

基于 MODFLOW 在地下水资源评价的应用现状和未来展望

李小玲,邓英尔,蔡尚俊

(成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室,四川 成都 610059)

[摘要] 地下水数值模拟软件在我国地下水资源评价中发挥了重要作用,而 Visual MODFLOW 是目前公认的应用最广最标准的可视化专业软件。介绍 MODFLOW 的发展历史、功能特点及其应用模块等。目前评价地下水资源的最常用方法是数值法,并说明该方法的应用步骤。阐述软件在国内外对地下水资源评价方面的应用现状,提出存在的问题,指出与 GIS 密切结合、同多学科耦合是今后地下水系统数值模拟的重要课题。

[关键词] Visual MODFLOW; 地下水资源评价; 应用现状; 未来展望

[中图分类号] P641.8 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1004-1184(2012)06-0011-02

Application Status and Future Prospect of Groundwater Resources Assessment Based on MODFLOW

LI Xiao - ling ,DENG Ying - er ,CAI Shangjun

(State Key Laboratory of Geological Hazard Prevention and Geological Environment Protection , Chengdu University of Technology , Chengdu 610069 ,Sichuan)

Abstract: Groundwater numerical simulation software played a very important role for groundwater resources assessment of our country , and the Visual MODFLOW had been regarded as the most extensive application and best standard professional visualization software at present. The paper simply introduces its development histories , functions and application modules and so on. The numerical method was commonly used for assessment of groundwater resources and its procedure of the proposed method was performed. The paper also introduces its application status of the software in terms of evaluation of groundwater resources at home and abroad. Some existed problems were put forward , and it was an important issue for groundwater system numerical simulation that how to integration with GIS and multi - disciplinary in the future.

Key words: Visual MODFLOW; groundwater resource assessment and application status and future prospect

近十几年来,随着电子计算机的大量涌现和数值方法的推广,许多数值模拟软件逐渐替代传统的模拟技术,成为模拟分析评价地下水运动和溶质运移的主要手段。目前数值模拟方法主要有有限差分法(FDM)、有限单元法(FEM)、边界元法(BEM)和有限分析法(FAM)等,而较著名的地下水数值模拟软件有 Visual MODFLOW、GMS、FEFLOW 等,这些通用的地下水模拟软件在我国地下水资源评价中发挥了重要作用。

1 MODFLOW 介绍

目前国内外最常用于水流模型的计算机程序软件是 MODFLOW^[1,2] (Modular Three - dimensional Finite - difference Ground - water flow model 的简称),它是由美国地调局(U. S. Geological Survey)的 McDonald 和 Harbaugh 于二十世纪八十年代开发的基于 DOS 操作系统专用于多孔介质中地下水三维有限差分法地下水数值模拟软件, Domenico and Schwarz (1998) and Fetter (2001) 补充扩展,推进了其发展应用。MODFLOW 模型采用模块化结构^[3],其应用模块包括 MODPATH (Pollock 1994, 粒子跟踪)、MT3DMS (Zheng and Wang 1999, 溶质运移)、SEAWAT (Guo and Langevin 2002, 密度影响溶质运移)、PHT3D (Prommer et al 2003, 反应溶质运移)、

SEAWAT(第四版,其中包括热传播(Langevin et al 2008)),都具有最直观和强大的图形交互界面。

MODFLOW 模型的应用功能主要表现在^[1]:一、模拟研究水质点的向前、向后示踪流线,如 Modpath 能较方便地计算出三维流线的分布状态和任意时间水质点的移动位置;二、专门模块 Zone Budget 对模拟区域内任意水均衡域建立水均衡区可方便得到所选定均衡域和整个模型区的全部水均衡信息。此外,用户还可以利用此功能计算垂直渗出面的渗出量,以及通过断裂构造预测水通量;三、可方便读取地理信息系统输出的图形文件和各种数据文件,GIS 技术具有的强大的空间信息处理能力和分析功能,在数值模拟中发挥着重大作用,它为地下水三维数值模拟的开发与 GIS 耦合奠定了基础。

