

我国地下水管理模型应与国际接轨

The Model of China's Groundwater Management Should Be Integrated with International Models

章光新 邓 伟

(中国科学院长春地理研究所 长春 130021)

一、提高我国地下水管理水平已是当务之急

我国是一个贫水大国,每年都有不同程度的旱灾发生。随着人口剧增和经济高速发展,水的供需矛盾已成为制约我国工农业生产和城市发展的瓶颈。全国地下水资源量为 8 287 亿立方米,目前地下水的年开采总量已突破 1 000 亿立方米,占全国供水总量的 20%。其中,北方 17 个省、市、区地下水的开采总量占全国地下水开采总量的 88%,占北方 17 个省、市、区供水总量的 1/3 以上。另据有关统计资料,全国有 100 多座城市和一些井灌区的地下水水位都发生了不同程度的持续下降,有的地方地下水资源已濒临枯竭。由此可见,地下水资源在我国国民经济生产中发挥着重要作用,尤其在我国的北方地区和城市。但是地下水超采和不合理开采在我国许多地区和城市已引发诸多生态环境问题,应引起我国政府及其有关部门高度重视。加强地下水资源管理,提高地下水资源管理水平已成当务之急。

地下水管理模型在当今知识经济时代越来越受到重视,地下水资源开发利用必须走上科学管理道路。在国内许多城市,虽然地下水管理模型在城市规划中被考虑到了,然而,我国地下水管理模型的理论基础和应用条件仍然是十分脆弱的。有的专家认为,地下水管理模型在中国的应用总体上是失败的。加速我国地下水管理模型与国际接轨已成为水文地质学界的热点问题和迫切任务。

中国科学院长春地理研究所和水利部松辽水利委员会水资源保护局首次联合在我国引进地下水管理软件(简称:REMAX 软件),该套软件是当今世界上地下水资源优化管理软件中功能最强大的优秀管理软件,在美国水利部门具有很大权威性,得到了政府的支持和保护,其研究成果居国际先进水平,目前已在全美范围内普及推广应用,国际上亦日趋流行。为了与国际接轨,赶超国际水平,我们

不仅对此套软件加以消化吸收并应用在吉林省西部大安试验区,而且加强了理论研究,与当前国内倡导的广义地下水管理模型构想和思路进行了深入的比较和研究,提出了地下水管理软件(REMAX)与国内三维流广义地下水管理模型殊途同归的思路,并拟在此基础上开发研制出中国特色的地下水资源优化管理专业系统软件,以提高我国地下水资源管理水平。

二、地下水管理软件(REMAX)系统组成及其功能

地下水管理软件(REMAX)是由国际灌溉中心和美国科学软件公司联合开发研制而成,该套系统软件是在国际上最新流行且被各国同行一致认可的地下水流三维模拟软件(Modflow)基础上,在 DOS 环境下开发研制出的地下水流三维优化管理系统软件,今年 8 月份,Windows 环境下运行版本即将问世。该套软件适用于多层溪流含水层系统,可确定地下水资源最优开采量与水资源最佳管理方案,为城市供水和农业用水提供理论依据和科学指导。软件中的模拟和优化管理模型(S/O),是利用响应矩阵法(Response matrix approach)和一些其他方法计算最优开采量、转换量和含水层系统最终变化量的,并运用运筹学优化原理将内部地下水资源和开放渠系流模拟与外部传输模拟联合起来共同进行优化管理。该软件系统兼容地下水流三维模拟软件(Modflow),并独自由四大模块组成。

1. 地下水流三维模拟软件(Modflow)

地下水管理软件是在地下水流三维模拟软件基础上开发研制而成的。后者可为前者提供基本的数据文件,并可利用来对模型进行识别和验证,此过程包括水文地质参数、补给量和排泄量、边界条件等因素的修改和校正。

2. 模拟模块(Simulation)

主要模拟管理系统在假定的水资源管理方案

下,计算出在单位水力激励条件下的系统响应的影响系数。利用三维模拟模型(Modflow)分别计算非优化激励和单位水力激励条件下水资源管理系统状况。开始时,输入必要的 Modflow 软件系统中的数据文件,同时还必须输入 REMAX.DAT 数据文件,以确定模型优化开采量或转换量的潜在位置。输出结果以二进制文件储存,以便节省硬盘空间。

3. 预优化模块(Pre-optimization)

