之中的缺省值。

### 16.9 收敛选项

PEST在迭代求解过程中不断调用MODFLOW, 因此需要保证MODFLOW收敛:

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Solver Packages/Convergence Options*”命令，打开“*Prevent cell drying*”选项，为*Minimum saturated thickness*输入值（0.1），*OK*。

#### 16.10 初始水头


运行PEST之前，要将计算水头拷贝到初始水头数组中，这将保证每次PEST调用MODFLOW时，初始水头尽可能靠近最终水头值，MODFLOW收敛速度加快。

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Basic Package*”命令，单击“*Starting Head*”按钮，选择“*3D Data Set -> Grid*”命令，*OK*；单击*OK*确认水头只用于变水头单元，选择“*run1*”数据集，*OK*；*Close*。


#### 16.11 最大迭代

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Solver Packages/PCG2 Package*”命令，将*Maximum outer iterations*改为100。

#### 16.12 保存模拟

转到3D Grid模式，选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Save As*”命令（*pest1.mfs*）。

#### 16.13 保存工程

转到Map模块，选择“*File*”菜单下的“*Save As*”命令，输入文件名（*bigval2.gpr*）。

#### 16.14 运行GMS2PEST

运行PEST之前，首先运行GMS2PEST。GMS2PEST为一个分析GMS输出文件和并为PEST准备最终数据的单元。

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*PEST/UCODED/Run GMS2PEST*”命令，*OK*。

#### 16.15 运行PEST

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*PEST/UCODED/Run PEST*”命令，*OK*。

值为最小化的目标函数值。

#### 16.16 查看结果

PEST的结果为一系列最优化的参数值。方法1：查看包含PEST输出结果的文本文件，然后将最优参数导入GMS，并装入到MODFLOW的正确位置，最后保存包含最优参数的模拟，运行MODFLOW，读入结果。

##### 16.16.1 查看PEST输出文件

选择“*File*”菜单下的“*Edit File*”命令，打开文件（*pest1.rec*），*OK*。

文件的第一部分为输入总结；第二部分为迭代总结；下面是最优参数值的总结和一系列残差值。

##### 16.16.2 读入最优参数值


选择“*MODFLOW*”菜单下的“*PEST/UCODE/Options*”命令，选择“*Import Parameter File*”按钮，选择文件（*pest1.par*），*OK*。

##### 16.16.3 将最优参数值拷贝到MODFLOW模型


单击“*Load to Model*”按钮，选择“*Load to MODFLOW parameters only*”选项，*OK*。

##### 16.16.4 关闭PEST选项

在保存模拟和运行MODFLOW之前，必须关掉PEST选项。


转到3D Grid模式，选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Basic Package*”命令，单击“*Packages*”按钮，在*Parameter Estimation*区（下拉列表）内选择*none*选项，*OK*。

##### 16.16.5 保存和运行MODFLOW

转到3D Grid模式，选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Save As*”命令，输入文件名（*solution1.mfs*）。

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Run MODFLOW*”命令。

选择“*MODFLOW*”菜单下的“*Read Solution*”命令。

转到Map模块，选择“Display”菜单下的“Obs. Plot Options”命令，查看结果。

## 16.17 用UCODE进行反演

### 16.17.1 映射关键值

选择“Feature Objects”菜单下的“Map->MODFLOW”命令，

### 16.17.2 打开UCODE选项

转到3D Grid模块，选择“MODFLOW”菜单下的“Basic Package”命令，单击“Packages”按钮，在Parameter Estimation区（下拉列表）内选择UCODE选项，OK。

### 16.17.3 编辑关键值


修改关键值（由于模型中已经是PEST的最优值，需要修改）。

选择“MODFLOW”菜单下的“PEST/UCODE/Options”命令：在选项卡中输入原来的参数初始值（同PEST）。

### 16.17.4 编辑UCODE选项

在UCODE Options选项卡中编辑，此处仍保留默认值。

### 16.17.5 保存模拟

转到3D Grid模式，选择“MODFLOW”菜单下的“Save As”命令（ucode1.mfs）。

### 16.17.6 运行GMS2UCODE

运行PEST之前，首先运行GMS2UCODE。GMS2UCODE为一个分析GMS输出文件和并为PEST准备最终数据的单元。

选择“MODFLOW”菜单下的“PEST/UCODED/Run GMS2UCODE”命令，OK。

### 16.17.7 运行UCODE

选择“MODFLOW”菜单下的“PEST/UCODED/Run UCODE”命令，OK。

### 16.17.8 查看结果

选择“File”菜单下的“Edit File”命令，打开文件（ucode1.o），OK。


### 读入最优参数值

选择“MODFLOW”菜单下的“PEST/UCODE/Options”命令，选择“Import Parameter File”按钮，选择文件（ucode1.par），OK。

### 将最优参数值拷贝到MODFLOW模型


单击“Load to Model”按钮，选择“Load to MODFLOW parameters only”选项，OK。

### 保存和运行MODFLOW

转到3D Grid模式，选择“MODFLOW”菜单下的“Save As”命令，输入文件名（solution2.mfs）。

选择“MODFLOW”菜单下的“Run MODFLOW”命令。

选择“MODFLOW”菜单下的“Read Solution”命令。

转到Map模块，选择“Display”菜单下的“Obs. Plot Options”命令，查看结果。




## 第17章 FEMWATER

FEMWATER是模拟饱和—非饱和三维水流和溶质运移的有限元模型。

### 17.1 问题概述

如图17.1所示。三口开采井，开采量为100000 ft<sup>3</sup>/day，上部含水层的K为10 ft/day，下部的为30 ft/day。

### 17.3 所需模块

Mesh模块（2D Mesh和3D Mesh），Map模块，Subsurface Characterization模块



( Borehole、 TIN和 Solid ) ,  Geostatistics模块 (  2D Scatter Point和 3D Scatter Point ) , FEMWATER界面。

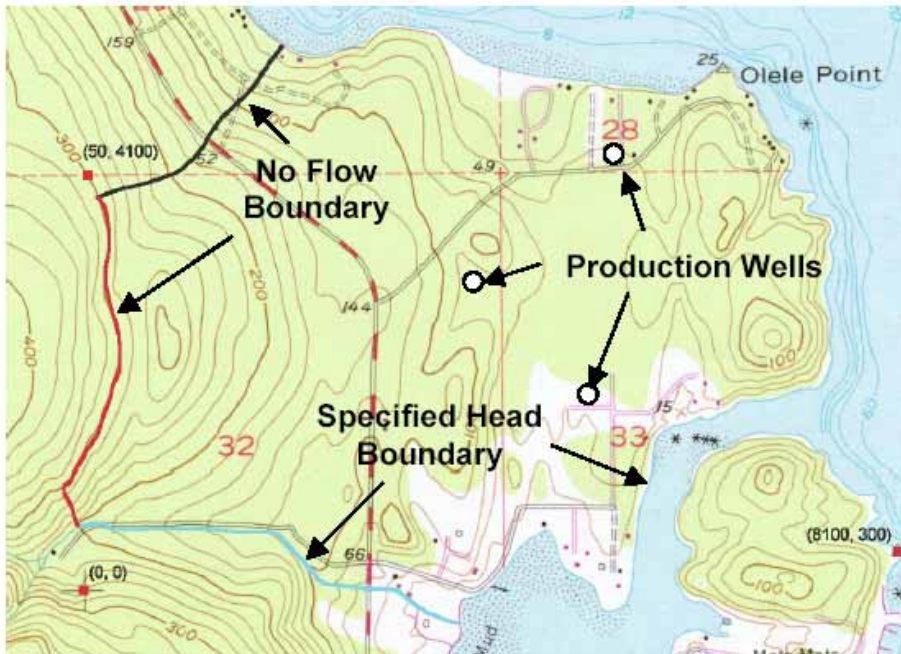


Figure 17.1 Site to be Modeled with FEMWATER Flow Model.


