

地下水模拟系统（GMS）软件介绍

中国国际地下水模型中心



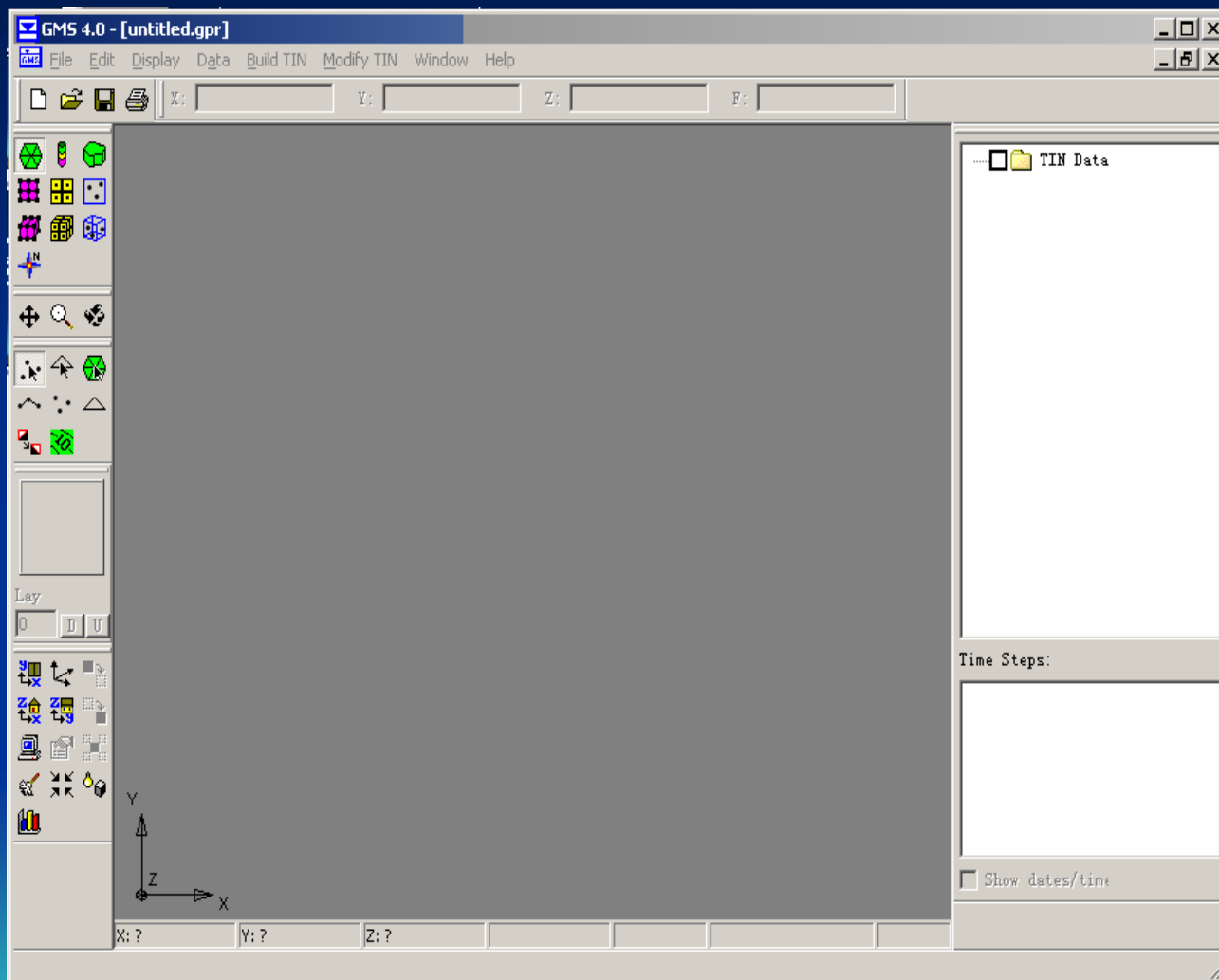


地下水模拟系统（Groundwater Modeling System）,简称GMS，是由美国Brigham young University的环境模型研究实验室在综合Modflow、Modpath等已有地下水模型基础上研发而成的，是一个具有综合性、用于地下水模拟的图形界面软件。

GMS图形界面由下拉菜单、编辑条、常用模块、工具栏、快捷键和帮助条六部分组成，使用起来非常便捷。



- 由于GMS软件具有良好的使用界面，强大的前处理功能及优良的三维可视效果，目前已成为国际上最受欢迎的水模拟软件。





- 以GMS4.0作为介绍对象，软件包括许多子模块，如Modflow、Femwater、T-progs等。各个模块在发挥各自的功能的同时，还可以与其它模型联合使用完成用户交给的任务，如T-progs不仅能单独建立一个地区的地质结构模型，还可与Modflow联合运用，可以建立地下水水量模型、地下水随机模型等。
- 由于GMS的子模块多，之间联系也比较复杂，可“以由局部到整体的方式”从以下几个方面对GMS进行介绍。



- 一、GMS各子模块功能简介
- 二、GMS数据的输入方式
- 三、基于GMS的地下水模拟模型



一、GMS各子模块简介

- GMS子模块可分为两种类型，一种是计算模块，另一种是辅助模块。
- 计算模块主要包括Modflow、Femwater、Mt3dms、Rt3d、Seam3d、Modpath、Seep2d、Nuft、Utchem等。
- 辅助模块包括Pest、Ucode、Map、Tins、Borehole、Solid、T-progs、2D-Scatter points、3D-Scatter points等。
- 下面将对各模块进行简要介绍。



- **Modflow子模块**是由美国地质调查局于80年代开发出的的一套专门用于模拟孔隙介质中地下水流动的三维有限差分软件。由于其结构的模块化、离散方法简单及求解方法的多样化等特点，已广泛用于模拟各类地下水流系统，并在应用中不断发展，目前已发展到Modflow2k，GMS4.0所采用是这一最新版本。
- **Femwater子模块**是用来模拟饱和流和非饱和流条件下水流和溶质运移的三维有限元耦合模型，还可用于模拟咸水入侵等密度变化的水流和运移问题。



- **Mt3dms子模块**用来模拟地下水系统中对流、弥散和化学反应的三维溶质运移模型。在计算过程中，需与Modflow联合使用。
- **Rt3d子模块**用来处理多组反应的三维运移模型，适用于模拟自然衰减和生物恢复。
- **Seam3d子模块**用来模拟复杂生物降解问题的模型，包括多酶、多电子接收器。
- **Modpath子模块**是确定给定时间内稳定或非稳定流中质点运移路径的三维示踪模型，需与Modflow联合使用。



- **Seep2d子模块**是用来计算坝堤剖面渗漏的二维有限元稳定流模型，可用来模拟承压流和无压流问题，也可用来模拟饱和和非饱和问题。
- **Nuft子模块**是用来模拟三维多相不等温水流和运移模型，它适合用来解决包气带中的一些问题。
- **Utchem子模块**是用来模拟多相流和运移的模型，它对抽水和水位恢复的模拟较理想，是一个已经被广泛运用的成熟模型。

