

水资源实时模拟管理系统 及其在山东临淄地区的应用

刘振英 李文鹏 孙 鸣 著

地质出版社

PDG

水资源实时模拟管理系统 及其在山东临淄地区的应用

刘振英 李文鹏 孙 鸣 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书针对我国水资源管理工作中不能使用计算机模型及办公自动化落后的现状,论述了利用水资源模型对复杂水资源系统进行管理的必要性,以通俗的语言讲述了水资源实时模拟管理的基本概念和作者多年从事水资源模型研究方面的经验。作者以亲自研制的“山东淄博水资源实时模拟管理系统”作为实例,详尽地介绍了集水资源实时模拟操作、水资源数据库管理、水资源管理办公自动化、地下水-地表水联合模型技术为一体的“傻瓜”型软件的原理、功能及研制方法。

本书可供从事水资源管理和水资源模型研究的工作者阅读,也可作为水利、水文地质及环境保护等专业的科技工作者和大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水资源实时模拟管理系统及其在山东临淄地区的应用/刘振英等著. —北京:地质出版社, 1996.7

ISBN 7-116-02138-8

I. 水… II. 刘… III. 水资源管理—计算机模拟—实时操作系统 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 05960 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:曹玉 江晓庆

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 5.875 字数: 14.10 万

1996 年 7 月北京第一版·1996 年 7 月北京第一次印刷

印数: 1—500 册 定价: 8.00 元

ISBN 7-116-02138-8

P·1606

目 录

前 言	(1)
第一章 水资源实时模拟管理系统概论	(3)
第一节 水资源管理工作引入数值模型的必要性	(3)
第二节 使用数值模型方法的困难及解决途径	(4)
第三节 水资源实时模拟管理	(5)
第四节 水资源实时模拟管理系统	(6)
第五节 关于实时模拟管理中数值模型的讨论	(8)
第二章 临淄地区水资源环境概况	(12)
第一节 气象与地表水	(12)
第二节 临淄地区地下水系统	(17)
第三章 临淄地区水资源数值模型	(22)
第一节 水文地质条件概化	(22)
第二节 地表水-地下水联合数学模型	(26)
第三节 临淄地区水资源数值模型主要参数及资源均衡分析	(29)
第四章 临淄地区水资源实时模拟管理系统概述与安装	(42)
第一节 水资源实时模拟管理系统设计思想	(42)
第二节 水资源实时模拟管理系统应用环境	(43)
第三节 水资源实时模拟管理系统软件安装	(43)
第四节 临淄地区水资源实时模拟管理系统软件及模块结构	(44)
第五节 临淄地区水资源数据库简介	(49)
第五章 临淄地区水资源实时模拟管理系统操作使用	(57)
第一节 实时模拟管理系统的启动	(57)
第二节 水资源数据库的管理操作	(59)
第三节 水资源管理系统办公操作	(66)
第四节 水资源模型的结构与参数设置操作	(72)
第五节 水资源模型的校验操作	(76)
第六节 利用水资源模型进行规划及预测操作	(80)
第七节 数据库与模型结构数据的备份与存档	(87)
参考文献	(89)

前 言

资源、人口与环境已成为当代世界普遍关注的问题。我国国土面积占世界陆地面积的7%，人口却占22%，而水资源不及世界河川径流量的6%，人均水资源量仅为世界的1/4。在我国，特别是北方地区，水资源紧缺已成为国民经济发展的主要制约因素之一。随着人口的增长、城市建设和国民经济的发展，对水资源的需求量日益增加；同时，过分大量地利用水资源，使不少地区出现了水资源危机和环境恶化问题。水资源问题的重要性，已不亚于粮食和能源问题。如何合理地开发利用水资源，对有限的水资源更科学地进行有效管理，是一个亟待解决的问题。