#### 17.4 建立概念模型

FEMWATER可以用概念模型的方法进行建模。

##### 17.4.1 导入背景图

选择“File”菜单下的“Open”命令，打开“tutorial\femwater\start.gpr”文件。


##### 17.4.2 初始化FEMWATER图层

转到Map模块，选择“Feature Objects”菜单下的“Coverages”命令，将Coverages对话框内的默认图层的名字设置为“femwater”，将图层类型Coverage type设置为“FEMWATER”。

##### 17.4.3 指定单位


在Coverages对话框内，单击“Units”按钮，设置Length和Time的单位（采用默认值），质量Mass单位为（slug）。

##### 17.4.4 创建边界弧段

单击“Create Arc”工具按钮，


##### 17.4.5 修正弧段的顶点

弧段的两端端点称为结点nodes，中间点称为顶点vertices。这些弧段用于生成可以转换成3D网格的2D网格。由顶点限定的线段间距控制了单元的大小和数目。因此，我们需要沿每一条弧段对定顶点进行调整，以保证间隔比较均匀而且长度合适。

单击“Select Arcs”按钮，拖拉鼠标选择所有弧段，选择“Feature Objects”菜单下的“Redistribute Vertices”命令，将“Target spacing”改为（300）。


##### 17.4.6 指定边界条件

用弧段指定边界条件。

单击“Select Arcs”按钮，按下SHIFT键，用鼠标单击选择定水头弧段，选择“Feature Objects”菜单下的“Attributes”命令，打开“Head/fluid flux”选项，OK。



此时并没有赋值水头值，水头值赋在两端结点上，再通过线性插值获得。沿海弧段的水头值为0，可直接用默认值，河流下游点也为0，不用再赋。

选择 *Select Points/Nodes* 工具 ，单击河流弧段的左上结点，输入水头值（200）。


#### 17.4.7 创建多边形

需要多边形的原因：1）当产生网格时定义模型范围；2）用于赋补给值。


选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Build Polygon*”命令，OK。

#### 17.4.8 指定补给

在FEMWATER中有两种方法：用指定流量边界或变化的边界条件。后者更精确，但更耗时，且不稳定。此处采用简单的指定流量法。

选择“*Select Polygons*”按钮 ，在区内双击，打开“*Fluid flux*”选项，输入（0.003），OK。

#### 17.4.9 创建井

单击 *Create Point* 工具按钮 ，在模型的右上部单击，在GMS顶部的坐标框内输入准确的坐标值（5290, 4206, 45），选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Attributes*”命令，打开“*Refine mesh around point*”选项（井附近的单元细化），为“*Element size*”输入值（150）（控制井处的单元大小）。

然后将点指定为井点，指定开采量、滤管的顶底高程（流量赋予期间的单元）。打开“*Well*”选项，输入 *Top of screen*（-185）和 *Bottom of screen*（-195）及 *Flux rate*（-100000），OK。

同上，输入其他两个井：

Well #	1	2
X	3854	5026
Y	3034	1872
Z	75	45
Element size	150	150
Top of screen	-200	-240
Bottom of screen	-210	-250
Flux rate	-100000	-100000

#### 17.5 创建三维网格

此时概念模型已经完成，要准备创建三维有限元网格。网格有两个区组成，一个区为上部含水层，另一个区为下部含水层。上区由两层单元组成；下区由三层单元组成。要创建网格，我们首先利用概念模型的特征对象创建二维投影网格。然后创建三个不规则三角形网格（TINs）：一个为顶（地面）面，一个为上部含水层的底面，另一个为下部含水层的底面。然后通过延伸二维网格的单元形成三维单元的单元柱，从而形成三维网格单元。

##### 17.5.1 指定材料

创建网格之前，我们要为含水层指定材料。岩性指定给TINs，最后到3D网格。

选择“*Edit*”菜单下的“*Materials*”命令，改变缺省材料名为（Upper Aquifer），在 *Display* 区内颜色窗口内单击，将材料改为绿色。单击“*New*”按钮创建另一材料，改名为（Lower Aquifer），改为红色。


##### 17.5.2 创建2D投影网格

选择“*Feature Objects*”菜单下的“*Map -> 2D Mesh*”命令，保留缺省值。

##### 17.5.3 创建TINs

要创建定义地层的TINs，我们要创建3个TINs，每个TINs为二维网格的拷贝。首先，这三个TINs具有与二维网格相同的高程（0）。我们然后导入离散点数据集并插值到TINs。

创建顶部TINs：

转到 *2D Mesh* 模块 ，选择“*Build Mesh*”菜单下的“*Mesh -> TIN*”命令，输入TINs名（terrain）；从材料（materials）下拉列表中选择“*Upper Aquifer*”，OK；在提示框内单击 *No* 按钮。

创建第二个TIN：

选择“*Build Mesh*”菜单下的“*Mesh -> TIN*”命令，输入TINs名( bottom upper aquifer )；从材料( materials )下拉列表中选择“*Lower Aquifer*”，OK；在提示框内单击No按钮（不删除二维网格）。


创建第三个TIN：


选择“*Build Mesh*”菜单下的“*Mesh -> TIN*”命令，输入TINs名( bottom lower aquifer )；从材料( materials )下拉列表中选择“*Lower Aquifer*”，OK；在提示框内单击No按钮（不删除二维网格）。

#### 17.5.4 导入和插值地面数据

然后我们导入指定地面高程的离散点和将其插值到顶部TIN。地形点通过数字化获得，并存成表形式的离散点文件。


选择“*File*”菜单下的“*Import*”命令，打开文件（*terrian.sp2*）。在插值前要保证顶部TIN是激活的。

转到TIN模式 ，在屏幕的左上角的TIN组合框内选择*terrain*。插值前，我们将对插值选项做一些调整：

转到2D Scatter Point模块 ，选择“*Interpolation*”菜单下的“*Interp. Options*”命令，单击“*Inverse distance weighted*”旁边的“*Options*”按钮，在“*Nodal function*”区，选择“*Constant*”选项，OK。

将离散点数据插值到TIN：选择“*Interpolation*”菜单下的“*to Active TIN*”命令，打开“*Map elevations*”选项，OK。


查看插值高程：

单击Oblique View命令按钮 ，选择“*View*”菜单下的“*Z Magnification*”命令，输入放大倍数（4.0），OK。


#### 17.5.5 导入和插值地面数据

然后我们导入和插值顶部和底部含水层的高程。数据通过钻孔资料获得，并存成表形式的离散点文件。

选择“*File*”菜单下的“*Import*”命令，打开文件（*elevs.sp2*）。在插值前要保证所需TIN是激活的。



转到TIN模式 ，在屏幕的左上角的TIN组合框内选择*bottom upper aquifer*。

插值前，我们将对插值选项做一些调整：

转到2D Scatter Point模块 ，选择“*Interpolation*”菜单下的“*Interp. Options*”命令，单击“*Inverse distance weighted*”旁边的“*Options*”按钮，在“*Nodal function*”区，选择“*Gradient plane*”选项，OK。

离散点集有两个数据集：一个为顶部含水层的底板高程，另一个为底板高程。我们将首先为底部含水层高程插值：在GMS顶部的Data Set组合框的*bot of layer 1*数据。


将离散点数据插值到TIN：选择“*Interpolation*”菜单下的“*to Active TIN*”命令，OK。

转到TIN模式 ，在屏幕的左上角的TIN组合框内选择*bottom lower aquifer*，转到2D Scatter Point模块 ，在GMS顶部的Data Set组合框的*bot of layer 2*数据，选择“*Interpolation*”菜单下的“*to Active TIN*”命令，OK。

查看插值高程：

转到TIN模式 ，选择“*Display*”菜单下的“*Display Options*”命令，关掉“*Vertices*”选项，OK。


转到Frame Image命令 ，选择Shade命令 。

单击Oblique View命令按钮 ，选择“*View*”菜单下的“*Z Magnification*”命令，输入放大倍数（4.0），

OK。

#### 17.5.6 创建三维网格

三维网格通过选择一对TINs并填充挤压单元形成三维单元。

选择Select TINs工具，按下SHIFT键，选择顶部和中间的TINs，选择“Build TIN”菜单下的“Fill Between TINs -> 3D Mesh”命令，为“Number of interpolated mesh layers”输入(2)，选择“Specify material”选项，选择材料(Upper Aquifer)，OK。

然后创建下部含水层的单元：


按下SHIFT键，选择底部和中间的TINs，选择“Build TIN”菜单下的“Fill Between TINs -> 3D Mesh”命令，为“Number of interpolated mesh layers”输入(2)，选择“Specify material”选项，选择材料(Lower Aquifer)，OK。

#### 17.6 隐藏对象

隐藏TINs：拖拉鼠标选中TINs，单击Hide命令。


隐藏离散点：转到2D Scatter Point模式，单击Select Scatter Point Sets工具，拖拉鼠标选中TINs，单击Hide命令。

隐藏2D网格：转到2D Mesh模式，选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，关掉“Nodes”和“Elements”选项，OK。

整理三维网格的显示：转到模块，选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，关掉“Nodes”选项，OK。


选择Shade命令。

#### 17.7 转换概念模型

选择“FEMWATER”菜单下的“New Simulation”命令，转到Map模式，选择“Feature Objects”菜单下的“Map -> FEMWATER”命令，在提示框内单击“OK”按钮；

#### 17.8 选择分析选项

##### 17.8.1 输入运行选项

转到3D Mesh模块，选择“FEMWATER”菜单下的“Run Options”命令，为“Type of simulation”选择“Flow only”，在“Steady State vs. Transient”区内选择“Steady state solution”。

我们研究的问题大多是部分饱和区，主要在模型的左上部。非饱和区越大，FEMWATER越难收敛。对于这种问题，对求解(quadrature)选择“Nodal/Nodal”较好，虽然不及默认选项“Gaussian/Gaussian”精确，但更稳定。

在“Quadrature selection”区内选择“Nodal/Nodal”选项。

##### 17.8.2 设置迭代参数

选择“FEMWATER”菜单下的“Iteration Parameters”命令，设置“Max iterations for non-linear equation”为(100)，设置“Max iterations for linear equation”为(1000)，设置“Steady state convergence criterion”为(0.01)，OK。

##### 17.8.3 选择输出控制

选择“FEMWATER”菜单下的“Output Control”命令，关掉“Save nodal moisture content file”和“Save velocity file”选项，OK。

