

文章编号: 1671 - 1912(2004)02 - 0184 - 03

可视化的地下水数值模拟*

王晓明, 代革联, 巨天乙, 唐亦川

(西安科技大学 地质与环境工程系, 陕西 西安 710054)

摘 要: 首先简述了 DOS 环境下, 地下水数值模拟面对的问题, 随后以地下水模拟系统 GMS 4.0 为例介绍了图形用户环境下地下水数值模拟专业软件的特点。在图形用户环境下, 借助于面向对象编程的概念及地理信息系统空间分析技术, 地下水数值模拟从模型建立、数据准备到结果输出实现了图形化和可视化, 建模过程是面向对象的。这大大有助于人们对地下水数值模拟这一有力分析工具的掌握与应用。同时文中也从一个侧面反映了目前地下水数值模拟专业软件的主流趋势及发展方向。

关键词: 地下水数值模拟; 图形用户环境; 可视化

中图分类号: P 641.2 **文献标识码:** A

1 DOS 环境下的地下水数值模拟的局限性

地下水数值模拟是各种数值方法在水文地质计算中的应用。就方法而言, 地下水数值模拟包括有限差分法、有限单元法、边界元法等; 就问题而言, 有正演问题、反演问题^[1]。自上个世纪 60 年代, 人们开始把数值模拟应用到地下水计算中以来, 地下水数值模拟的理论与方法得到了长足的发展。地下水数值模拟不仅可以解决地下水流问题, 还能解决水质和污染物在地下水中的运移问题、淡 - 盐水分界面运移问题、地下水的最佳管理问题^[2]。地下水数值模拟已成为人们分析、模拟地下水必不可少的强有力工具。

数值方法固然有很多优点, 在解决许多水文地质计算问题时, 非它莫属。但数值方法的掌握与使用确非易事。问题出在 2 方面: 一是程序的编写; 二是数据的处理。

地下水数值模拟程序通常使用 BASIC 语言, 或是 FORTRAN 语言编写。程序少则几十句, 多则上百句。要求编写人员除掌握这两种语言外, 还要熟悉有限差分法、有限单元法、边界元法等数值方法的计算原理与计算过程。这使许多想学习与掌握数值模拟的人望而却步。另一个问题是数据的处理, 包括前期模型所需数据的准备及计算结果的处理。先是剖分, 编号, 然后是准备关于节点坐标、水头、各单元含水层参数的数据文件。对于计算结果则往往需要另行处理。

2 可视化的地下水数值模拟

图形用户环境下的地下水数值模型以美国杨百翰大学环境模拟实验室开发的地下水模拟系统 4.0 版本 (GMS 4.0 Groundwater Modeling System) 最具代表性。

在 Windows 视窗操作系统之前, 人们在 DOS 环境下已开发出一些功能相当完善的用于地下水模拟的应用程序, 如 MODFLOW, FEMWATER, MT3DMS 等。MODFLOW 是由美国国家地质调查所的 McDonald & Harbaugh 于 1988 年开发的三维饱和流有限差分法模型。FEMWATER 是三维有限元模型。可以模拟饱和、非饱和流及溶质运移问题。最初由宾夕法尼亚州立大学的 G. T. (George) Yeh 于 1992 年编写的。

地下水模拟系统 GMS 的设计初衷是为这些 DOS 环境下编写的应用程序在 Windows 视窗环境下提供一个图形用户界面, 以方便这些应用程序的前处理(数据准备)和后处理(结果输出)。GMS 系统由一个图形用户界面及若干个数值模型构成。包含在 GMS 系统中的数值模型有 MODFLOW, MT3DMS, RT3D, SEAM3D,