它为优化管理系统指定的控制位置选定影响系数,并为优化模块准备好计算出的影响系数。主要通过 CONTROL.DAT 数据文件来实现,确定模型的控制管理系统响应的所有位置,在潜在优化管理位置中选择某些控制位置描述系统响应的影响系数。影响系数必须以 ASCII 格式文件输入,以便可视和编辑。

4. 优化模块(Optimization)

主要利用运筹学优化模型公式和原理计算优化开采量、转换量和水资源综合开发利用方案。通过 OBJECTIVE.DAT 和 BOUNDS.DAT 两个数据文件来控制,OBJECTIVE.DAT 确定目标类型和目标函数中的变量的权重;BOUNDS.DAT 实际上用来确定在特定的优化管理方案下的控制位置,详细规定所有利用的变量和变量总和的范围值,并说明其它一些被强调的约束条件。

5. 分析模块(Analysis)

分析计算出的优化管理方案,主要包括两部分:一是评价优化管理方案整体可靠性;二是分析叠代方程的性能。它是通过 ANALYSIS.DAT 来实现的。具体过程如下:首先,检查优化模型中的叠代方程的性能,为达到此目的,REMAX 软件利用原始模拟模型去模拟在计算出的优化管理方案条件下的系统响应,计算所有状态变量值(如水头、水力梯度、流量等),用这些状态变量值与优化过程中计算出的变量值相比较(通过叠代方程),相对误差超过10%时被认为显著;其次,评价计算出的优化管理方案的整体可靠性,主要利用多元相关技术。这些相关性可以由模拟模型产生或由用户自己提供。

总之,我们可根据研究区具体的水文地质特征、水资源时空分布规律和开发利用现状等自然与人为条件,确定模型区范围和剖分计算单元,选择利用 Modflow 软件系统中的软件包,按照固定格式和要求输入基本数据文件。首先利用 Modflow 软件来进行模型识别和验证,直到模型拟合较好,再根据具体的管理方案来确定管理目标和约束条件,输入相应控制文件和参数,逐步运行 REMAX 软件四大模块,就会得到用户满意的结果。这个软件系统从建立模型→剖分网格→数据输入→数值模拟→优化管理→结果输出整个过程都系统化、规范化。这些特点说明它是当今世界上地下水资源优化

管理软件中功能最强大的优秀专业软件。

三、我国地下水管理模型的现状

我国地下水管理模型一般功能和作用均比较单一,都是针对某一特定的区域水文地质特征、开发利用现状、管理目标而开发研制而成,不便于决策部门和实施人员操作应用和修改运行,难以推广应用。同时这些地下水管理模型都是基于一维流或二维流,不能仿真地下水流场,影响管理模型的精度,甚至失真;并且多数采用响应矩阵法,但缺乏对响应矩阵法的物理意义和应用条件正确的理解和领悟,致使我国地下水资源管理模型成功的例子较少,管理水平落后。

针对地下水管理模型响应矩阵法在实际应用中存在的客观问题,国内许多水文地质学专家和学者探求改进和完善地下水管理模型,以弥补响应矩阵法本身推导和应用条件的缺陷和不足,提出了广义地下水管理模型。

从我国地下水管理多年的实践来看,管理模型必须与模拟模型结合起来。陈葆仁学者提出了广义地下水管理模型,在进行地下水管理时,同时重视地下水模拟模型和中长期水位预报模型。广义地下水管理模型的总目标是用狭义地下水管理模型求出优化开采点布局,用中长期预报模型(资源模型)求未来年份的边界水力状态,最后用地下水模拟模型求出区域最优开采量。建议在我国地下水管理中,新的补采平衡下的最大开采量必须与模拟模型及中长期预报模型联合在一起求解,提倡地下水模拟模型、地下水资源模型(补排关系的中长期预报)和地下水管理模型三位一体运行。这应是今后地下水管理努力的方向。

四、倡导三维流广义地下水管理模型,是与国际接轨的迫切需要

1. 三维流广义地下水管理模型是我国地下水管理模型发展的趋向

国内几乎所有的地下水模拟和优化管理模型均采用一维或二维流(平面流)地下水运动原理。直到90年代初期,在国内才出现地下水三维流原理和模型报道,一些水文地质学界专家和学者对此只作了一些初步的研究和探索。由于资料获取难度较大,只在小区域和范围内作了一些试验和摸索。如长春科技大学宿青山教授在大庆市和哈尔滨市小范围内应用地下水流三维模拟和优化管理模型,取得了良好的成效。目前国内许多高等院校和科研单位,如雨后春笋般地开展地下水三维流理论和应用研究。这是为了与国际地下水管理模型软件接轨,