#### 17.8.4 指定流体属性

最后指定流体属性。

选择“FEMWATER”菜单下的“Fluid Properties”命令。

对话框内的各项依赖于我们指定的单位。由于是稳定流解，忽略流体的粘滞性和可压缩性。

为“Density of water”输入值（1.94），为“Acceleration of gravity”输入值（2.4037e11），OK。

#### 17.9 指定初始条件

由于FEMWATER模拟非饱和带的水流，FEMWATER对初始条件比MODFLOW更为敏感。如果初始条件与最后的水头分布差异较大，则FEMWATER收敛较慢或不能收敛。



对于水流模拟，FEMWATER需要压力水头分布作为初始条件。GMS中的FEMWATER界面中，包含能够通过用户指定的水面来自动产生压力水头数据。地下水是通过离散点获得的。总的水头数据通过插值赋予三维网格单元。最后，压力水头数据通过从总数据中减去节点高程获得。

##### 17.9.1 创建离散点


定义初始条件，我们将创建一些需要得到水面高程的点。一种方法是创建包含高程的表式离散点文件。另一种快速方法为交互式创建点。用后者。

选择“FEMWATER”菜单下的“BC Display Options”命令，关掉“Flux”选项，OK。

在屏幕上数字化点，我们将创建新的TIN和创建TIN顶点。当我们创建每一个点，GMS提示顶点高程。一旦创建了点后，将顶点转成二维离散点数据集。

转到Plan View模式 ，转到TIN模块 ，选择“Build TIN”菜单下的“New TIN”命令，输入名称Name（starting head），OK。

然后，创建点（顶点），按图17.2创建点。


单击Create Vertex按钮 ，在模型内单击鼠标，输入高程值。

一旦创建了TIN顶点，转成离散数据点：

选择“Build TIN”菜单下的“TIN -> Scatter Points”命令，输入数据名（Starting Heads），OK，单击“Yes”删除TIN。

##### 17.9.2 创建数据集

最后，要定义初始条件，我们必须创建压力水头数据集，并存成文件，目录同FEMWATER的模拟文件目录。

转到3D Mesh模块 ，选择“FEMWATER”菜单下的“Initial Conditions”命令，在对话框左上角的中部的Pressure Head区域中，选择“Read from data set file”选项，单击“Generate IC”按钮，为“Active 2D scatter point set”选择“Starting\_Heads”，为“Minimum pressure head”输入值（-200），OK。输入文件名（starthd.phd），OK。

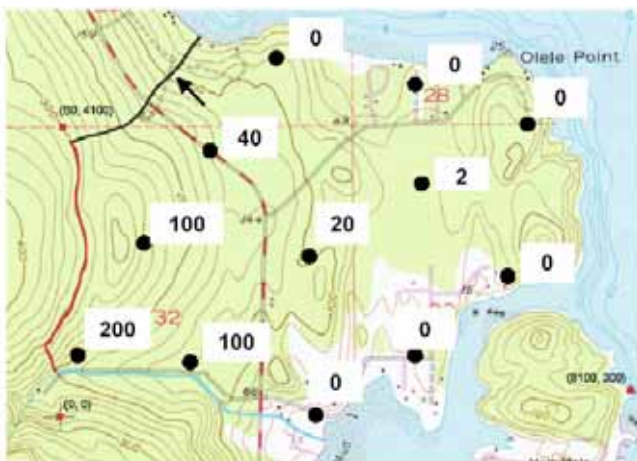


Figure 17.2 Locations and Elevations for New Points.

### 17.10 指定材料属性

建模的最后一步是指定材料的属性。选择“*FEMWATER*”菜单下的“*Material Properties*”命令。我们需要输入渗透系数和每一层的非饱和区曲线。对话框左边的项为溶质运移模拟使用。

指定上部含水层的材料属性：

在对话框的顶部列表框中选择“*Upper aquifer*”项，在“*Conductivity*”框架内的左上部编辑框内输入（10.0），单击“*Isotropic*”按钮给其他方向赋同样的渗透系数。单击“*Generate Curves*”按钮弹出（van Genuchten Curve Generator）对话框，为“*Max. height above water table*”输入值（6.0），在“*Preset parameter values*”区域，选择“*Silt*”，单击“*Compute Curves*”按钮，OK。

指定上部含水层的材料属性：

在对话框的顶部列表框中选择“*Lower aquifer*”项，在“*Conductivity*”框架内的左上部编辑框内输入（30.0），单击“*Isotropic*”按钮给其他方向赋同样的渗透系数。单击“*Generate Curves*”按钮弹出（van Genuchten Curve Generator）对话框，单击“*Compute Curves*”按钮，OK。

### 17.11 保存和运行模型

选择“*File*”菜单下的“*Save As*”命令，输入工程名称（*femmod.gpr*），*Save*。

注意：通过保存工程，我们保存了所有的数据。也保存了FEMWATER模拟的一系列文件（*femmod.\**），也可以通过“*FEMWATER*”菜单下的“*Save/Save As*”命令，来保存FEMWATER模拟而不保存其他数据。

运行FEMWATER：



选择“*FEMWATER*”菜单下的“*Run FEMWATER*”命令，OK。

### 17.12 查看结果

选择“*FEMWATER*”菜单下的“*Read Solution*”命令，OK。

#### 17.12.1 查看条纹图

选择“*Display*”菜单下的“*Display Options*”命令，打开“*Fringes*”选项，选择“*FEMWATER*”

选项卡，关掉“*Head*”和“*Flux*”选项，OK。转到oblique视图，选择Shade命令.

#### 17.12.2 查看水面等值面




一个更好的显示解的方法是在压力水头为0时的生成等值面。这创建一个符合计算水位的面。而且，如果将等值面盖在大于0的边上，我们将获得饱和区的压力变化色彩条纹图。


选择“*Display*”菜单下的“*Display Options*”命令，关掉“*Elements*”选项，打开“*Iso-surfaces*”选项，单击紧邻“*Iso-surfaces*”的“*Options*”按钮，为第一个等值面输入值（0.0），打开第一个等值面紧下方“*Cap*”

选项，OK。选择Shade命令.

#### 17.12.3 在地面上覆盖TIFF图像


最后我们将TIFF图像覆盖在地面上，用来说明计算水面与地面之间的空间联系。首先我们显示顶部TIN。

转到TIN模块，选择Select TINs工具，选择顶部TIN，选择Show命令，在GMS窗口左上角的TIN组合框内选择terrain。

转到Map模块，选择“*Images*”菜单下的“*Display Options*”命令，打开“*Texture map to surface when shaded*”选项，在组合框内，选择“*Map to active TIN*”选项，OK。选择Shade命令.

选择“*Rotate*”工具，从不同角度进行观看。

最后我们将平滑阴影选项：

选择“*Display*”菜单下的“*Shading Options*”命令，选择“*Smooth features*”选项，OK。选择Shade命令.



## 第18章 SEEP2D (承压)

SEEP2D是二维有限元稳定水流模型。它通常用于剖面模拟。可用于承压或潜水，相应的分为两部分。

### 18.1 问题描述

如图18.1：

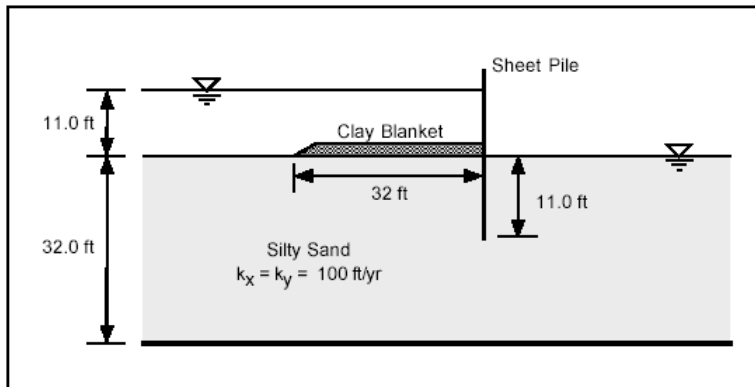


Figure 18.1 Confined Flow Problem.

### 18.2 启动GMS

### 18.3 所需模块和界面

2D Mesh模块  , SEEP2D界面。

### 18.4 创建网格

SEEP2D用两种类型的单元：三角形和四边形。问题简单时用现在介绍的方法，若问题复杂，则用MAP模块法。

#### 18.4.1 制定坐标系

如图18.2所示，坐标原点采用板桩上游90英尺处的基岩顶面点。

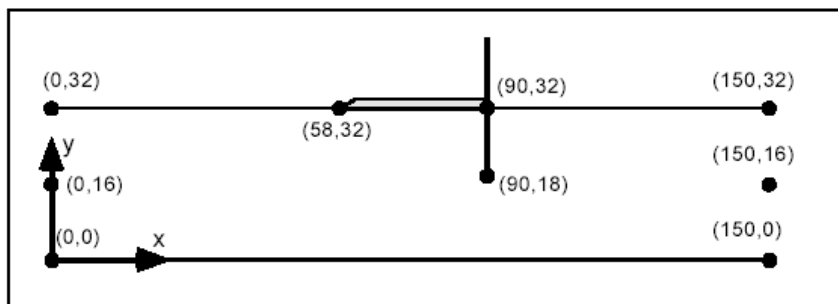


Figure 18.2 Coordinate System.



