

地下水模拟系统(GMS)软件

祝晓彬

(南京大学地球科学系 南京 210093)

摘要:国外在应用通用标准软件进行地下水数值模拟时,GMS软件以其友好的使用界面,强大的前处理、后处理功能及其优良的三维可视效果正受到人们越来越广泛的应用。本文在对GMS软件各模块进行简单介绍的基础上,对其优缺点进行了分析。并结合实际应用经验,列举了该软件在使用过程中常遇到的一些典型问题,以供使用GMS软件的工作人员借鉴。

关键词:GMS软件;地下水;数值模拟

中图分类号:P641.2

文献标识码:A

文章编号:1000-3665(2003)05-0053-03

地下水模拟系统(Groundwater Modeling System),简称GMS,是美国Brigham Young University的环境模型研究实验室和美国军队排水工程试验工作站在综合MODFLOW、FEMWATER、MT3DMS、RT3D、SEAM3D、MODPATH、SEEP2D、NUFT、UTCHEM等已有地下水模型的基础上开发的一个综合性的、用于地下水模拟的图形界面软件。其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6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、后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地下水模拟软件。

1 GMS各模块简介

功能十分齐全的GMS除了包含上述MODFLOW、FEMWATER、MT3DMS、RT3D、SEAM3D、MODPATH、SEEP2D、NUFT、UTCHEM等主要计算模块外,还包含PEST、UCODE、MAP、Borehole Data、TINs、Solid等辅助模块。

MODFLOW是美国地质调查局于80年代开发出的一套专门用于孔隙介质中地下水流动的三维有限差分数值模拟软件^[1]。MODFLOW自从问世以来,由于其程序结构的模块化、离散方法的简单化和求解方法的多样化等优点^[2],已被广泛用来模拟井流、河流、排泄、蒸发和补给对非均质和复杂边界条件的水流系统的影响。

FEMWATER是用来模拟饱和流和非饱和流环境下的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是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。模拟计算时,MT3DMS需和MODFLOW一起使用。

RT3D是处理多组分反应的三维运移模型,适合于模拟自然衰减和生物恢复。

SEAM3D是用于模拟复杂生物降解问题(包括多酶、多电子接收器)的模型。它包含有NAPL溶解包和多种生物降解包,NAPL溶解包用于准确地模拟作为污染源的飘羽状NAPL,生物降解包用于模拟包含碳氢化合物酶的复杂降解反应。

MODPATH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。它和MODFLOW一起使用,根据MODFLOW计算出来的流场,MODPATH可以追踪一系列虚拟的粒子来模拟从用户指定地点溢出污染物的运动。这种追踪跟踪方法可以用来描述给定时间内井的截获区。

SEEP2D是用来计算坝堤剖面渗漏的二维有限元稳定流模型。它可以用于模拟承压和无压流问题,也可以模拟饱和和非饱和带的水流,对无压流问题,模型可以只局限于饱和带。根据SEEP2D的结果可以作出完整的流网。

NUFT是三维多相不等温水流和运移模型,它非常适合用来解决包气带中的一些问题。

UTCHEM是模拟多相流和运移的模型,它对抽水和恢复的模拟很理想,是一个已经被广泛运用的成熟模型。

PEST和UCODE是用于自动调参的两个模块。在

收稿日期:2003-04-09;修订日期:2003-05-30

作者简介:祝晓彬(1980-)男,博士研究生,研究方向为地下水

数值模拟 E-mail:jcwu@nju.edu.cn

万方数据

自动进行参数估计时,交替运用 PEST 或 UCODE 来调整选定的参数,并且重复用于 MODFLOW、FEMWATER 等的计算,直到计算结果和野外观测值相吻合。

MAP 可使用户快速地建立概念模型。在 MAP 模块下,以 TIFF、JPEG 等图件为底图,在图上确定表示源汇项、边界、含水层不同参数区域的点、曲线、多边形的空间位置,快速建立起概念模型。