在我国北方广大的干旱半干旱地区，水资源的开发利用方式以开采地下水为主。在地下水资源的勘探阶段，要解决的主要问题是研究、探明地下水的循环条件，并在特定的经济技术条件和开采方式下，对地下水资源进行定量评价及论证开采水资源对环境可能产生的影响。而在地下水资源已开发利用地区，或者说在水资源开发利用阶段，则必然涉及到诸如下面的问题：根据当前的水资源状况，如何规划下年的水资源开采计划和调整水资源政策；拟建的新水源地对已有水源地的影响；城市垃圾处理场或污水排放途径是否会对水源有潜在的威胁；若干水源地不同联合调度方式对水资源数量的影响；修建地表水利工程对地下水资源的影响有多大；选择最有效的引用地表水补给地下水的地域和数量；流域水资源开发利用潜力或超采量分析；大量的水资源数据、资料的管理、存档及统计分析；水资源日常管理工作的办公自动化；采矿或矿山闭坑对水资源的影响分析等等。因地下水与地表水、大气水之间相互转化规律的复杂性和自身的“隐蔽”性，即使是一位颇有管理经验的水文工程师，也难以较好地解决上述水资源开发运行阶段的特殊管理问题，必须借助于能够描述区域或流域水文及水文地质条件的计算机数学模型，才能有效地处理与分析这些复杂问题。

近十余年来，我国在不同的地域和城市已研制建立了数百个计算机水资源数值模型和水资源优化模型。这些模型大多服务于地下水资源的勘查或勘探阶段。限于当时的研究阶段，这些数值模型多具有功能单一、水资源管理人员无法直接使用操作、不支持汉字图形界面、无水资源办公和数据处理功能等缺点。虽然有的模型也称之为“水资源管理模型”，而实际上这种模型并不能用于水资源管理，只能用于区域水资源的战略决策，并且仍存在上述缺点。如何使水资源数值模型的功能适用于实际的水资源管理工作，使计算机模型的操作简便易学，使模型分析方法为广大的水资源管理者所掌握，成为水资源日常管理不可缺少的工具，是摆在从事水资源研究工作人员面前的一项急切任务。相对于少儿可熟练地操作电子游戏机（一种装有游戏软件的专用电脑）来说，目前水资源管理工作的手段与方法就显得落后了。发达国家的某些行业如警察，利用电脑查询档案资料协助侦破等工作，实际上电脑的操作者并不是电脑专家，仅仅是职业警察，只是他们使用的是非常优秀的具有“傻瓜”特征的计算机软件而已。这有点像电视机，虽然原理复杂，而不懂原理的人完全可以熟练地操作使用一样。因此，我国急需开发研制适合于我国国情、仿真

性高、适用于水资源管理、功能齐全的“傻瓜”型水资源专业管理软件。

用数学模型方法对淄博市临淄地区进行水资源分析工作，始于 70 年代末，先后有山东省地矿工程勘察院、山东大学、南京大学、河北地质学院等单位在该地区建立了用于各种专门目的的水资源数值模型，尤其是 1993 年河北地质学院建立的地表水-地下水联合数值模型，能够很好地反映该地区水资源的循环和调蓄规律，具有很高的仿真性，受到国内有关专家的高度评价。地质矿产部环境地质研究所和河北地质学院选择该地区为样板，与临淄区水资源管理办公室合作，自 1993 年 10 月开始研究开发“淄博市临淄地区水资源实时模拟管理系统”，1995 年 3 月完成全部研究工作，1995 年 5 月，在北京聘请中国地质大学、建设部综合勘察研究院、地矿部高咨中心、地矿部科技司、地矿部水文地质工程地质研究所、中国水文地质工程地质勘察院及淄博市水资源管理办公室等单位的专家沈照理、王秉忱、许涓铭、岑嘉发、闫立本、阎锡屿、段永候、哈承佑、王瑞久、张富国、曹修笏等对研究成果进行了评审。专家认为，该管理系统具有易学易操作的“傻瓜”特征，对将计算机技术用于水资源日常工作起到了很好的推动作用，研究成果达到了国内领先水平，在水资源模型技术的仿真性与计算机通用软件的汉化方面达到了国际先进水平。为推广该项研究成果，据专家建议，将研究成果整理出版。