我们可以通过在关键处创建节点大方法创建网格，创建节点前，我们必须设置窗口边界，以致在我们的图形窗口中能看到实世界坐标系统的适当区域。

选择“View”菜单下的“Set Wind Bounds”命令，选择“X range to be specified”选项，设置“X at left”为(-10)，设置“X at right”为(160)，设置“Y at bottom”为(-10)，OK。

我们还需要通过设置网格线来帮助我们将节点放置到适当的位置：


选择“Display”菜单下的“Drawing Grid Options”命令，设置“Grid spacing”为(2)，打开“Snap to grid”选项，OK。


#### 18.4.2 创建角点

转到2D Mesh模块  ，从工具板上选择“Create Node”工具  ，在图形窗口内单击添加节点，根据窗口底部的坐标值创建以下坐标值的点：



x	y
0	0
0	16
0	32
58	32
90	32
90	18
150	32
150	16
150	0

如果点位不准确，可以通过 *Select Nodes* 工具  选择节点，然后在GMS窗口顶部的坐标编辑框修改坐标。

通过选中节点并按 *Delete* 键或选择 “ *Edit* ” 菜单下的 “ *Delete* ” 命令删除节点。单击 *Frame Image* 工具  使图形居中显示。

关闭网格显示：

选择 “ *Display* ” 菜单下的 “ *Drawing Grid Options* ” 命令，关掉 “ *Snap to grid* ” 选项，*OK*。创建的点如图18.3所示：

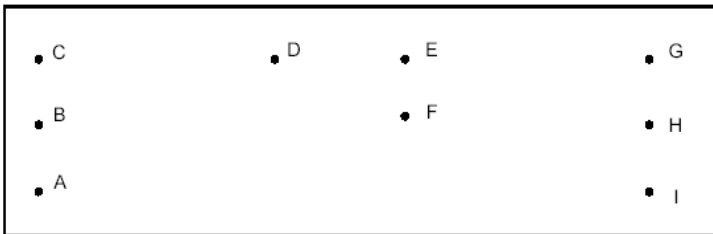



Figure 18.3 Nodes Created with the Create Node Tool.

#### 18.4.3 插值

选择 *Select Nodes* 工具 ，选择相邻的两个节点，选择 “ *Modify Mesh* ” 菜单下的 “ *Node Interp Options* ” 命令，选择 “ *Number of intervals in string* ” 选项并输入两点之间的间隔数（之间的节点数是间隔数 - 1），*OK*。

插值后的图18.4

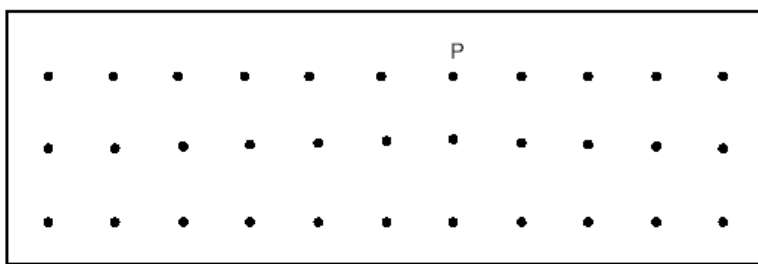



Figure 18.4 Nodes After Interpolating Intermediate Nodes.


#### 18.4.4 创建额外的点

添加点来刻画板桩。

从工具板上选择 “ *Create Node* ” 工具 ，添加点（90.25, 32.0）。

#### 18.4.5 创建单元

通常四边形单元比三角形单元更有效。

选择 “ *Create Linear Triangle Element* ” 工具 ，选择 “ *Build Mesh* ” 菜单下的 “ *Triangulate* ” 命令，选择 “ *Modify Mesh* ” 菜单下的 “ *Merge Triangles* ” 命令，*OK*。

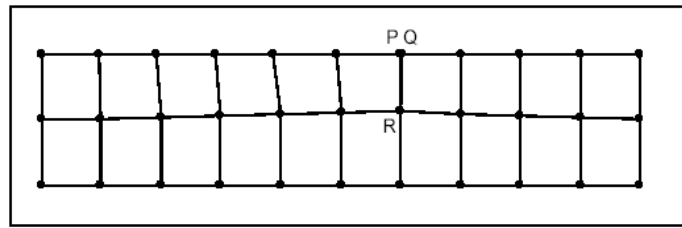





Figure 18.5 Mesh of Quadrilateral Elements.

#### 18.4.6 删除片状板桩单元

下一步要保证在单元中适当的表示板桩，板桩为隔水边界，因此需要在板桩位置的单元中添加一个裂缝。可以通过删除板桩位置的窄单元来实现。

选择Zoom工具，在板桩位置拖拉鼠标放大。显示如图18.6。单击“Select Elements”工具，选中PQR窄单元体，按Delete键或选择“Edit”菜单下的“Delete”命令，删除窄单元体。OK。选则Frame Image命令。

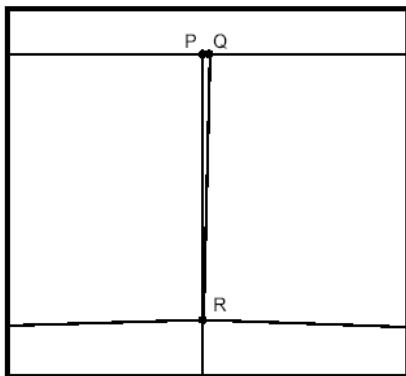


Figure 18.6 Region of Mesh where Sheet Pile is Located.

#### 18.4.7 细化网格

选择“Modify Mesh”菜单下的“Refine Elements”命令，OK。重复几次。

#### 18.5 重新对单元编号

要看节点半带宽：

选择“File”菜单下的“Get Info”命令，记下最大板带宽（366），OK。


现在计算每个节点在单元中的ID号：

完成节点和单元的构建：

选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，选中“Node numbers”选项，OK。

选择Zoom工具和Frame Image命令查看节点编号。

要对节点和单元进行重新编号，必须首先选择边界上的节点串。该串为重新编号指定起始点。

选择Select Node String工具，按从上到下的顺序依次选择最左列上的各节点（方法1：先单击顶部节点，然后依次向下单击节点；方法2：先单击顶部节点，然后按下CTRL键，单击底部节点），选择“Modify Mesh”菜单下的“Renummer”命令。沿网格的最小轴进行节点编号则最大节点半带宽最小。

取消显示节点编号：选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，取消“Node numbers”选项。

#### 18.6 初始化SEEP2D模拟

选择“SEEP2D”菜单下的“New Simulation”命令。

#### 18.7 设置分析选项

选择“SEEP2D”菜单下的“Analysis Options”命令，为Title输入（Sample Confined Flow Problem），

在“*Model Type*”区选择“*Confined*”，单击“*Units*”按钮，设置长度 $Length$ 单位( $ft$ )，时间 $Time$ 单位( $yr$ )，质量 $Mass$ 单位( $slug = 32.2$ 磅)， $OK$ 。

#### 18.8 指定材料性质

每个区有一组属性值，包括 $k_1$ 、 $k_2$ （为两个主渗透系数方向）和 $\alpha$ （ $X$ 轴与渗透系数主轴方向在逆时针方向上的夹角），如图18.7。

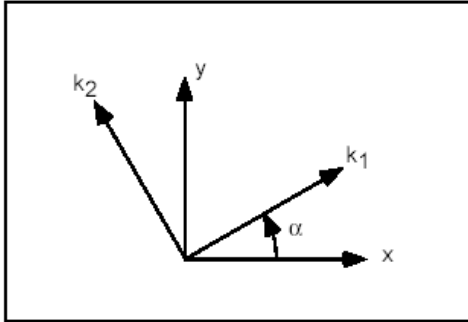


Figure 18.7 Definition of Hydraulic Conductivity Angle.

大多数土壤堆积物，渗透系数主轴为 $X$ ，此次轴为 $Y$ ，角度为0。

每个单元具有一个材料编号材料编号为材料属性列表的索引。由于模型只有一种岩性，因此所有的单元具有同一的材料编号（1）。输入属性值：

选择“*SEEP2D*”菜单下的“*Material Properties*”命令，为 $k_1$ 和 $k_2$ 输入值（100）， $OK$ 。

#### 18.9 指定边界条件

##### 18.9.1 定水头边界

如图18.8所示：

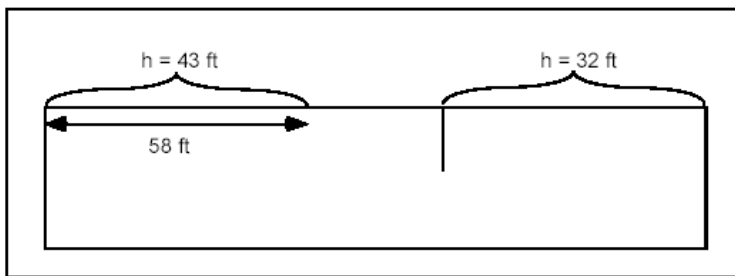



Figure 18.8 Constant Head Boundary Conditions.