钻孔数据(Borehole Data)用来管理样品和地层这两种格式的钻孔数据。样品数据用来作等值面和等值线,地层数据用来建立 TIN、实体和三维有限元网格。

TINs 即三角不规则网络(Triangulated Irregular Networks)通常用来表示相邻地层的界面,多个 TINs 就可以被用来建立实体(Solid)模型或三维网格。

实体是在不规则的三角形网络(TIN)建立完成后,通过一系列操作产生的实际地层的三维立体模型。

2 GMS 软件优点分析

GMS 软件模块多,功能全,几乎可以用来模拟与地下水相关的所有水流和溶质运移问题。相比其它同类软件如 ModIME^[3]、MODFLOW^[1]和 Visual Modflow^[4],GMS 软件除模块更多之外,各模块的功能也更趋完善。本文以世界范围内广泛应用的 MODFLOW 为例,分析比较 GMS 软件的诸多优点:

(1)概念化方式建立水文地质概念模型。进行地下水数值模拟时,一般包括建立水文地质概念模型、建立数学模型、求解数学模型、模型识别以及模型预报等几个步骤。其中水文地质概念模型的建立是至关重要的一步,它是建立数学模型的基础,是整个模拟的前提。

优越于同类其它软件,使用 GMS 软件建立概念模型时,除了常用的网格化方式外,多了一种概念化方式。概念化方式是先采用特征体(包括点、曲线和多边形)来表示模型的边界、不同的参数区域及源汇项等,然后生成网格,再通过模型转换,就可以将特征体上的所有数据一次性转换到网格相应的单元和结点上。

由于网格化方式要求对每个单元进行编辑,过程比较烦琐,因此通常只适合于创建一些简单的概念模型,而概念化方式是对实体直接编辑,且可以以文件形式来输入、处理大部分数据,而没有必要逐个单元地编辑数据,因此对于实际应用中比较复杂的问题,采用概念化方式更简便、快捷。用这种方式建立起来的水文地质概念模型用不同的多边形来表示不同的参数值区域。在随后的参数拟合过程中,即可直接对这些相应的多边形进行编辑,而无需对此多边形内的每一个网

格都重复进行同一操作。

(2)前、后处理功能更强。在前处理过程中,GMS 软件可以采用 MODFLOW 等模块的输入数据并自动保存为一系列文件,以便在 GMS 菜单中使用这些模块时可方便而直接地调用,且实现了可视化输入。同时 MODFLOW 等模块的计算结果又可以直接导入到 GMS 中进行后处理,实现计算结果的可视化。GMS 软件除了可直接绘制水位等值线图外,还可以浏览观测孔的计算值与观测值对比曲线以及动态演示不同应力期、不同时段水位等值线等效果视图。

(3)版本不断更新,功能不断完善。和众多地下水数值模拟软件不同的是,GMS 软件不是一经开发后就变化不大,而是在快速动态完善着。该软件通过版本的升级来不断补充新的应用程序、不断完善各模块的功能。短短两年时间内,其 3.1 版较 3.0 版添加了 PEST、UCODE 程序模块,新增了可识别 *.JPEG 格式的图形文件、批处理抽水井和观测孔数据及对数插值等功能。而目前最新的 4.0 版更是将可用于模拟地下水含水层空间分布的转移概率统计程序包 T-PROGS 集成进来,使 GMS 软件的功能得到进一步加强。

3 应用 GMS 软件应注意的问题

最近作者应用 GMS 软件完成了长江三角洲(长江以南)地区的地下水资源评价工作,在工作过程中发现应用 GMS 软件自身还有一些亟需解决的不足之处。对初次应用 GMS 软件进行地下水数值模拟时,用户应特别注意如下典型问题:

(1)由于 GMS 软件的版本一直在不断的更新,功能也在不断的加强,建议用户使用当前的最新版本。在应用 GMS3.1 时,执行各步命令操作前应特别注意,因为该版本软件没有撤消命令操作这一功能,有些误操作可以执行,但其后果可能是导致用户退出系统,说明软件的稳定性能还有待进一步提高。