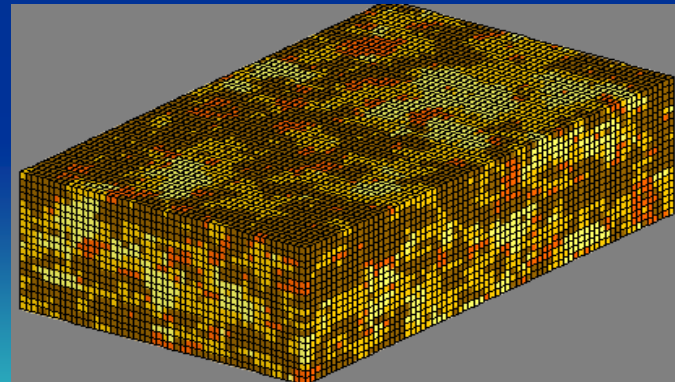
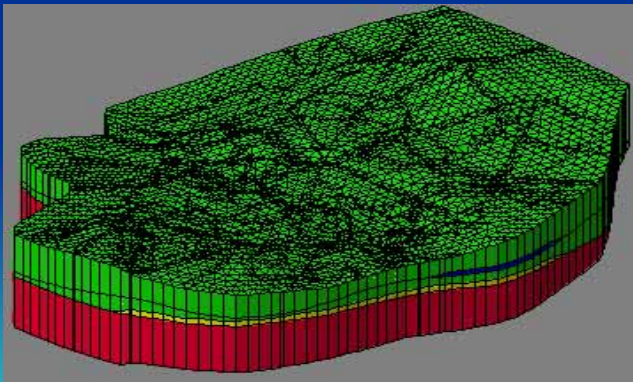
以上是GMS所包括的九个子模块。下面简单介绍一下GMS中的九个辅助模块。



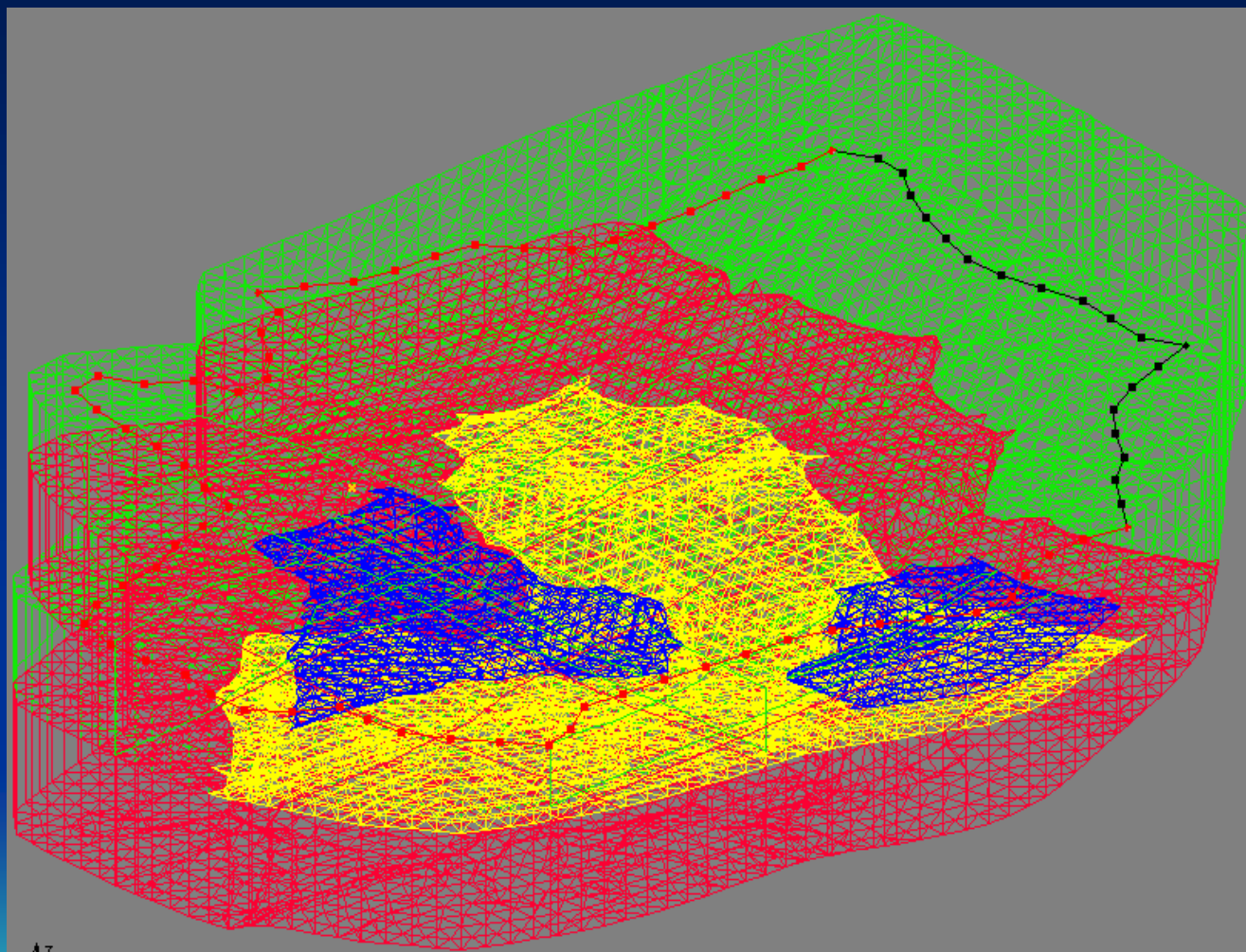
- **Pest和Ucode子模块**一般在使用Modflow、Feflow等计算模块时交替运用，来调整选定的参数，直到计算结果和野外观测值相吻合。
- **Map子模块**用来在GMS中建立概念模型。它可以Tiff、Jepg等格式图件为底图，在图上确定表示源汇项、边界、含水层不同参数区域点、线、面的空间位置，快速建立概念模型。
- **Borehole子模块**用来管理钻孔地层数据。多与Solid、T-progs模块联合使用，用来建立地质结构模型。

- **Solid子模块**是利用钻孔数据建立实体模型，结合Tins模块可产生实际地层的三维立体模型，并可任意方向进行切割、旋转。
- **T-progs子模块**是利用钻孔地层数据，采用转移概率的计算方法对区域地层进行模拟，以建立实际的三维立体模型。