单击 $Select\ Nodes$ 工具，选择粘土覆盖层左侧的顶部节点，选择“*SEEP2D*”菜单下的“*Node BC*”命令，为“*Head*”输入水头值（43）。

同样为板桩右侧的顶部单元赋值：要注意从板桩的右边单元（90.25，32）开始。

#### 18.10 保存模拟

选择“*SEEP2D*”菜单下的“*Save As*”命令，输入文件名（*tutorial\s2con\blanket.sps*）。

#### 18.11 运行SEEP2D

选择“*SEEP2D*”菜单下的“*Run SEEP2D*”命令。

#### 18.12 查看结果

选择“*SEEP2D*”菜单下的“*Read Solution*”命令。

选择“*Display*”菜单下的“*Display Options*”命令，选择 $SEEP2D$ 选项卡，打开“*Title*”和“*Total flow rate*”选项。

### 第19章 SEEP2D（潜水）

$SEEP2D$ 是二维有限元稳定水流模型。它通常用于剖面模拟。可用于承压或潜水，相应的分为两部分。

$SEEP2D$ 有两种方法用于非承压含水层问题。1）只计算饱和区，单元被切成潜水面。新的计算解组成新的网格单元文件和水头解文件。2）单元不变形计算饱和和非饱和区的水流。

### 19.1 问题描述

如图18.1：各向异性土坝，并具有防渗心墙。

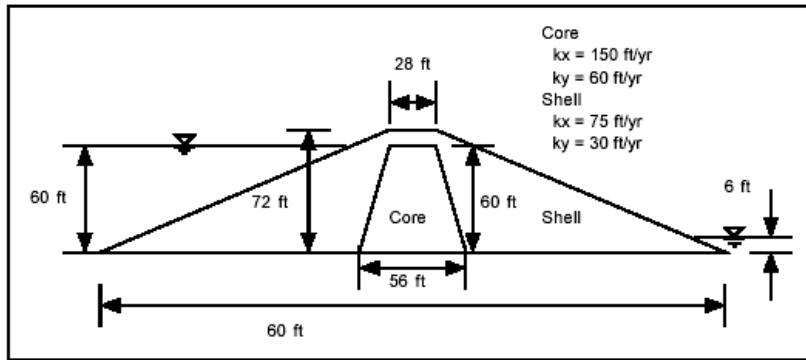


Figure 19.1 Unconfined Flow Problem.

### 19.2 启动GMS

#### 19.3 所需模块和界面

2D Mesh模块  , Map模块  , SEEP2D界面。

#### 19.4 创建网格

在Map模块  模式下用“Feature Objects”菜单下的“Map -> 2D Mesh”命令。

##### 19.4.1 制定坐标系

如图19.2所示，坐标原点采用坝的左下角。

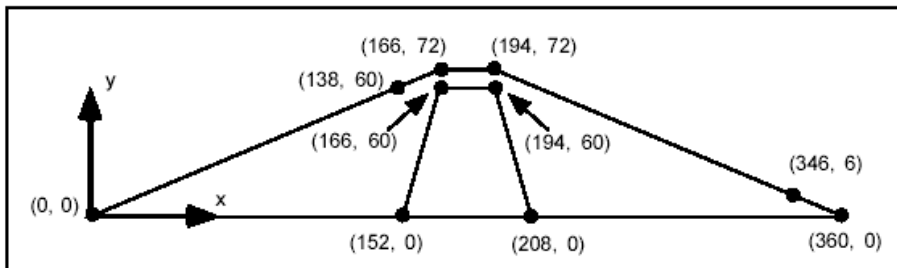


Figure 19.2 Coordinate System.


我们可以通过在关键处创建节点的方法创建网格，创建节点前，我们必须设置窗口边界，以致在我们的图形窗口中能看到实世界坐标系统的适当区域。

选择“View”菜单下的“Set Wind Bounds”命令，选择“X range to be specified”选项，设置“X at left”为(-10)，设置“X at right”为(370)，设置“Y at bottom”为(-50)，OK。



我们还需要通过设置网格线来帮助我们z节点放置到适当的位置：

选择“Display”菜单下的“Drawing Grid Options”命令，设置“Grid spacing”为(2)，打开“Snap to grid”选项，OK。


##### 19.4.2 创建图层


转到Map模块  ，选择“Feature Objects”菜单下的“Coverages”命令，将“Coverage Type”改为“SEEP2D”，输入名称（SEEP2D Mesh）。

##### 19.4.3 创建角点

转到2D Mesh模块  ，从工具板上选择“Create Node”工具  ，在图形窗口内单击添加节点，根据窗口底部的坐标值创建以下坐标值的点：

x	y
0	0
138	60
166	72
194	72
166	60
194	60
152	0
208	0
346	6
360	0

如果点位不准确，可以通过 *Select Nodes* 工具  选择节点，然后在GMS窗口顶部的坐标编辑框修改坐标。

通过选中节点并按 *Delete* 键或选择 “*Edit*” 菜单下的 “*Delete*” 命令删除节点。单击 *Frame Image* 工具  使图形居中显示。

关闭网格显示：

选择 “*Display*” 菜单下的 “*Drawing Grid Options*” 命令，关掉 “*Snap to grid*” 选项，*OK*。创建的点如图19.3所示：

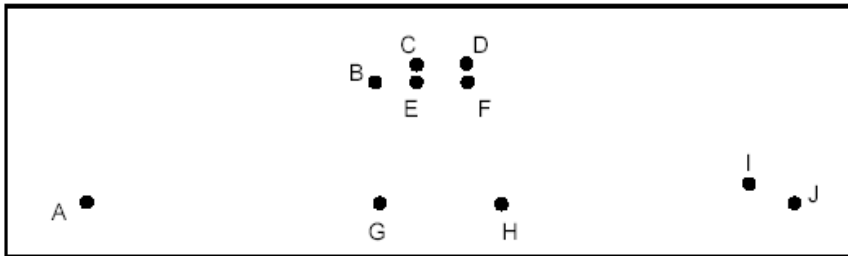



Figure 19.3 Points Created with the Create Point Tool


#### 19.4.4 创建弧段

创建弧段来指定边界。

单击 *Create Arc* 工具 ，沿坝一圈单击鼠标（A-B-C-D-I-J-H-G-A），创建心墙弧段（G-E-F-H）。

#### 19.4.5 顶点重新分布


我们的弧段只有一条边而无顶点。利用 *Map -> 2D Mesh* 命令来控制顶点间隔。

单击 *Create Arc* 工具 ，拖拉鼠标选择所有弧段，选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Redistribute Vertices*” 命令，选择 “*Target spacing*” 选项，输入 spacing 间距（4.0），*OK*。

#### 19.4.6 创建多边形

选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Build Polygons*” 命令，在提示框内单击 *OK* 按钮。

#### 19.4.7 指定材料类型

单击 *Select Polygons* 工具 ，在坝体外壳内双击鼠标，在弹出的对话框中，其默认材料名为 material #1，改为 Shell。

双击心墙区，在弹出的对话框中单击 *New* 按钮，输入名称（Core）。



#### 19.4.8 创建网格

选择 “*Feature Objects*” 菜单下的 “*Map -> 2D Mesh*” 命令，在提示框内单击 *OK* 按钮。

#### 19.5 重新对单元编号

现在计算每个节点在单元中的ID号：

要对节点和单元进行重新编号，必须首先选择边界上的节点串。该串为重新编号指定起始点。对于简单的土坝，从最左或最右边的节点开始编号一般最优。所以只要选择一个节点。

转到2D Mesh模块，选择Select Node String工具，选择最左的节点，选择“Modify Mesh”菜单下的“Renumber”命令。

取消显示节点编号：选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，取消“Node numbers”选项。

#### 19.6 初始化SEEP2D模拟

选择“SEEP2D”菜单下的“New Simulation”命令。

#### 19.7 设置分析选项

选择“SEEP2D”菜单下的“Analysis Options”命令，为Title输入（Sample Unconfined Flow Problem），在“Model Type”区选择“Unconfined”，选择“Saturated with deforming mesh”选项，单击“Units”按钮，设置长度Length单位（ft），时间Time单位（yr），质量Mass单位（slug = 32.2磅），OK。

#### 19.8 指定材料性质

每个区有一组属性值，包括 $k_1$ 、 $k_2$ （为两个主渗透系数方向）和angle（X轴与渗透系数主轴方向在逆时针方向上的夹角），如图18.7。

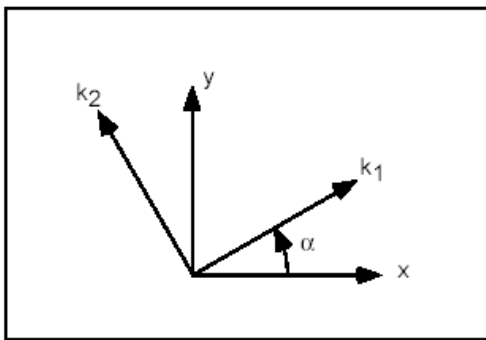


Figure 18.7 Definition of Hydraulic Conductivity Angle.