* 收稿日期: 2003 - 01 - 16

作者简介: 王晓明(1960 -), 男, 江苏徐州人, 副教授, 硕士, 主要从事水文地质工程与工程地质方面的教学与研究工作。

MODPATH, SEEP2D, FEMWATER, NUFT, UTCHEM。它们分别用于模拟不同环境下的地下水问题。GMS 将这些分析代码集成在一个图形用户界面下,使得不同的数值模型之间可以共享信息。如数值模型 MODFLOW 的计算结果可由数值模型 MODPATH 直接调用。GMS 是面向对象编程技术、GIS 空间分析、图形处理技术与地下水数值模拟专业模型相结合的产物。

2.1 面向对象的建模方式

在 GMS 图形用户界面下,建立地下水数值模型有 3 种途径:一是网格方式;二是概念模型方式;三是空间实体模型方式。

2.1.1 网格方式(Grid Approach)

网格方式建立模型的步骤如下。

1) 绘制网格:通过网格对话框输入渗流区的长、宽及空间步长即可在屏幕上绘制出网格。

2) 定义源汇项、边界性质:源汇项和边界条件的模拟,是在建好的网格上,用鼠标选择网格,再指定网格的性质来实现的。

3) 定义含水层类型及参数:含水层的顶底板标高及含水层的参数 K , u , S 在含水层特性对话框中输入。

2.1.2 概念模型方式(Conceptual Model Approach)

概念模型方式建立模型的步骤如下(图 1)。

1) 输入工作底图:附有水文地质信息的地形图可用来作为工作底图。底图通常应包含井、泉、河流、排水沟、含水层参数分区界线等信息。该图构成了建模的对象。随后的工作是围绕该图来限定、描述模型。

2) 定义源汇项、边界性质:利用 GMS 提供的 GIS 工具,以工作底图为背景,创建与井、泉、河流、排水沟、边界等相对应的点、线、弧。然后再指定这些点、线、弧的性质,来实现模型对源汇项、边界的模拟。

3) 定义含水层类型及参数:根据含水层参数分区界线创建若干个多边形,通过多边形性质对话框将参数分别赋予各个多边形。

4) 将概念模型转化为数值模型:上述几个步骤所建立的模型即为概念模型。通过模型转化命令,系统自动根据概念模型所提供的信息将其转化为数值模型。在这一过程中,系统完成的任务有剖分、赋值等。

2.1.3 三维实体方式(Solid Model Approach)

三维实体方式建立模型的步骤如下(图 2)。



图1 概念方式模型(GMS Training Manual)

Fig. 1 Conceptual Model Approach

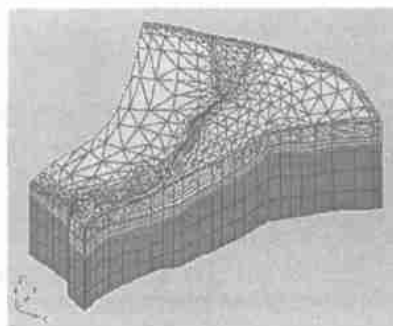


图2 三维实体方式模型(GMS Training Manual)

Fig. 2 Solid Model Approach

1) 输入钻孔资料:钻孔资料以数据文件的形式输入,钻孔资料包括井孔坐标、标高以及岩层分界标高。

2) 标识各钻孔的岩层分界:将各钻孔属于同一层的分界面标识为同一层的。

3) 建立二维网格模拟各岩层界面:根据岩性分界标识,用属于同一层的分界面形成分界面。

4) 将三维实体转化为数值模型:上述几个步骤所建立的模型,即为三维实体模型,通过模型转化命令,系统自动根据三维实体模型所提供的信息将其转化为数值模型,即自动将三维实体剖分为三维网格。

GMS4.0 下的建模过程体现了面向对象编程的思想。对象即是要加以研究的事务,是数据与操作相结合的统一体。对象是面向对象程序设计的基本概念,也是其核心。同时对象的概念也体现了系统的观点,即一个系统是由各种不同的对象所构成。这里含水层、井、泉、河流等都可视作对象。利用 GMS 4.0 所提供的工具,很容易创建与含水层、井、泉、河流等相对应的对象,然后再指定这些对象的属性来完成对地下水模型的模拟。整个