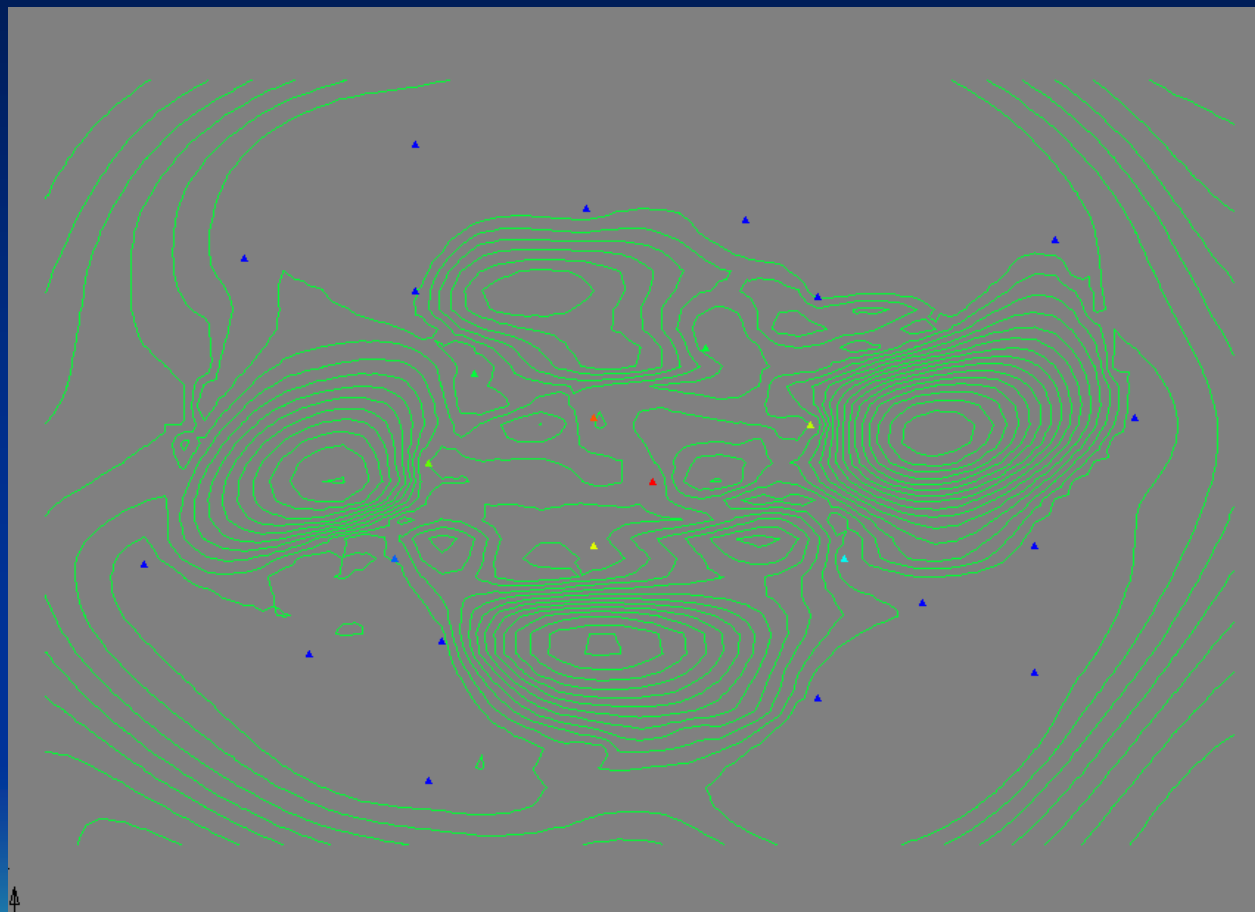
Solid、T-progs子模块均可与Modflow子模块联合使用，建立真三维的地下水流模拟模型。



- **Tins**是三维不规则网格，通常用来表示相邻地层的界面，多个Tins可用来建立Solid模型或三维网格。



- 2D-Scatter points和3D-Scatter points子模块分别用来管理二维和三维散点数据。利用散点数据，可进行空间插值。





- GMS软件模块多，功能全，几乎可以模拟与地下水有关的所有水流和溶质运移问题，与其它同类模型软件相比，具有许多优点。

1、概念化方式建立水文地质概念模型

建立概念模型是地下水数值模拟中重要的步骤之一，它除了网格化方式外，还有一种概念化的方式，即可利用Map模块，又可利用Gis中的Shp格式文件，建立以点线面表示的概念模型，通过模型转换，可将点线面所带有属性数据转换到相应网格的单元与节点上。与网格化方式相比，无需对每个网格单元进行操作、方便、快捷、准确。





- **2、前后处理更强**

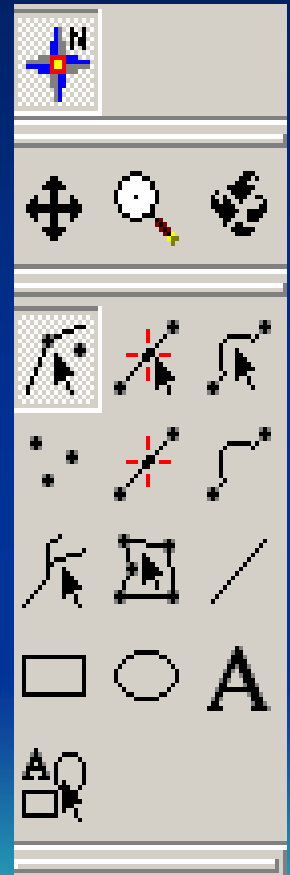
结合GMS众多的辅助模块，可方便的输入一系列文件，实现了可视化的输入；同时计算模块的计算结果又可调入辅助模块中进行后处理，实现了计算结果的可视化。

- **3、版本更新快，功能不断完善**

GMS软件不断升级，补充许多新的应用程序，不断完善各模块的功能。在最新的5.0版本中，增加了GIS模块，加强了Map模块的功能（4.0调入的仅仅是位置数据，属性数据需用户在GMS中自己增加，5.0加强了这一功能），可以更方便、快速的建立概念模型。