每个单元具有一个材料编号材料编号为材料属性列表的索引。输入属性值：

选择“SEEP2D”菜单下的“Material Properties”命令：

材料1 Shell：为 $k_1$ 和 $k_2$ 输入值（150，60）

材料2 Core：为 $k_1$ 和 $k_2$ 输入值（15，6）

#### 19.9 指定边界条件

此处有三种边界条件：隔水边界，定水头边界，渗出面。

##### 19.9.1 指定水头边界

如图19.4所示：

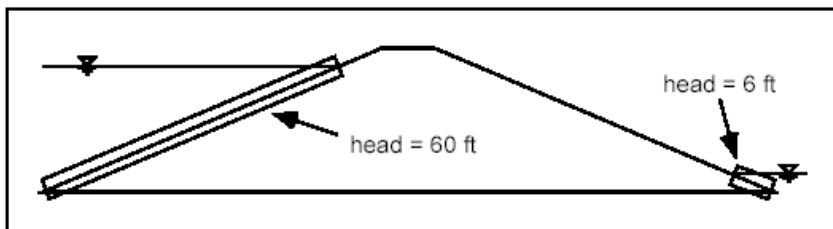




Figure 19.4 The Specified Head Boundary Conditions.

选择Select Node String工具，选择坝上游与水面交点（ $Y=60\text{ft}$ ），按下CTRL键单击左下角点（ $y=0$ ），则水面以下坝上游面节点都被选中，选择“SEEP2D”菜单下的“Node BC”命令，为“Head”输入水头值

（60）；选择Select Node String工具，选择单击右下角点（ $y=0$ ），按下CTRL键选择坝下游与水面交点（ $Y=6\text{ft}$ ），则水面以下坝下游面节点都被选中，选择“SEEP2D”菜单下的“Node BC”命令，为“Head”输入水头值（6）。

##### 19.9.2 渗出面边界条件



由于采用改变网格的方法，SEEP2D通过迭代求得潜水面位置，在迭代过程中，网格的形状发生改变，以使网格顶面与潜水面一致。为了引导迭代过程，我们需要将潜水面存在的节点标记为渗出面节点。潜水面可能存在的区域如图19.5所示：

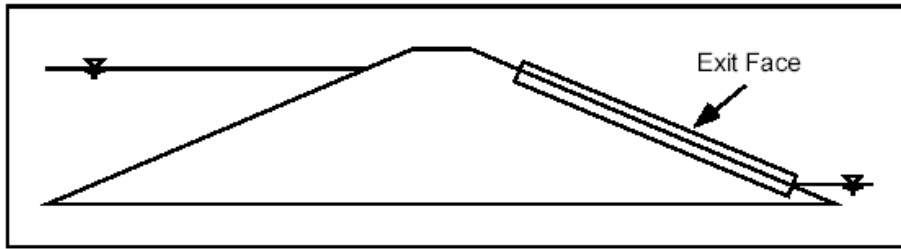


Figure 19.5 The Exit Face Boundary Condition.

选择渗出面的两端点，选择“SEEP2D”菜单下的“Node BC”命令选择“Exit Face”选项。

#### 19.10 保存模拟

选择“SEEP2D”菜单下的“Save As”命令，输入文件名（tutorial\s2unc\dam1.sps）。

#### 19.11 运行SEEP2D

选择“SEEP2D”菜单下的“Run SEEP2D”命令。

#### 19.12 查看结果

选择“SEEP2D”菜单下的“Read Solution”命令。在提示框内的单击“OK”按钮删除网格。

选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，关闭“Nodes”和“Elements”选项，选中“Mesh boundary”选项。

选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，选择SEEP2D选项卡，在“Base Material”下拉列表框内选择材料Core，OK。

#### 19.13 模拟非饱和区的水流

##### 19.13.1 读入原始模型

选择“SEEP2D”菜单下的“Read Simulation”命令，在提示框内的单击“No”，选择文件（dam1.sps），Open。OK。

##### 19.13.2 改变网格的显示

选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，打开“Nodes”和“Elements”选项。

##### 19.13.3 改变分析选项

SEEP2D中有两种方法计算非饱和区的相对渗透系数：线性锋面法和Van Genuchten法。线性锋面法，相对渗透系数从饱和值线性下降到给定负压水头下的用户指定最小值。Van Genuchten法，Van Genuchten参数用来定义非饱和区的相对渗透系数。详见SEEP2D Primer。此处用线性锋面法。

选择“SEEP2D”菜单下的“Analysis Options”命令，输入标题（Sample Unconfined Problem, Part II），在Unconfined区选择“Saturated/unsaturated with linearfront”选项，OK。

##### 19.13.4 编辑材料属性

需要输入相对渗透系数和压力水头阈值。

选择“SEEP2D”菜单下的“Material Properties”命令：

材料1 Shell：ho（-1.0），kro（0.001），为k1和k2输入值（150，60）

材料2 Core：ho（-4.0），kro（0.001），为k1和k2输入值（15，6）

#### 19.14 保存模拟

选择“SEEP2D”菜单下的“Save As”命令，输入文件名（tutorial\s2unc\dam2.sps）。

#### 19.15 运行SEEP2D

选择“SEEP2D”菜单下的“Run SEEP2D”命令。

#### 19.12 查看结果

由于网格不变形，产生包含水头、流速等的文件。

选择“SEEP2D”菜单下的“Read Solution”命令。

选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，关闭“Nodes”和“Elements”选项。

另一种用来查看饱和 / 非饱和解的有效方法是创建潜水面图。通过压力水头等值线和等于0的等值线获得。

选择“Display”菜单下的“Display Options”命令，选择SEEP2D选项卡，关闭“Flow lines”选项，OK。在GMS窗口顶部的数据集组合框内选择pressure\_head数据，选择“Data”菜单下的“Contour Options”命令，在Contour Interval区内选择“Specified values”选项，单击“Specified values”右边的“Values”按钮，输入第一条等值线的值（0.0），OK，OK。显示饱和 / 非饱和带的分界线。

## 第20章 UTCHEM

UTCHEM模拟地下水流和溶质运移的成熟软件，还可以模拟多相状态。UTCHEM是University of Texas at Austin大学的Center for Petroleum and Geosystems Engineering开发的。UTCHEM是一个三维化学流体模拟器。特别适合于抽水冲洗（抽水处理）包括表面活性剂加强的冲洗。

### 20.1 问题概述

本教程要解决的问题如图20.1所示。此问题是UTCHEM文档中所介绍的ex21和ex22中所涉及的问题的简化。该问题是一个中间有PCE溢出的X-Z方向的切片。处理方法是：在溢出处开挖一条沟，两边有两条冲洗沟。背景渗流场为由左向右的单方向流。

此问题可分为两部分：污染状态和处理状态。污染状态持续30天，包括中上部的PCE溢出源。处理状态包括一个60天的等待过程和持续630天抽出处理过程。处理方法是直接在溢出源上部放置开采井和在污染区的左侧和右侧放置两个注水井。

### 20.2 启动

### 20.3 所需模块和界面

3D Grid模块，UTCHEM界面。

### 20.4 创建网格

3D Grid模块，选择“Grid”菜单下的“Create Grid”命令，在“X-dimension”区内输入长度值（160.0）和单元数（49），在“Y-dimension”区内输入长度值（50.0）和单元数（1），在“Z-dimension”区内输入长度值（39.0）和单元数（24），OK。选择View I Axis命令。

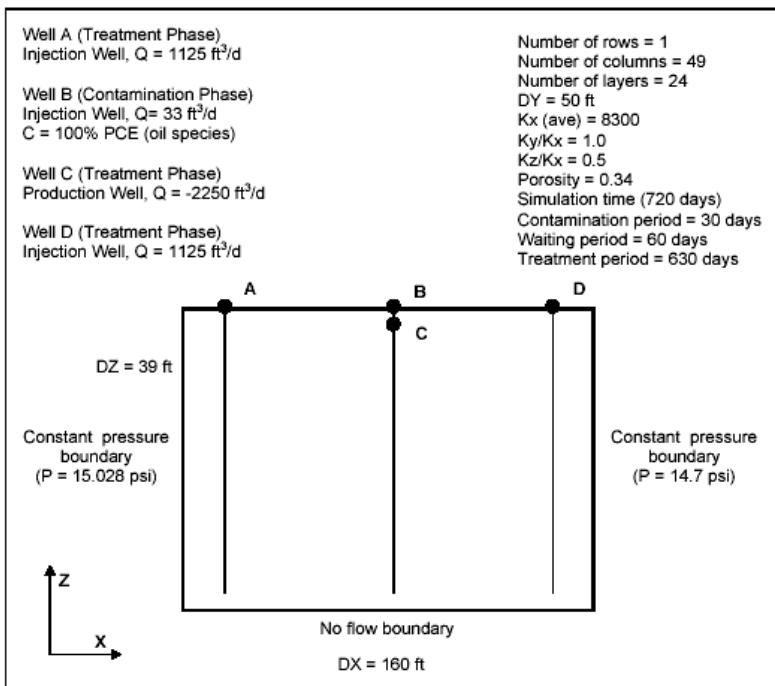


Figure 20.1 Sample Problem to be Solved with UTCHEM.