过程是可视化、图形化的。事实上,使用 GMS 4.0 的全部核心是模型的建立(创建对象)与描述(指定对象的属性),而不在程度的编写。

2.2 模型运转及计算结果的输出

通过面向对象、可视化的建模过程,完成了通常情况下的建立模型—编写程序—剖分—数据准备—编译、连接、生成可执行程序等工作。此时,就可进行模型的运转了。图形用户环境下,计算结果的输出亦是图形化的。有多种方案可供选择。平面、三维及剖面图可以多种图形文件形式输出,并在报告中直接引用。输出信息包括水头、降深、流量。图 3 显示为用 FEFLOW 模拟多层含水层系统特定条件下地下水的运动。显示的曲线为流线。

3 结束语

通过上面的分析,可以看到在图形用户界面环境下,人们无需编写或是修改程序代码及准备大量的数据。对地质实体、含水层及地下水的模拟是图形化的和可视化的,甚至是动态的。方案的改变及模型的修改很容易实现。计算结果以图形方式输出,直观、明了。所有这些都十分便于人们对不同条件下计算结果的对比与分析,从而有助于人们对水文地质条件与水文地质过程的理解。也正是由于这些特点,能够使更多想学习与掌握数值模拟的人掌握这一有力的分析工具。GMS 是目前功能最完善的地下水模拟软件。GMS 的使用者遍布世界 90 多个国家,达数千人之多。GMS 为地下水模拟的每一个阶段都提供了有力的工具,包括模型概化、建立、校正、后处理及可视化。GMS 最新版本为 4.0 版。

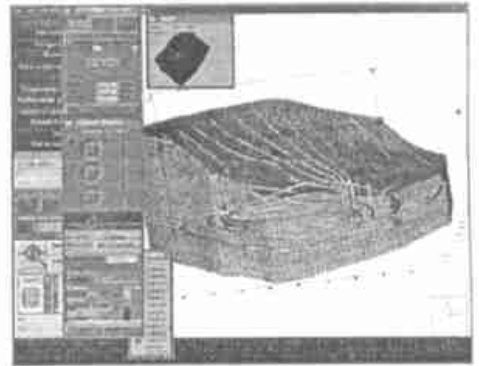


图 3 三维流线图(FELOW Training Manual)
Fig. 3 Three Dimensional Figure of Flow Line

地下水数值模拟从一开始就依赖于计算机技术。在视窗操作系统之前,地下水数值模拟通常涉及大量、繁琐的数据,同时还常受计算机内存及速度的限制。随着计算机面向对象编程技术的发展,图形化及可视化已成为应用程序的主流趋势,地下水数值模拟的功能将越来越强大,仿真度将不断提高,而使用则越来越方便。需要指出的是,任何先进、完善的模拟软件,并不能取代水文地质的基础工作。水文地质条件及过程分析是地下水模拟的基础。

参考文献:

- [1] 孙峰根. 水文地质计算的数值方法[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1995.
- [2] 薛禹群. 地下水动力学原理[M]. 北京:地质出版社,1986.
- [3] 袁清珂. Visual Basic 4.0 编程指南与实例[M]. 西安:西安交通大学出版社,1997.

Visualization of groundwater numerical modeling

WANG Xiao-ming, DAI Ge-lian, JU Tian-yi, TANG Yi-chuan

(Dept. of Geology and Environment Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: It first discussed the complexity and the inconvenience of groundwater numerical simulation encountered in DOS environment. Then it introduced the characteristics of groundwater numerical simulation in graphical user environment with GMS4.0 as an example. With the techniques of object-oriented programming and GIS incorporated, groundwater numerical simulation realized visualization. It concluded that it is very convenient in a graphical user environment for one to set up models, prepare data and view result. It also reflected the main trend and developing direction of groundwater numerical simulation.

Key words: groundwater numerical simulation; graphical user environment; visualization