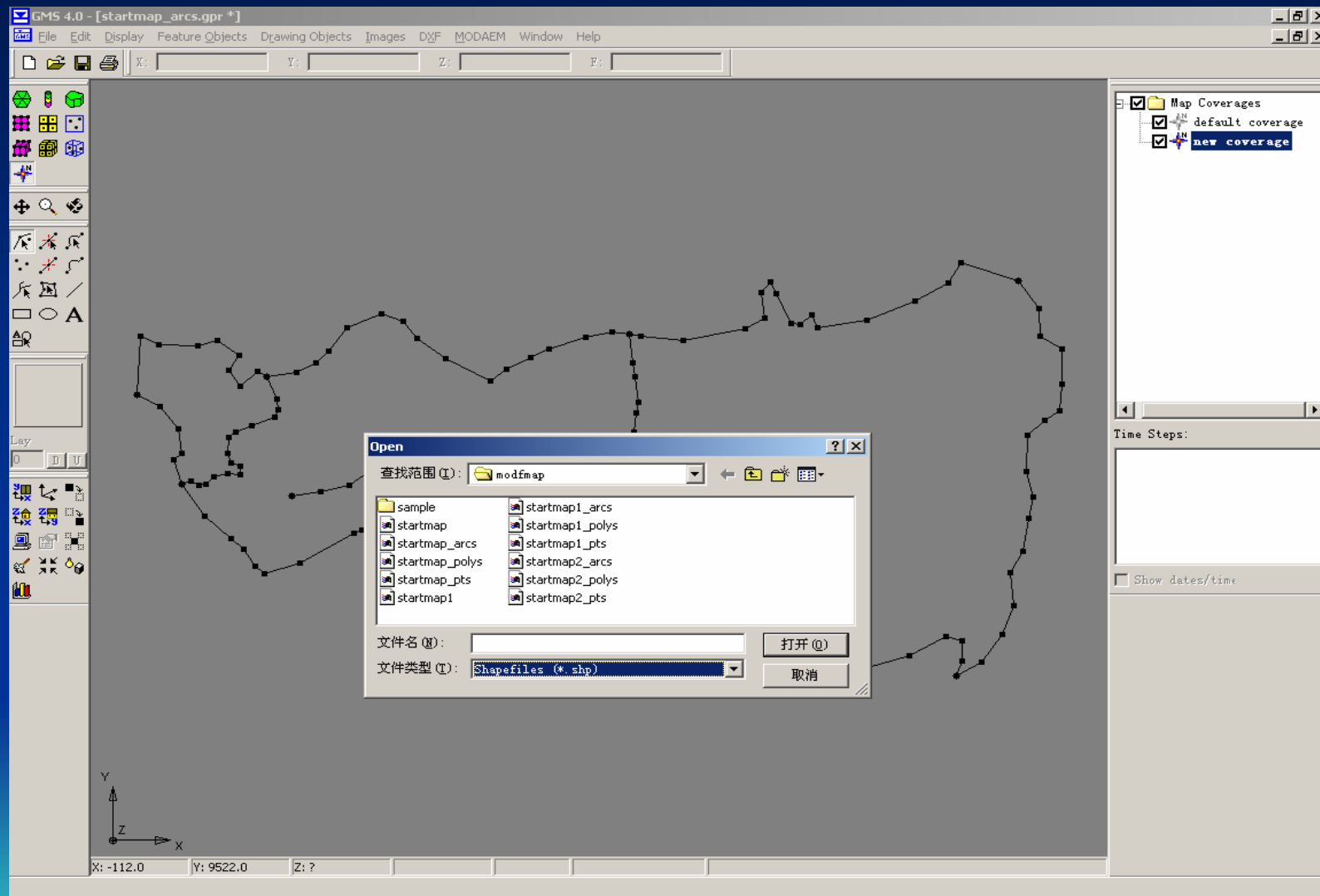
二、GMS数据的输入方式

- 由于GMS软件是由众多模块综合而成，因而GMS软件数据的输入方式有很多种，归纳起来，有三种方式：模块Map数据输入、外部GIS数据输入、工具性辅助模块数据输入。
- 1、模块Map数据输入利用Map模块所提供的各种工具，直接在调入GMS中的栅格图像文件上，做出用户需要的特征体（点，线，面），如抽水井位置，河流，各种分区等，然后调入GMS模型。



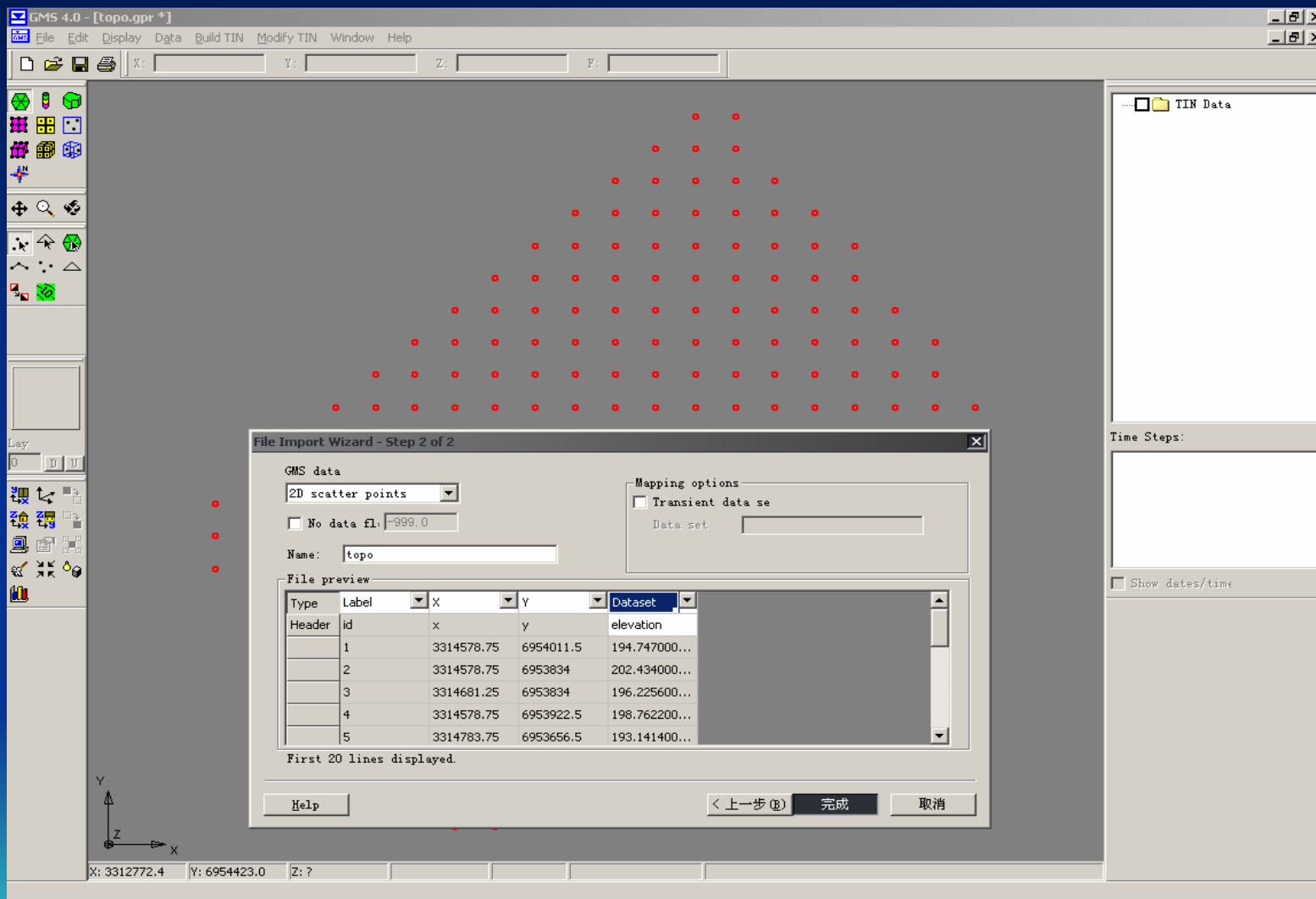


- 在Map模块中，*.tiff、*.jpg格式文件可以被调入GMS中做为底图使用。
- 对于较复杂地区，由于Map模块本身的原因，这种方法不太适用，一般都采用下面的方法建立概念模型。
- 2、外部GIS数据输入
- 与Map模块有相似之处，也是用特征体来表示用户需要的概念模型，不同的是，这种方式的数据可以不依靠GMS，利用别的GIS软件，如Arcgis、Arcview等独立完成。GMS所需要的数据为.shp格式。这种方式实现了软件与数据间的无缝连接，用户可以更加自如的利用GIS软件建立自己的概念模型，对于复杂的地区，这种方式就更有优越性。
- 当然，GMS还可兼容如CAD，sufer、Dem/Grid等文件，由于利用较少，只介绍shp文件数据。