Visual MODFLOW 是目前公认且应用最广的标准可视化专业软件,主要用于三维地下水流和溶质运移模拟评价。Visual MODFLOW 软件是加拿大 Waterloo Hydrogeologic Inc 公司基于 MODFLOW 开发的可视化地下水流数值模拟软件,其界面设计包括三大模块,既相互联系有相对独立,即前处理模块、执行模块和后处理模块。前处理模块为直接在计算机上输入几何参数、水文地质参数、计算方法参数和边界条件等信息以建立一个三维模型;执行模块可根据用户计算模拟

[收稿日期] 2012 - 10 - 15

[作者简介] 李小玲(1986 -),女,福建泉州人,在读硕士研究生,主要从事地下水数值模拟等研究。

的需要,修改各类参数值;后处理模块为方便用户在屏幕、打印机、图形或文本文件格式上输出模拟结果。

2 地下水资源评价的方法和步骤

目前评价地下水资源最常见的方法有水均衡法、解析法和数值法等。通常,水均衡法的基本原理、计算公式简单,要求成果较为粗略,在许多情况下适应性强^[4];解析法往往对实际自然条件进行简化处理^[5];而在地下水资源评价方法中应用最多的属数值法,其能将复杂的水文地质条件包括起伏多变的地形、厚度不均的含水层、非均质、补给、排泄条件复杂、多层不连续、时空差异性大的水文地质参数等的整个地下水系统及与之相关的社会、经济、环境要素的处理较符合实际情况^[6],是未来数学模拟的主要研究方向之一。

应用数值法评价地下水资源可按以下几个步骤依次进行:

- (1) 建立计算域的水文地质概念;
- (2) 建立计算域的数学模型;
- (3) 离散分析计算域;
- (4) 建立数值模型;
- (5) 数值模型的识别校正;
- (6) 利用数值模型进行水量或水位预报。

3 软件应用现状

目前,MODFLOW 地下水数值模拟软件在学术界和工业界已得到广泛的应用,几乎占有总软件应用次数的一半。Harrington 等^[7]运用 MODFLOW 和 CMC 模拟 Otway 盆地的地下水系统的水化学特征和同位素变化的情况,并强调了瞬时流分析与稳态流分析是否细致准确有着必然的关系;V. Pisinaras 等^[8]建立了北希腊 Ismarida 平原发展区域里含水层系统水流的仿真模型,基于3年的研究成果,定量计算含水系统的含水量,给出地下水成分及含水层特征,模型结果表明,模拟地下水预算结果需减少约33%的水的利用,才能是地下水水位不再下降,以后的20a里含水层补给到附近的流域将非常低;Kibrewossen Tesfamichael 等^[9]耦合地理信息系统(GIS)和实地水文地质调查,在 PMWIN 环境下建立 MODFLOW 模型,以此模拟迦巴盆地地下水的运动和分布;M. Al Mamunul Haque 等^[10]应用 Visual MODFLOW 建立模型对孟加拉国拉杰沙希市含水层的水文地质条件和地下水资源进行评价,表明地下水补给主要来源于降雨、渗透率低的城市回流和季节性水位波动的补给、排放。

随着计算机图形学和科学可视化计算机技术突飞猛进的发展,我国对模拟软件的开发和运用也有长足的进步,在对地下水资源评价的数值模拟方面,理论实践和方法运用上不断发现问题,解决问题,并求创新发展,提供模拟结果的可靠性。周念清等^[3]采用 MODFLOW 模型对宿迁市的地下水水位及水量进行模拟和预报,为该区地下水资源的合理开发利用提供了良好依据;桑学锋等^[11]运用 Visual MODFLOW 软件对敦煌盆地地下水资源进行现状模拟与未来变化趋势预测,结合 GIS 空间分析能力、地图学、计算机数值模拟等技术实现了区域地下水二维和三维的可视化,提出地下水资源管理措施;路瑞利等^[12]建立了青铜峡某水源区地下水开采的数学模型,运用 MODFLOW 软件对模型参数、源汇项处理进行了分析确定,使模型具有较好的模拟仿真度。