## 20.5 污染状态

首先我们模拟PCE从表面溢出，可用在模型中心的单个注水井中以稳定流量连续注入污染物30天。

### 20.5.1 初始化UTCHEM模拟

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*New Simulation*”命令。

### 20.5.2 一般选项

首先我们输入标题和基本信息：

为“*Run number*”输入“*EX21*”，为“*Title 1*”输入“*EX21: 2d X-Z PCE contamination in the saturated zone*”，为“*Title 2*”输入“*30 day PCE spill*”，为“*Title 3*”输入“作者姓名和日期”，保证默认语言为英语。从组合框内为数值弥散控制选项*numerical dispersion control choose*选择两点上游方法*Two point upstream method*。

然后制定模拟的物种，4种污染物：水、石油、氯化物和钙。

单击“*Define Species...*”按钮打开“*Define Species*”对话框，取消“*surfactant*”、“*alcohol 1*”和“*alcohol 2*”选项，在名称列表框内只留下以上四种物质（*water*、*oil*、*chloride*和*calcium*），选择“*oil*”，并将名称改为“*PCE*”，*OK*，*OK*。

### 20.5.3 时间选项

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Time Options*”命令，保证“*Output*”和“*Max & Inject*”的选项为“*Days*”，为“*time step size*”选择“*Automatic*”。

注入时段：*UTCHEM*的模拟时间域分为注入时段。出水量和边界条件值只能在一个注入时段的开始时改变。在此模拟中的污染阶段，我们将设置为一个长为30天的注入时段。

在对话框内单击“*Injection Periods...*”按钮，为“*Length*”输入（30.0）。

时间步长：当用字段时间步长选项时，*UTCHEM*允许最大和最小时间步长受*Courant numbers*和*days*的控制（详见*UTCHEM*用户手册的附录E）。初始时间步长总是为天的单位。

为“*Initial time step size*”输入（0.03），为“*Tol. for conc. change*”输入（0.003），在*Time steps*区，选择“*Courant Numbers*”作为最大最小时间步数的单位，为“*Max time step size*”输入（0.2），为“*Min time step size*”输入（0.04）。

输出间隔控制：

“*Output Intervals*”决定保存什么值，最重要的是“*Profiles*”的值，这决定以什么样的间隔将浓度值输出到GMS的数据文件：为“*Print data*”输入（15.0），为“*Prod. data*”输入（15.0），为“*Prod. histories*”输入（5.0），为“*Profiles*”输入（5.0），*OK*，*OK*。

输出控制：

“*Output Control*”允许我们选择从*UTCHEM*中保存什么数据。

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Output Control*”命令。在“*Profiles*”区包括可以保存在GMS数据表的形式，默认值为选中。在“*Print*”区，包括可以以文本编辑器浏览的*UTCHEM*的重要输出数据。在“*Profiles*”区，我们将输出“*Phase pressures*”、“*Phase saturations*”和“*Component concentrations*”；在“*Print*”区，关掉所有选项（即默认值）。*OK*。

含水层性质*Reservoir Properties*：

在“*Reservoir Properties*”区，我们指定含水层特性。一些特性，如孔隙度和压力，我们输入成数组的形式（每个单元一个值）。其他的属性则采用整个区一个值，如氯化物和钙。对于本问题，假定所有的值：

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Reservoir Properties*”命令，确保*Rock Compressibility*值为（0.0）和“*Reference pressure*”值为（14.7）。

指定孔隙度：

单击“*Porosity*”按钮，单击“*Constant -> Grid*”按钮并输入值（0.34），*OK*。

初始条件：

单击“*Pressure*”按钮，单击“*Constant -> Grid*”按钮并输入值（14.7），*OK*。单击“*Water Sat...*”按钮，单击“*Constant -> Grid*”按钮并输入值（1.0），*OK*。将“*Chloride*”和“*Calcium*”的值改为（0.009）。

**渗透性：**

为“ $K_x$ ”输入值( 8300 darcies )。单击“ $K_x$ ”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 8300 darcies ), OK。将“ $K_y/K_x$ ”和“ $K_z/K_x$ ”的值分别改为( 1.0和0.5 ), OK。

要编辑单元的属性值,可以选中单元,选择“UTCHEM”菜单下的“Cell Attributes”命令。

**20.5.6 物理属性**

现在输入物理属性值:相对渗透性,粘性,密度,可压缩性,弥散性和吸附参数。

**相态：**

相态行为主要与表面活性剂和助溶剂有关,但在此处不用。然而必须输入如下数据：

选择“UTCHEM”菜单的“Physical Properties”子菜单下的“Phase Behavior”命令,选择“Concentrations”选项卡,将“Oil concentration at plait point(+)”改为( 0.0 ),将“Oil concentration at plait point(-)”改为( 1.0 ),将“Critical micelle concentration”改为( 0.0001 ), OK。

**界面张力：**

选择“UTCHEM”菜单的“Physical Properties”子菜单下的“Interfacial Tension”命令,选择“Healy & Reed's correlation”选项,为“Water/micro-emulsion”输入参数:G1( 13.0 ),G2( -14.8 )和G3( 0.007 );“Oil/micro-emulsion”输入参数:G1( 13.0 ),G2( -14.5 )和G3( 0.01 );设置“XIFTW”为( 1.65 ), OK。

**有机溶质运移：**

编辑有机质量传输参数:选择“UTCHEM”菜单的“Physical Properties”子菜单下的“Organic Mass Transfer”命令,选择“Allow solubility of oil in water in absence of surfactant”选项,为“Equilibrium conc. of oil in water”输入( 0.00015 ), OK。

**相对渗透性：**

选择“UTCHEM”菜单的“Physical Properties”子菜单下的“Relative Permeability”命令,选择“First drainage corey”选项,在“Aqueous”栏中,单击“Residual Saturation”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 0.24 ), OK;单击“Kr Endpoint”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 1.0 ), OK;单击“Kr Exponent”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 2.85 ), OK;在“Oleic”栏中,单击“Kr Endpoint”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 0.65 ), OK;单击“Kr Exponent”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 2.7 ), OK;在“Microemulsion”栏中,单击“Residual Saturation”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 0.24 ), OK;单击“Kr Endpoint”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 1.0 ), OK;单击“Kr Exponent”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 2.85 ), OK。

**粘滞性：**

选择“UTCHEM”菜单的“Physical Properties”子菜单下的“Viscosity”命令,将“Water viscosity”改为( 1.0 ),将“Oil viscosity”改为( 0.89 ),确保“Reference temp.”为( 0.0 )。

在“Microemulsion viscosity”区内,将“Alpha 1”改为( 3.4 ),将“Alpha 2”改为( 1.0 ),将“Alpha 3”改为( 3.0 ),将“Alpha 4”改为( 1.0 ),将“Alpha 5”改为( 1.0 ), OK。

**组分密度：**

选择“UTCHEM”菜单的“Physical Properties”子菜单下的“Component Density”命令,为“Water”输入( 0.433 ),为“Oil”输入( 0.7036 ),为“Coef. Of oil in microemulsion”输入( 0.7036 ),跳过“Surfactant”、“Alcohol 1”和“Alcohol 2”,选择“Consider gravity effect”选项, OK。

**流体压缩性：**

不可压缩,将各种液体的“fluid compressibility”设置为0。

**毛细压力：**

选择“UTCHEM”菜单的“Physical Properties”子菜单下的“Capillary Pressure”命令,选择“Strongly water wet”选项,单击“Cap. Press. Endpoint”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( 1.4 ), OK;单击“Cap. Press. Exponent”按钮,单击“Constant -> Grid”按钮并输入值( -0.52 ), OK, OK。

## 扩散和弥散

选择“*UTCHEM*”菜单的“*Physical Properties*”子菜单下的“*Diffusion/Dispersion*”命令，在“*Dispersivity*”区中，将“*Aqueous phase*”的“*Longitudinal*”和“*Transverse*”分别改为(0.1和0.03)，重复最后两步为“*Oleic*”和“*Microemulsion*”赋值，OK。

## 吸附

本次模拟忽略。

### 20.5.7 边界

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Boundaries*”命令，确保“*Zone to be modeled*”区内的“*Saturated only*”被选中，选中“*Left boundary is specified*”和“*Right boundary is specified*”：

#### 左边界：

在左侧栏，单击“*Pressure at top layer*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*pressure*”标题下的编辑框中输入(15.028)，OK；单击“*Conc. of water*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的编辑框中输入(1.0)，OK；单击“*Conc. of chloride*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的编辑框中输入(0.009)，OK；单击“*Conc. of calcium*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的编辑框中输入0.009)，OK。

#### 右侧边界

在右侧栏，单击“*Pressure at top layer*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*pressure*”标题下的编辑框中输入(14.7)，OK；单击“*Conc. of water*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的编辑框中输入(1.0)，OK；单击“*Conc. of chloride*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的编辑框中输入(0.009)，OK；单击“*Conc. of calcium*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的编辑框中输入(0.009)，OK。