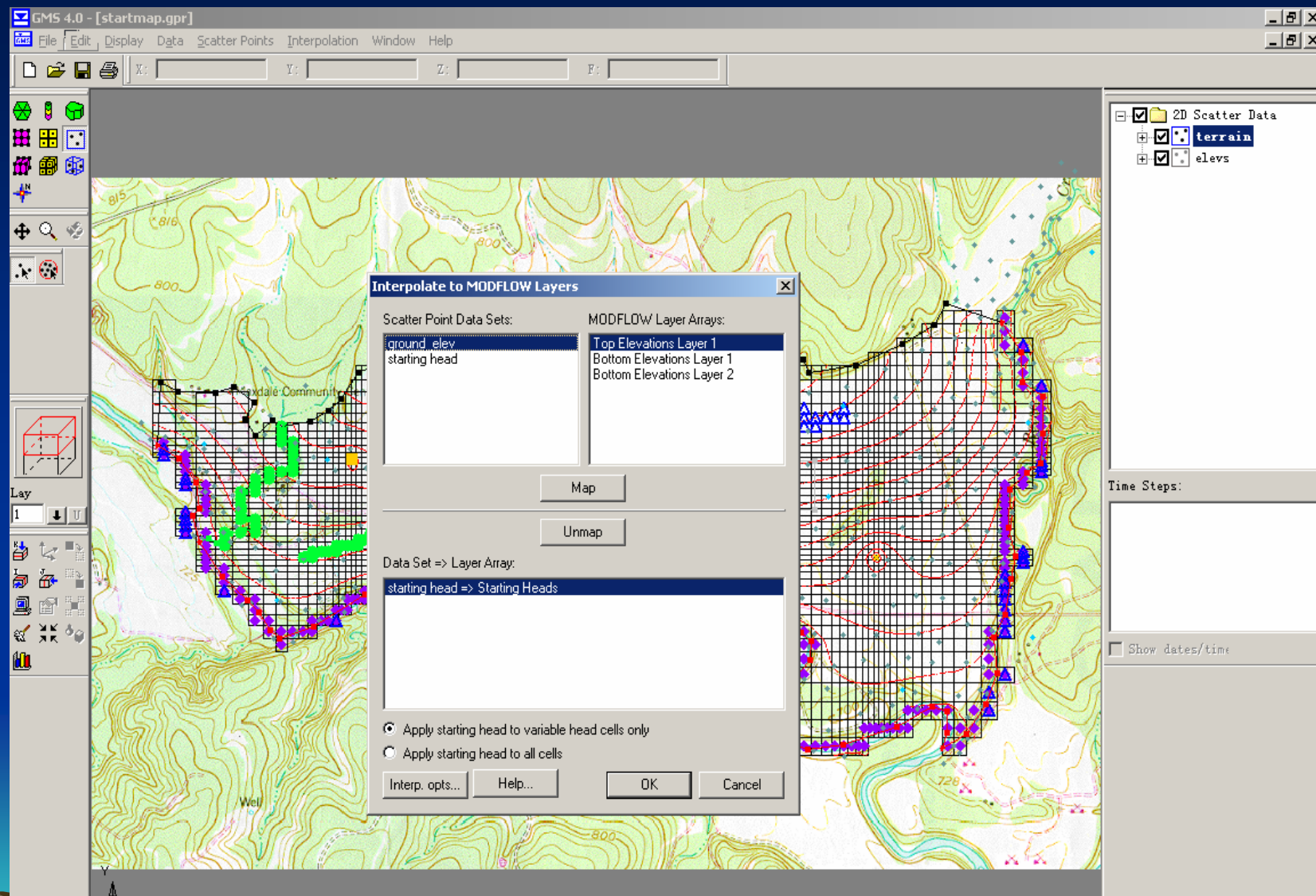


- 3、工具性辅助模块数据输入
- 这种输入方式可以使模块对一些数据进行专门管理，并且能满足用户的某些要求。如 Borehole、2D-scatter points、3D-scatter points等。所采用的数据格式为*.txt形式，在GMS中，这种数据格式有较广的应用，如二维、三维散点数据，稳定、非稳定的抽水井数据，观测数据，钻孔数据。
- 数据调入GMS中后，辅助模块管理这些数据，并可利用这些数据实现一些功能。如插值，建立地层结构模型等。