在开发工作中，聘请荷兰 Delft 国际水利与环境工程学院的周仰效教授为本研究工作的技术顾问。周仰效教授详细地介绍了国际有关学科的发展状况，并对该项研究作了具体的指导。参加“淄博市临淄地区水资源实时模拟管理系统”研制的人员，除本书的作者外，还有河北地质学院的牛平山、李桂琴，地矿部水文地质工程地质研究所的鲁静，地矿部环境地质研究所的张作晨，临淄区水资源管理办公室的崔国华等同志。在这项工作的研究过程中，得到了地质矿产部环境地质研究所、河北地质学院科研处、淄博市临淄区政府、临淄区水资源管理办公室及淄博市水资源管理办公室的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

鉴于作者的理论水平有限，不当之处，敬请批评指正。

第一章 水资源实时模拟管理系统概论

第一节 水资源管理工作引入数值模型的必要性

为了有效地管理与规划地下水资源, 须要建立水资源数学模型。一般来说, 水资源数学模型由地下水和地表水资源数学模型组成, 两者并不是相互独立的, 须进行联合模拟求解。在以开采地下水为主的地区, 地下水数学模型往往显得比地表水模型复杂。

一个实际水文地质单元的地下水数学模型, 往往是由一组线性或非线性, 并带有多种约束条件的偏微分方程组成。求解地下水数学模型的方法可分为三类: 解析法、物理模拟法和数值法。此外, 还有几种方法合并使用的解法。

解析法求解数学模型, 仅适用于所研究的微分方程及定解条件非常简单的情況。而实际的地下水系统往往为非均质的多层含水层, 边界形状不规则, 且地下水、地表水可相互转化, 因而所产生的数学模型非常复杂, 用这种方法是无法求解的。

物理模拟方法求解数学模型的基本原理是利用某些物理现象与地下水运动规律的相似性, 构造一套能够比拟实际含水层系统的物理装置, 通过对物理装置的操作和测量, 由相似性原理将测量结果转化为地下水系统的各种运动要素与数量之间的关系, 从而间接地求解数学模型。在这类方法之中, 比较实用, 并能解决实际问题的方法是电网络模拟法。电网络模拟法虽然可以解决复杂的地下水运动问题, 即可以处理多层含水层、非均质、边界形状不规则及复杂的人工干扰等情况, 并且可以调整模拟速度, 但用于水资源管理则是不合适的, 其主要原因是这种方法工作量大、成本高、操作复杂、不能处理非线性问题(如潜水含水层、包气带水分运动等)、不能模拟地下水溶质运移等。

数值方法求解数学模型, 这种方法始于 50 年代, 我国开始于 70 年代初。它是将复杂的数学模型及相应的定解条件和约束条件用数学离散技术转变为一组庞大的代数方程组, 即数值模型, 然后利用计算机求解代数方程组, 可以得到地下水数学模型的解。随着对这种方法研究的深入和实践经验的积累, 该方法的理论与技术日趋完善。与物理模拟方法相比, 这种方法显示出很大的优越性。它不仅可以求解各种复杂的地下水流运动问题, 同时也适用于求解地下水水质问题, 通用性强; 可以联立求解地下水-地表水联合数学模型; 可以和运筹学技术相结合直接求解水资源优化模型; 允许模型中出现非线性机制和非线性控制因素; 还可以与水资源信息管理系统或地理信息管理系统结合, 使之极大地提高构造水资源数学模型的效率。

为统一管理地下水和地表水资源, 不仅要对地下水的运动规律模型化, 也须将地表水资源数量随时间和空间的变化规律构造适当的数值模型, 以便与地下水数值模型相互匹配。同时须研究地下水与地表水之间的相互转化规律, 建立辅助数学模型, 以辅助数学模型作为“纽带”, 将地下水与地表水数值模型联合起来构成流域水资源模型。