### 20.5.8 井

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Wells*”命令，单击“*New*”按钮，输入名称(PCE spill)，为“*well*”选择“*Rate constrained injection well*”类型，将“*Column*”改为(25)，将“*Skin factor*”改为(0.0)，从“*Phases*”列表框中选择“*oleic*”，单击“Q”标签右侧的图形框，在“*flow*”标题下的编辑框中输入(33.33)，OK。从“*Components*”列表框中选择“*PCE*”，单击“*Conc.*”标签右侧的图形框，在“*concentration*”标题下的编辑框中输入(1.0)，OK。

### 20.5.9 保存模型

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Save As*”命令，输入文件名(contamination.uts)。

### 20.5.10 运行

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Run UTCHEM*”命令，OK。

### 20.5.11 查看结果

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Read Solution*”命令，OK。

*UTCHEM*的解包含每种组分在每一状态下的浓度值数据集及相应的压力和饱和度数据集。我们主要研究PCE，它是第二种组分。从“*Data Set*”组合框内选择“*contamination\_c002*”，从“*TS*”组合框内选择最后一个时间步。由于PCE是DNPL，所以它迅速下降到含水层的底部。

### 20.5.12 改变等值线选项

选择“*Data*”菜单下的“*Contour Options*”命令，打开“*Use color ramp*”选项，OK。

## 20.6 处理阶段

添加井表示处理沟。一个排水沟在溢流处，两个注水沟位于溢流处的两侧。在该阶段开始，关掉PCE源，并在打开沟前允许溢出的PCE稳定60天。沟将运营2年。

为了确保获得适当的初始条件，我们将在此模拟中包含污染阶段的30天。这也确保我们有一个完整的后处理过程。

### 20.6.1 时间选项

首先我们创建额外两个注入阶段，第一个模拟停滞阶段，第二个模拟处理阶段。

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Time Options*”命令，在对话框内单击“*Injection Periods...*”按钮。

60天的等待阶段：

单击“*Insert Right*”按钮添加另一个注入阶段，在“*Injection period*”编辑区域，单击向上或向下箭头选择时段，为“*Length*”输入（60.0）。

在“*Time steps*”编辑域中，选择“*Days*”为最大和最小时间步数的单位。为“*Initial time step size*”输入（0.001），为“*Tol. for conc. change*”输入（0.003），在*Time steps*区，选择“*Courant Numbers*”作为最大最小时间步数的单位，为“*Max time step size*”输入（0.28），为“*Min time step size*”输入（0.014）。

“*Output Intervals*”决定保存什么值，最重要的是“*Profiles*”的值，这决定以什么样的间隔将浓度值输出到GMS的数据文件：为“*Print data*”输入（60.0），为“*Prod. data*”输入（60.0），为“*Prod. histories*”输入（5.0），为“*Profiles*”输入（5.0），OK，OK。

处理阶段：

单击“*Insert Right*”按钮添加另一个注入阶段，在“*Injection period*”编辑区域，单击向上或向下箭头选择时段，为“*Length*”输入（630.0）。

在“*Time steps*”编辑域中，选择“*Courant Numbers*”为最大和最小时间步数的单位。为“*Initial time step size*”输入（0.001），为“*Tol. for conc. change*”输入（0.003），在*Time steps*区，选择“*Courant Numbers*”作为最大最小时间步数的单位，为“*Max time step size*”输入（0.15），为“*Min time step size*”输入（0.01）。

“*Output Intervals*”决定保存什么值，最重要的是“*Profiles*”的值，这决定以什么样的间隔将浓度值输出到GMS的数据文件：为“*Print data*”输入（90.0），为“*Prod. data*”输入（90.0），为“*Prod. histories*”输入（5.0），为“*Profiles*”输入（30.0），OK，OK。

#### 20.6.2 边界

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Boundaries*”命令，确保“*Zone to be modeled*”区内的“*Saturated only*”被选中，选中“*Left boundary is specified*”和“*Right boundary is specified*”：

左边界：

在左侧栏，单击“*Pressure at top layer*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*pressure*”标题下的所有编辑框中输入（15.028），OK；单击“*Conc. of water*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的所有编辑框中输入（1.0），OK；单击“*Conc. of chloride*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的所有编辑框中输入（0.009），OK；单击“*Conc. of calcium*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的所有编辑框中输入（0.009），OK。

右侧边界

在右侧栏，单击“*Pressure at top layer*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*pressure*”标题下的所有编辑框中输入（14.7），OK；单击“*Conc. of water*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的所有编辑框中输入（1.0），OK；单击“*Conc. of chloride*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的所有编辑框中输入（0.009），OK；单击“*Conc. of calcium*”标题右侧的带有数字的图形框，弹出对话框，在“*concentration*”标题下的所有编辑框中输入（0.009），OK。

#### 20.6.3 井

选择“*UTCHEM*”菜单下的“*Wells*”命令，

左侧注水井：

单击“*New*”按钮，输入名称（*Left Injection Well*），为“*well*”选择“*Rate constrained injection well*”类型，将“*Column*”改为（16），“*Row*”保留（1），改“*Ending layer*”为（24），将“*Skin factor*”改为（0.0）；从“*Phases*”列表框中选择“*Aqueous*”，单击“*Q*”标签右侧的图形框，在“*flow*”标题下的三个编辑框中输入（1125.0），OK；从“*Components*”列表框中选择“*Water*”，单击“*Conc.*”标签右侧的图形框，在“*concentration*”标题下的第三个编辑框中输入（1.0），OK；从“*Components*”列表框中选择“*Chloride*”，单击“*Conc.*”标签右侧的图形框，在“*concentration*”标题下的第三个编辑框



中输入 (0.009), *OK*; 从 “*Components*” 列表框中选择 “*Calcium*”, 单击 “*Conc.*” 标签右侧的图形框, 在 “*concentration*” 标题下的第三个编辑框中输入 (0.009), *OK*。

开采井: (在排水渠处创建开采井)

单击 “*New*” 按钮, 输入名称 (*Center Production Well*), 为 “*well*” 选择 “*Rate Constrained Production Well*” 类型, 将 “*Column*” 改为 (25), “*Row*” 保留 (1), 改 “*Ending layer*” 为 (24), 将 “*Skin factor*” 改为 (0.0); 在 “*Phases*” 列表框中单击 “*Q*” 标签右侧的图形框, 在 “*flow*” 标题下的三个编辑框中输入 (-2250.0), *OK*。

右侧注水井:

单击 “*New*” 按钮, 输入名称 (*Right Injection Well*), 为 “*well*” 选择 “*Rate constrained injection well*” 类型, 将 “*Column*” 改为 (41), “*Row*” 保留 (1), 改 “*Ending layer*” 为 (24), 将 “*Skin factor*” 改为 (0.0); 从 “*Phases*” 列表框中选择 “*Aqueous*”, 单击 “*Q*” 标签右侧的图形框, 在 “*flow*” 标题下的三个编辑框中输入 (1125.0), *OK*; 从 “*Components*” 列表框中选择 “*Water*”, 单击 “*Conc.*” 标签右侧的图形框, 在 “*concentration*” 标题下的第三个编辑框中输入 (1.0), *OK*; 从 “*Components*” 列表框中选择 “*Chloride*”, 单击 “*Conc.*” 标签右侧的图形框, 在 “*concentration*” 标题下的第三个编辑框中输入 (0.009), *OK*; 从 “*Components*” 列表框中选择 “*Calcium*”, 单击 “*Conc.*” 标签右侧的图形框, 在 “*concentration*” 标题下的第三个编辑框中输入 (0.009), *OK*。

#### 20.6.4 保存模型

选择 “*UTCHEM*” 菜单下的 “*Save As*” 命令, 输入文件名 (*treatment.uts*)。

#### 20.6.5 运行

运行需要一段时间, 可以通过预先计算的解查看结果。

**用预先计算的解:**

选择 “*UTCHEM*” 菜单下的 “*Read Solution*” 命令, 单击 “*Select Simulation*” 按钮, 打开文件 (*tutorial/utchem/sample/utchem2.uts*), *Open*。

**计算新的解:**

选择 “*UTCHEM*” 菜单下的 “*Run UTCHEM*” 命令, *OK*。

读入解:

选择 “*UTCHEM*” 菜单下的 “*Read Solution*” 命令, *OK*。

*UTCHEM* 的解包含每种组分在每一状态下的浓度值数据集及相应的压力和饱和度数据集。我们主要研究 PCE, 它是第二种组分。从 “*Data Set*” 组合框内选择 “*treatment\_c002*”, 从 “*TS*” 组合框内选择最后一个时间步。

设置影像循环:

选择 “*Data*” 菜单下的 “*Film Loop*” 命令, 单击 “*Setup*” 按钮, 打开 “*Display clock*” 选项 *OK*。单击 “*Run*” 按钮开始动画显示, 单击 “*Stop*” 按钮停止动画, 单击 “*Step*” 按钮则一次只移动一幅, 最后单击 “*Done*” 按钮退出。