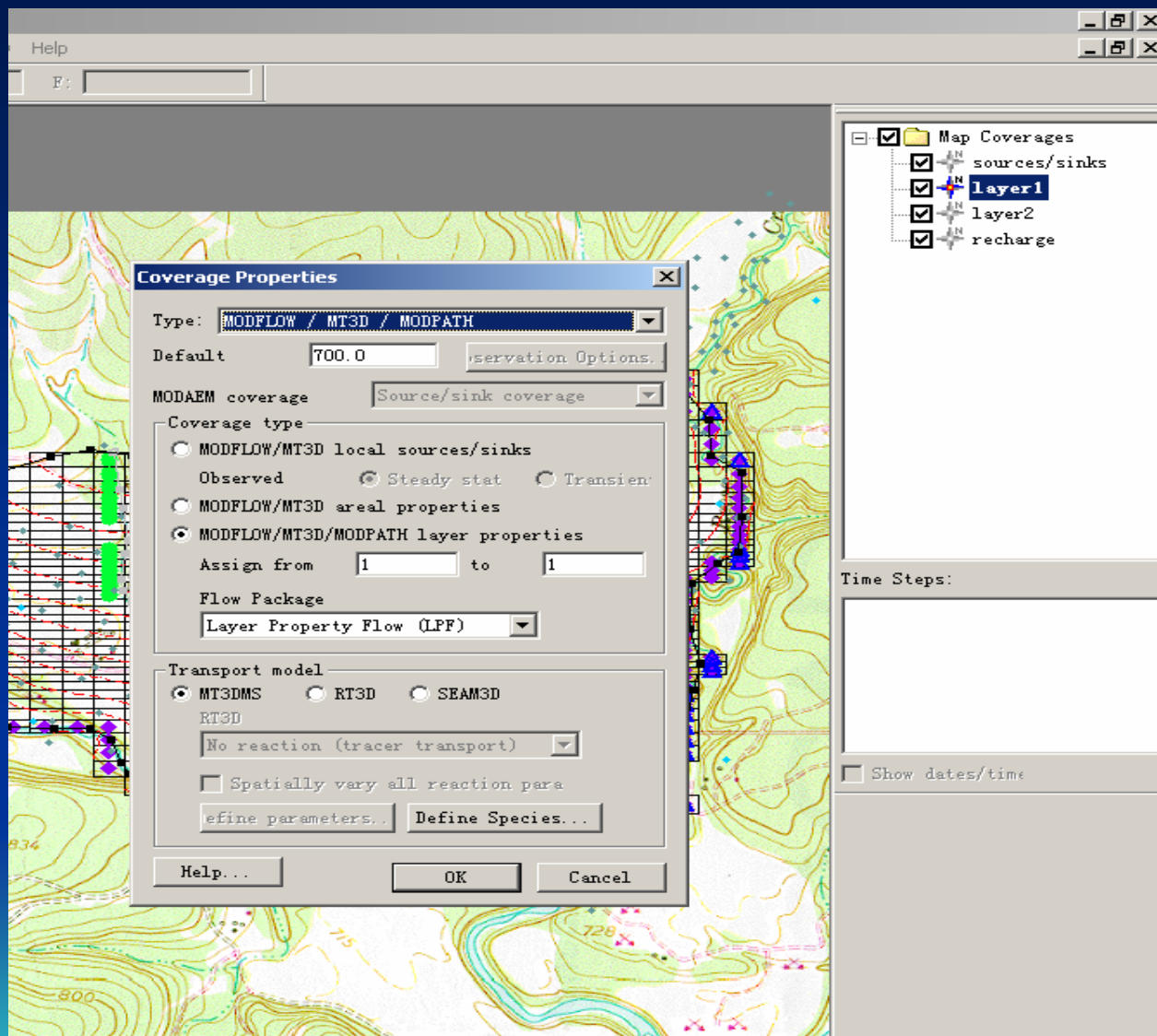
三、基于GMS的地下水流模拟模型

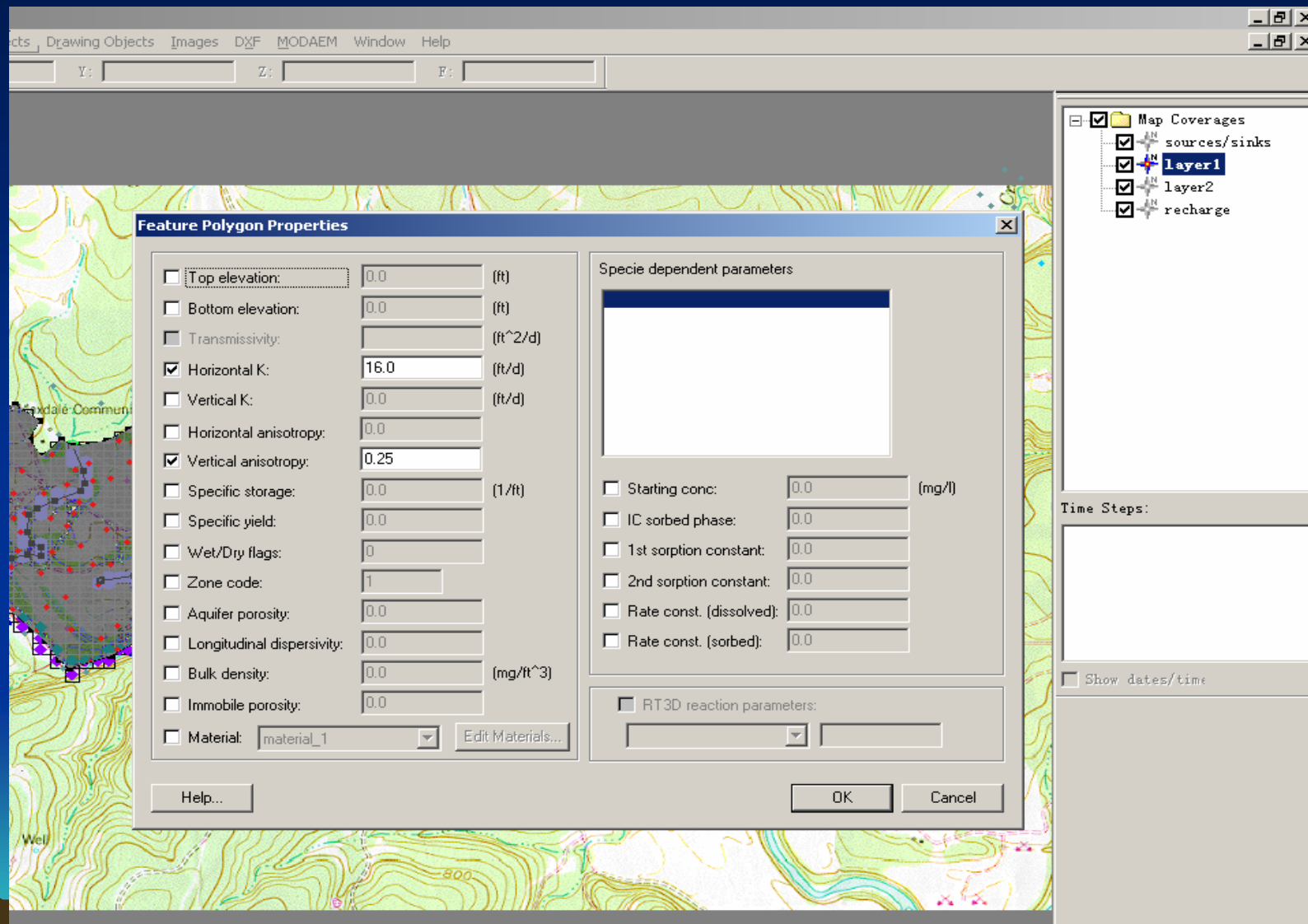
- 基于GMS的地下水流模拟模型的建立大致可分为四个阶段，输入模拟模型的几何参数，输入模型源汇项（source and sink），调试模型、运算结果输出。
- 1、输入模型的几何参数
- 模型几何参数包括模拟层的顶底板、模型边界、初始水位及模拟层的水文地质参数等。在GMS中，可利用散点子模块，采用二维插值的方法赋予模拟层位的顶底板值；数据格式为.txt形式。模型边界的位置即可采用Map模块，也可采用.shp文件格式输入。
- 目前modflow已发展到modflow2k，给模型赋水文地质参数已由以前的单一以层的形式赋值发展到根据岩性赋值，该软件两种方法都可以实现。