很显然, 科学地管理水资源这一复杂系统是离不开数学模型这一有力工具的, 而选择求解数学模型方法无疑要选择数值法, 即水资源数值模型技术。利用这种技术, 水资源管

理人员将会对水资源的各种管理措施和决策做出合理的选择。

第二节 使用数值模型方法的困难及解决途径

使用水资源数值模型技术的确可以帮助水资源管理工作人员对管理中的各种问题有效地进行分析和决策。在过去的二十几年中,我国的水资源专家在不同城市和地域建立了数百个水资源数值模型和水资源优化模型,后者也有人称为“水资源管理模型”。但是,已开发的模型并没有应用到实际水资源管理工作中。欲使水资源管理部门或水政机构应用水资源数值模型技术,目前仍面临着以下多方面的困难。

第一是建立模型困难。若要求水资源管理工作人员或行政官员亲自建立和开发水资源数值模型肯定是一种超出他们能力的非分设想。建立水资源数值模型须同时具备以下几方面的条件:精通水文学与水文地质学及渗流力学、具有丰富的计算数学知识、具有经验丰富的计算机程序设计师。事实上,过去制作的水资源数值模型大部分是由几方面专家合作完成的或是集各种必须知识于一身的极少数专家完成的。

第二是数值模型操作困难。过去操作计算机模型的人员几乎都是水资源模型专家,甚至是计算机模型程序的设计者。在操作过程中,对模型所要求的数据格式及数据量都有严格的要求,不容许有半点的差错,否则计算机程序不能正常运转。即使是计算机模型程序的设计者,经过一定的时间后,如果不事先阅读一下使用模型的有关规定和要求,也有可能不知道怎样对模型进行操作。用一句时髦的话来说,这种缺点就是“人机界面不友好”,这给用户的操作带来很大的困难或不方便。欲使水资源管理人员操作这样的水资源模型当然是不可能的。

第三个困难是数值模型的功能不能满足水资源管理要求。在开发数值模型工作中,为了简化计算机程序设计的难度和减少数据量,大多数模型只能解决当时所关心的问题,如服务于勘探阶段的数值模型,只能用于进行地下水资源评价,可能的话或许还带有均衡分析功能。这种功能贫乏或单一的数值模型,当然不可能也不能够用于水资源管理工作之中。在开发数值模型时,使用功能齐全的“通用”计算机程序是否可以克服这一困难呢?回答是否定的。因为水资源问题有它的特殊性,尤其是地下水资源,各地的地质与水文地质条件千差万别,所解决问题的重点也不尽相同,因而很难找到一种“通用”的数学模型以包罗万象。近年来,作者研制建立了服务于各种目的的数值模型二十余个,在建立模型的过程中,都无一例外地要在“通用”模型的基础上,对程序加以改造或进行功能扩充。也就是说,某一具体的城市或地域,其水资源数值模型程序一般应是专用的。

第四个困难是数据量太大。为了操作运转一个数值模型,须按一定的数据格式准备大量模型数据,其中包括气象数据、工业用水开采量、农业用水开采量或开采强度、入境河流的流量、矿坑排水量、渠道灌溉水量、污水排放量、随时间变化的边界条件等。以上这些数据都应是随时间变化的系列资料,数据量极大。此外还应包括含水层结构信息、含水层参数分布信息及参数值、开采井坐标、大气降水入渗分区、农业开采强度分区、农业灌溉回归系数分区等不随时间变化的各种数据。在水资源管理和决策中,若临时收集这些资料与信息,并将其按一定格式输入到计算机中,其工作量是巨大的或者说是不可可能的。数值模型所用的各种数据都是水资源管理机构应收集和掌握的档案资料,产生这种困难的原