(2)在对源汇项进行处理、重新导入生产井的数据时,若井的抽水/注水率是稳定的,则直接导入新的井数据就可以覆盖前面的原有数据,从而实现了数据替换。而当抽水/贮水率是非稳定的,若直接导入新的井数据,GMS 软件就会把这些数据根据时段自动添加到原有的数据组中,而不是覆盖原有数据。此时需先将 GMS 软件自动生成的 *.map 文件中这些井的原有数据删除后再保存此 *.map 文件,然后重新打开 GMS 软件,才可以成功导入这些井的新数据。

(3)多层含水层系统中,若上覆含水层范围小于其

下伏含水层范围的情况出现,当导入分散点文件(*.sp2)来定义含水层的标高时,如果该分散点文件包含所有层的顶底板标高值,则在利用专用插值工具对各层的标高进行插值后,还要进行一次人工校正。这是由于当上覆含水层的范围小于其下伏含水层的范围时,下伏含水层没有被覆盖的那一部分区域因为没有含水层而导致不能插值出这一部分的底部标高值(相当于上覆含水层的底板标高),而这部分区域缺失的标高值恰恰正是其下覆含水层的顶板标高值,系统默认其值为0。这显然是不合理的,所以需要根据实际资料对其进行人工插值校正。

4 结语

与同类其他应用软件相比,GMS软件具有较强优势。它模块多,功能全,使用范围广,且可以采用概念化方式建立水文地质概念模型,使该过程更直观,操作更方便。其中的MODFLOW模块用户界面较同类其他

软件的用户界面更友好,更合理,其前、后处理功能也更强,故在地下水模拟领域值得推广使用该软件。但在实际应用过程中,尤其是在建立概念模型、处理源汇项数据、对地层标高进行插值时需特别注意一些典型问题,以避免出现不合理乃至错误的模拟结果。

参考文献:

- [1] 周念清,朱蓉,朱学愚. MODFLOW在宿迁市地下水资源评价中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2000, 27(6): 9-13.
- [2] 吴剑锋,朱学愚. 由MODFLOW浅谈地下水数值模拟软件的发展趋势[J]. 工程勘察, 2000(2): 13-15.
- [3] 吴剑锋,朱学愚,阎婷婷. 运用ModIME模拟潜水含水层应注意的问题[J]. 工程勘察, 2002(2): 17-19.
- [4] 武强,董东林,等. 水资源评价的可视化专业软件(Vi-sual Modflow)与应用潜力[J]. 水文地质工程地质, 1999, 26(5): 21-23.

Groundwater Modeling System (GMS) software

ZHU Xiao-bin

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: GMS software was used more and more widely because of its friendly interface, powerful pre- and post-processing capability and excellent 3D visual effect when usual standard software were used to simulate groundwater in foreign countries. On base of simple introduction to modules of GMS, We analysed virtues and flaws of software systematically. Combining using experience, it also presents some common problems appearing in application, so that it could be used for reference by those use GMS software.

Key words: GMS software; groundwater; numerical simulation

编辑 赵继昌

· 会讯 ·

2003年7月17~18日在武汉召开《长江中游主要水患区环境地质调查》项目评审会

会议由中国地质调查局和宜昌地质矿产研究所组织召开,邀请了长江水利委员会、华中科技大学、湖南省水利厅、湖北省国土资源厅、宜昌矿产研究所等单位的专家组成评审委员会。湖北省地调院、湖南省地调院、江西省地调院、安徽省地调院和中国地质大学(武汉)的项目组对各自承担的环境地质调查成果进行了汇报,项目综合组对整个长江中游水患区的环境地质调查成果作了汇报。与会专家认真审阅了成果报告,认为报告全面阐明了水患区的地质环境背景条件,深入研究了与水患形成有关的主要环境地质问题,论证评价了人类工程活动对水患形成的利弊影响。首次建立了一套可对比的长江中游盆地第四纪地层系列,在江汉-洞庭平原构造沉降的研究方面有重大进展,获得了地区性沉降速率,对长江中游水患险情的地学成因有不少创新性认识,从地学角度提出了防洪治水的构想和若干对策建议,为长江中游防洪治水决策提供了区域性地质依据。

万方数据

摘自《中国地质调查局网》