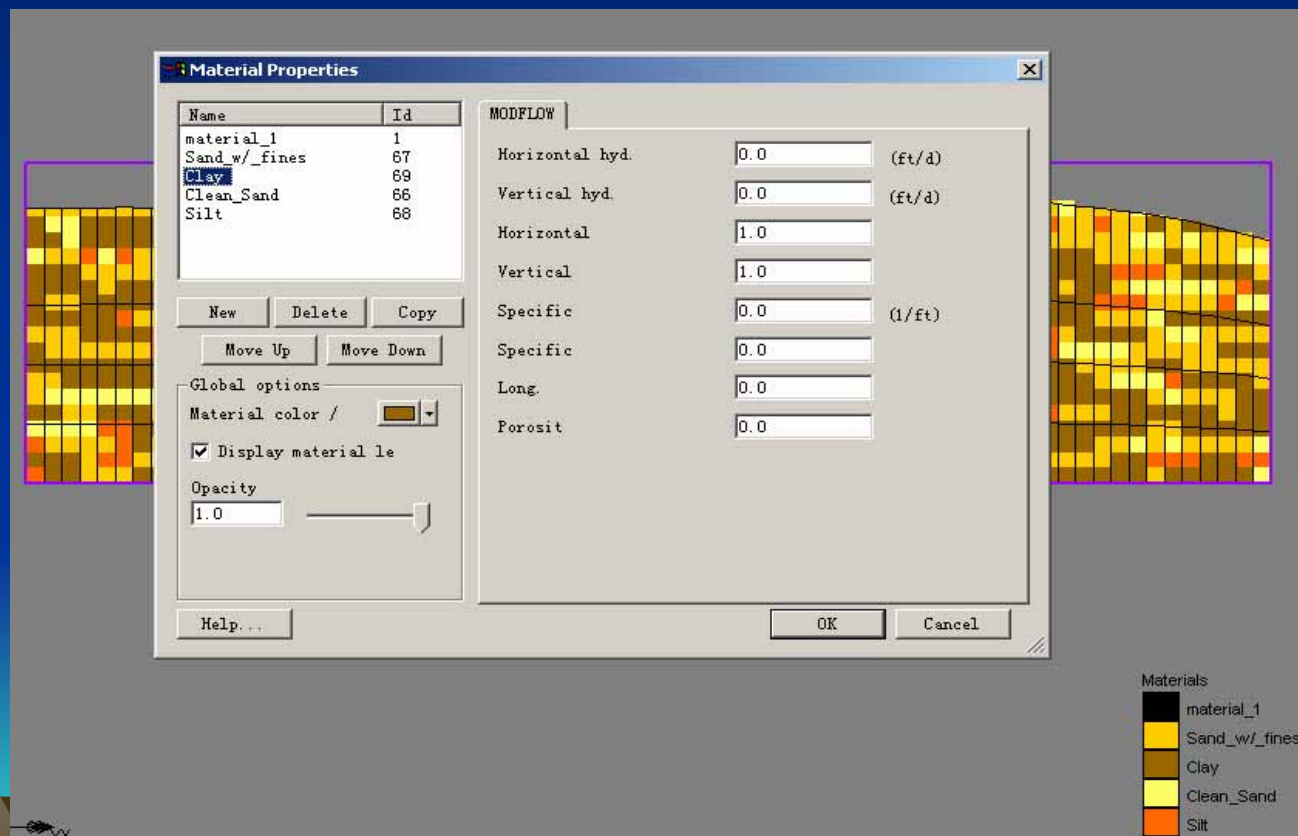
- 以层赋参数的方法比较简单，并易于理解，在确定模拟层的底顶板后，选择Map coverages中的特征体，将其属性设为layer properties，可给层赋参数。





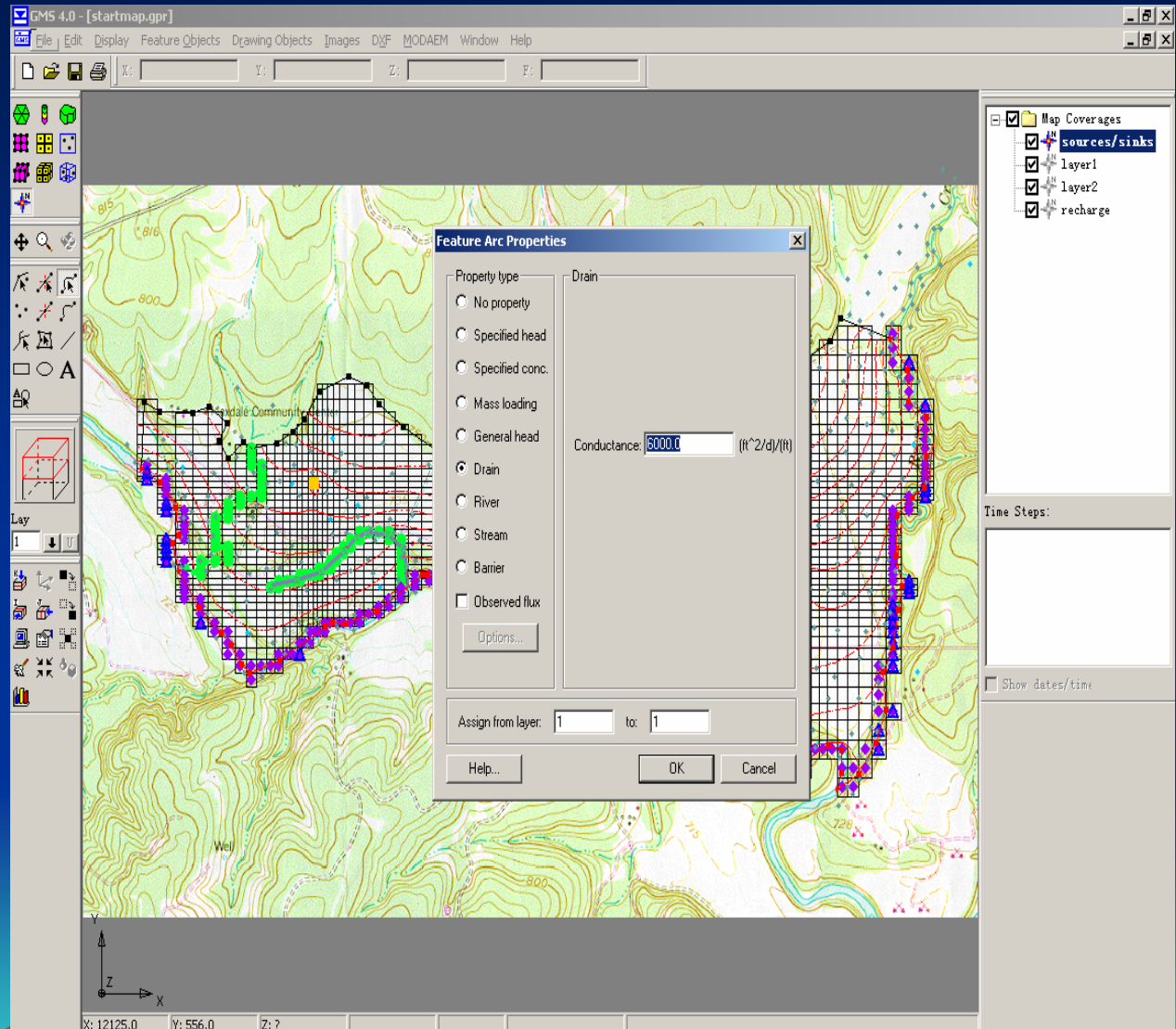


- 除此之外，GMS还可以岩性赋参数，与Solid或T-progs形成的地质实体结构模型联合运用，在计算模型中，模拟层的参数是以组成层的各岩性经过一系列计算得到的，应用的是目前Modflow中最新的HUF软件包。