因就是没有把水资源资料信息与模型输入数据的准备工作自动地结合起来。

分析上述诸种应用数值模型的困难,应该说管理部门没有利用这一工具的“罪过”不是水资源管理部门造成的,主要原因是我们暂时还没有这种专门的水资源管理技术服务市场或咨询机构。这种市场一旦产生,就会很容易地解决上述问题。

首先在观念上应有一个明确的行业分工,对于那些复杂的技术密集型的工作,如开发高性能具有自动或半自动化的计算机管理软件包,要委托给那些科研院所、高等院校或有相应技术实力的水资源技术服务公司来承担;而水资源管理人员及有关行政官员,则只具备掌握水资源及水资源管理知识,就可以熟练地使用水资源数值模型专用软件(可以认为是一种商品)。事实上,现实生活中已给我们很多启发,如少儿可以熟练地操作使用电子游戏机(一种装有游戏软件的专用计算机),尽管他们不知道游戏机的原理,更不知道计算机游戏程序是如何编制的,他们仅知道游戏规则和会使用游戏机的操作按钮。再比如在银行、邮电等部门,计算机的操作者是普通职员,不是电脑专家,这些职员仅需精通自己的业务,经过几天甚至几小时的培训后,就可以使用计算机处理自己的业务了。水资源管理工作尽管有它的复杂性和特殊性,相对于上述例子来说,也不得不说是有点落后了。之所以邮电、银行等部门能够使用计算机进行高效率的工作,主要原因是他们拥有软件专家开发的优秀“傻瓜”型计算机软件,这类计算机软件的最大特点是易学易操作。

综上所述,目前我国急切地需要开发研制附合我国国情、适于广大水资源管理人员操作、集办公自动化与资料信息管理于一体的“傻瓜”型水资源管理软件——“水资源实时模拟管理系统”。这种系统的普及和推广,将会对水资源管理科学化与现代化起很大的推动作用。下节将介绍“水资源实时模拟管理系统”软件的基本设计思想。

第三节 水资源实时模拟管理

影响水资源的因素很多,可分为人为干扰控制因素和自然因素,后者可进一步分为随机自然因素与非随机自然因素,因此可以说水资源是一个受多种复杂因素影响的水循环系统。水资源由地表水资源和地下水资源组成,两者之间相互转化、相互影响,若其中之一发生变化,可直接或间接地影响另一方的状态和数量。地下水具有一定的“隐蔽”性,并受到含水层结构与地质构造的制约和控制,这使得水循环规律更加复杂。对如此复杂的水资源系统,水资源管理部门需要不断地对各种与水有关的工程进行决策、规划水资源开发计划、调整水资源管理政策等;对那些与水资源没有直接关系的某些工程项目,也要论证其对水资源的影响程度。因此,做好水资源管理工作不是一件容易的事。

对地下水资源的管理方法可大致分为两类,即经验管理和模型模拟管理。经验管理适用于那些水文地质条件简单、开发利用水资源数量远小于可利用量的地区。在这种情况下,水资源管理人员利用自己的专业知识,通过推理或“想象”,就可大致分析出地下水的运动规律及实施某些水资源工程对水循环及环境产生的变化,从而可以较正确地对水资源进行管理和决策。对那些水文与水文地质条件复杂、开采地下水程度较高的地区,即使是一位有经验的水资源管理工程师,也没有能力“想象”实施某些与水资源有关的拟建工程对水资源及环境产生的影响。尽管有时也能够“大胆地”进行决策,但难免会有一定的盲目性,这种因盲目决策而导致严重后果的例子在国内外都是屡见不鲜的。实施模型模拟

管理方法的第一步是建立一个水资源数值模型，对任何与水资源有关的拟建工程或水资源规划等要先在模型上进行模拟性试探，以研究不同工程方案的效果与缺陷，从而达到对水资源进行科学管理与合理决策的目的。