4 存在问题

对于兴起一段时间的地下水模拟软件 MODFLOW 在我

国的应用较欧美发达国家还存在很大的差距。重视模型的建立,轻视基础理论的实验研究和软件的应用开发是阻碍地下水模拟软件快速发展的主要原因。然而,模型模拟的精度和效果不容乐观,一方面是模拟者的理论知识不够,缺乏耐性;另一方面是在技术上对复杂边界条件的处理,承压含水层纵横向入渗补给等仍存在问题,尽管现在在数值模型的识别检验做了大量工作,但较少用其它观测数据和拟合的参数去验证模型,使得模拟结果与实际结果有较大误差,降低应用价值。到目前为止,地下水数值模拟软件 MODFLOW 与生态、环境、水文等学科耦合仍不成熟;与地理信息系统(GIS)的结合使用仍受到一定的限制,因此,提升应用模拟软件的新功能迫在眉睫。

5 展望和结语

自1988年MODFLOW问世以来,模型应用于地下水资源评价和管理方面越来越普及,利用计算机处理大量数据不仅提高了数值模型的效率,而且能很直观的观察到地下水水位变化和物质运移的过程,为未来某区域地下水的合理利用提供依据。数值模拟软件与GIS的密切结合是当地国际学术性研究和技术工作的重要课题。在未来勘探的道路上,不断发展新方法,更加细致准确的提取各种水文地质参数,不断提高地下水数值模拟的准确度,达到仿真的真实效果。

参考文献

- [1]郝治福,康绍忠.地下水系统数值模拟的研究现状和发展趋势[J].水利水电科技进展.2006,26(1):77-81.
- [2]杨青春,卢文喜,马洪云. Visual Modflow 在吉林省西部地下水数值模拟中的应用[J].水文地质工程地质.2005,32(3):67-69.
- [3]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,(6):9-13.
- [4]吴浩东,胡建平,莫莉萍.水均衡法在水资源评价论证中的应用[J].广西师范学院学报(自然科学版).2006,23(专刊):27-30.
- [5]曾献奎,卢文喜,王伟卓,孙忠芳.地下水与地表水耦合模拟模型研究与展望[J].人民黄河.2009,31(11):47-49.
- [6]许广明.地下流体渗流理论与数值模拟[M].北京:地质出版社.2008.
- [7]G. A Harrington, R. A Walker. A compartmental mixing cell approach for the quantitative assessment of groundwater dynamics in the Otway Basin[J]. Journal of Hydrology, 1999, 21(4):49-63.
- [8]V. Pisinaras, C. Petalas, VA Tsihrantzis and E. Zagana. A groundwater flow model for water resources management in the Ismarida plain, North Greece [J]. Environmental Modeling and Assessment, 2007, 12(2):75-89.
- [9]Kibrewossen Tesfagiorgis, Tesfamichael Gebreyohannes, Florimond De Smedt, et al. Evaluation of groundwater resource in the Geba basin, Ethiopia [J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2011, 70(3):461-466.
- [10]M. Al Mamunul Haque, C. S. Jahan, Q. H. Mazumder, S. M. S. Nawaz and G. C. Mirdha, et al. Hydrogeological condition and assessment of groundwater resource using visual mudflow modeling, Rajshahi city aquifer, Bangladesh [J]. Journal of the Geological Society of India, 2012, 79(1):77-84.
- [11]桑学锋,张明泉,王浩,等.敦煌盆地地下水数值模拟及可视化与管理[J].兰州大学学报(自然科学版).2007,43(3):18-22.
- [12]路瑞利,方树星,王红雨.基于MODFLOW的某水源区地下水开采三维数值模拟[J].武汉大学学报(工学版).2011,4(5):618-623.