- 2、模拟模型的源汇项比较复杂，但整体来看可以分为三种形式来表达，即点、线、面。利用外部GIS软件，将模型的源汇项分别做成不同的shp文件，调入计算模型后，根据源汇项的不同，在GMS中赋值。



- 3、调试模型
- 前两步的实现已经建立起研究区的水文地质概念模型，在GMS中，将概念模型应用于Modflow计算模块，经过模型计算，得出模型运算结果。但是由于在建立概念模型中，所给定的参数、源汇项存在一定的偏差，因此，模拟模型一般都需要经过一个反复调试的过程。GMS提供了较好的调试工具，即Pest与Ucode子模块，反复利用这两个子模块，能使模拟模型快速、准确地与实际结果相拟合。





- 4、运算结果输出
- 基于GMS建立的地下水模拟模型的优点之一是实现计算结果的可视化。在用Solid或T-progs形成的地质结构模型中，可以在任意方向进行空间三维显示，对地质结构可沿任意方向进行切割，以了解研究区内部物质的发育状况。对于用Modflow等计算模块得到的结果，可调回Map模块，在Map模块中进行处理。
- 当然，运算结果也可以以多种形式输出，利用一些专门的工具软件，对运算结果重新进行处理，如Modflow运算所得到的水位等值线，数据能形成ASCII文件用记事本打，特征体（点线面）可另存为shp文件。



- 总之，基于GMS建立的模拟模型，其输入输出形式是多样的。表中给出其输入所需要的数据格式。其输出格式以第2—6行所示的格式类型为主。

File Type	File Ext	Description
Model Super Files	.mfs, .rsp, .mts, .rts, .sms, .uts, .nft, .fws, .ads, .fas, .ats, .sps	GMS uses super files to help organize model files, which can be numerous. Opening the super file will import the entire model and all associated model files. This will NOT open any GMS specific data, such as Map data or TIN data etc. The file models associated with each super file extension are as follows: .mfs = MODFLOW, .rsp = MODPATH, .mts = MT3DMS, .rts = RT3D, .sms = SEAM3D, .uts = UTCHEM, .nft = NUFT, .fws = FEMWATER, .ads = ADH, .fas = FACT, .ats = ART3D, .sps = SEEP2D
Text files	.txt	Text files where the data is in columns, as you might export from a spreadsheet. This brings up the GMS Text Import Wizard . Many different types of data can be brought in to GMS by using the Text Import Wizard .
DXF	.dxf	Vector drawing data used for background display or for conversion to feature objects.
JPEG - TIFF	.jpg, .tif	Raster image files used for background display or for texture mapping to a surface.
Shapefiles	.shp	ArcView shapefiles.
DEM / Grid	.asc, .ddf, .ggd, .dem	ASCII 2D grid exported from Arc/Info or ArcView, , ASCII 2D grid exported from GRASS
Surfer Grid	.grd	ASCII 2D grid exported from Surfer.
Map files	.map	GMS file that stores data used in the Map module

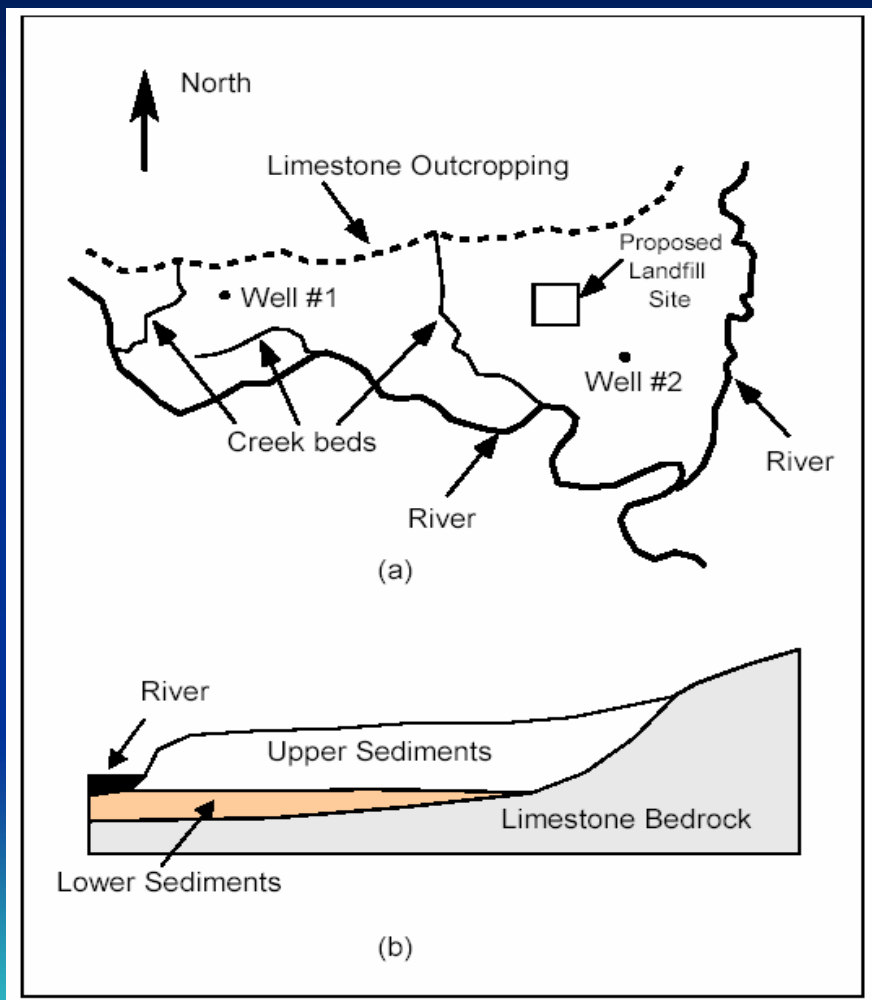


Thank you!



实例

- 采用以上所述的数据输入、输出方式, 模拟East Texas某一地区地下水稳定流场。区内基本情况如图所示:



- 如图a所示，北边界石灰石出露，为隔水边界，南部、东部是以河流为界，当做是定水头边界；三条溪流在区内流过，有时干涸有时会得到地下水的补给；另外区内还有两个抽水井。
- 图b，可将含水系统概化为两层，几何结构如图所示。