建设国家生态安全预警系统与维护体系 ——面对严重的生态危机的对策

To Build the Early Warning and Maintaining System of National Ecological Security

郭中伟

(中国科学院动物研究所, 副研究员 北京 100080)

人类所有的, 包括政治、经济和军事在内的活动都必须依托于所栖息的生态环境。生态系统为人类提供了必不可少的生命维护系统, 提供了从事各种活动所必需的最基本的物质资源。面对肆虐两湖平原的滔天之水、面对紧逼京门的滚滚黄沙、面对严重缺水期即将来临的警告、面对这一切来自自然界的威胁, 人们不禁要问: 我们的家园还安全吗? 我们所栖息的生态系统还能够为我们提供必要的生存资源和庇护吗? 在人们为生态环境的日益恶化而担忧、焦虑的时候, 维护国家的“生态安全”这一刻不容缓的问题已经不容回避地摆在了我们的面前。曾几何时, 人们在迅速逼近的生态危机面前还表现出不可思议的冷漠; 而今天, 我们必须从维护国家安全这个角度来讨论生态问题了。

一、生态安全是国家安全的重要组成部分

赶超国际水平, 以适应 21 世纪中国地下水资源管理的迫切需要。

2. 三维流广义地下水管理模型与地下水管理软件(REMAX)殊途同归

如前所述, 地下水管理软件(REMAX)是在地下水三维流模拟软件(Modflow)基础上开发研制而成的。我们可以利用 Modflow 系统软件来调参和求解未来年份的边界水力状态, 相当于国内地下水三维管理模型中的中长期预报模型(资源模型); 用其优化模块来求优化开采井布局, 此功能相当于国内狭义地下水三维管理模型; 通过其分析模块, 调用模拟模块去模拟在计算出的优化管理方案条件下的系统响应, 计算所有状态变量值(如水头、水力梯度、流量等), 用这些状态变量值与优化过程中计算出的变量值相比较。换言之, 用此模块来确定区域最优开采量, 相当于用国内地下水三维模拟模型, 并且可利用此模块来评价计算出的优化管理方案的整体可靠性, 确定最佳管理方案。

人类作为自然界的成员, 尽管已经掌握了高度发达的科学技术, 但是仍然像其他生命一样需要从生态系统获取各种必要生活资料, 需要生态系统提供的各类庇护, 即需要生态系统服务(ecosystem services)。生态经济学家 R. Costanza 在“世界生态系统服务的价值和自然资本”一文中列举了 17 种生态系统服务, 包括: 空气调节、气候调节、干扰调节、水调节、流失控制和沉积物减少、土壤形成、养分循环、废弃物处理、花粉传播、生物控制、避难所、食物产出、原材料、基因库、娱乐、文化等。不需要太多的生态学知识就可以看出: 这些生态系统服务与我们的生活密切相关, 我们时时都从中获得各种利益, 而这些还只是生态系统所提供的服务的一部分。由于生态系统服务的实现并不需要通过市场交换, 换句话说, 我们不需要为享用这些服务去付钱, 因而使得人们忽视甚至根本没有意识到生态系统服务的

综上所述, REMAX 系统软件开发研制中已考虑到响应矩阵法的应用条件和前提, 与我国三维流广义地下水管理模型殊途同归。由此可见, 该套系统软件走在国际的前列, 具有很高的应用价值和推广价值, 能更好地为生产实践服务, 是保证地下水资源可持续开发利用的强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] Richard C. Peralta and Alaa H. Aly. REMAX of User's Manual. Peralta and Associates, Inc. Utah, USA. 1998
- [2] A modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model. Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey. 1996
- [3] 陈葆仁, 张成元. 地下水管理模型响应矩阵法应用中的局限性. 水文地质工程地质, 1999(3): 38-40
- [4] 薛禹群, 吴吉春. 面临 21 世纪的中国地下水模拟问题. 水文地质工程地质, 1999(4): 1-3
- [5] 卢文喜. 响应矩阵法在实际应用中存在的问题. 水文地质工程地质, 1994(2): 52-53

(责任编辑 王宏章)