模型模拟管理能够避免无谓的失误，这是人所共知的事实。但是，建立一个水资源数值模型并对它进行模拟操作直至得出结果，所需的时间少则数月，多则一年有余，当然不能及时决策，这是令人难以等待和接受的。怎样才能及时地利用模型模拟结果帮助人们对水资源进行科学地管理呢？下面讨论的“水资源实时模拟管理”可以解决这一困难。

随着计算机性能的提高和普及，用计算机进行“实时操作”的领域越来越广泛，如导弹的制导、生产线的自动控制等。实时操作的一般含义是指：被计算机操作的对象及时地把自己的状态信息传输给计算机，计算机及时利用控制数学模型处理这些信息并进行模拟计算，根据运算结果去操纵被控制对象。由于计算机的高速度，对目标的控制实际上是瞬时（或称同步）进行的。这里提出的“水资源实时模拟管理”属于实时操作的一种。当与水资源有关的各种拟建工程或规划需要决策时，将该信息输入给计算机中的水资源数值模型，让计算机进行模拟计算，经过数十分钟甚至数分钟就可预测出各种拟建工程或规划方案的效果和缺陷，从而可及时地对各种水资源管理问题进行决策。然而，这一问题并不那么简单，一是水资源管理人员可能不会操作水资源数值模型（因为水资源数值模型可能不易操作），即使会操作模型，并已有现成的水资源数值模型可用，然而为了某种目的重新组织模型所需数据，其工作量之巨大，足以令人“望模兴叹”了。因此，只有用计算机高效快速这一特点，编制高性能且易操作的水资源管理程序，使全部的工作实现自动化（包括自动组织模型数据），水资源实时模拟管理才能变为现实。这种高性能的计算机程序，就是“水资源实时模拟管理系统”。

第四节 水资源实时模拟管理系统

据上节叙述，“水资源实时模拟管理系统”软件的确可以作为实现水资源“模型模拟管理”的桥梁，本节讨论它的特点和基本功能。

“水资源实时模拟管理系统”应包括以下几个基本部分：①水资源数据库管理子系统；②水资源与水政办公子系统；③水资源模型结构控制与校验子系统；④水资源模拟管理决策子系统。根据各地区或城市的具体条件，还可以再扩充一些附加功能。

水资源数据库管理子系统 在水资源管理工作中，要涉及大量的数据，如工业用水开采量、农业灌溉开采量或强度、地下水长观动态数据、工业污废水排放量、水库干渠放水灌溉量、河水径流量、大气降水量、矿坑排水量、开采井的固定信息（如坐标、井深、井径、泵型等）、长观井的固定信息等。不仅水资源数值模型需要所有这些数据，水资源管理工作也需要对这些数据进行统计分析和存档。为了实现组织水资源数值模型数据的自动化，必须用计算机数据库技术对水资源数据进行管理。这样，一方面可以实现水资源数据统计、产生统计报表、存档等工作的自动化和高效率，另一方面由于所有数据储存在计算机外存的介质中（而不是纸上），可以通过编制一定的专用功能程序，对数据自动进行整理加工，使之形成数值模型所需要的数据结构和格式。为便于广大的水资源管理工作者使用，该子系统应选用相对通用的数据库管理软件来编制，把易操作的目标放在第一位，速

度快的目标可以放在第二位。因为适合于办公的微型计算机速度已相当快,已至于人们不在乎操作数据库过程中有毫秒级的时间浪费。另外,水资源数据库中的各种数据结构要精心设计,以方便其它有关部门检索。

水资源与水政办公子系统 水政管理部门有自己的日常办公业务,如征收水资源费、水资源费价格管理、拟定下年度(或季度)各水资源用户的用水计划及审批开采量、定期绘制水资源状况图件(如地下水等水位线图、地下水污染程度图、水资源开采强度曲线等)、年或季度的开采量统计报表、编制水资源动态报表等。之所以能够实现办公自动化,是由于有水资源数据库及其管理系统作为基础。在设计该子系统过程中,应充分考虑到各地的特殊情况,针对实际办公需要来拟定系统功能,不能千篇一律。

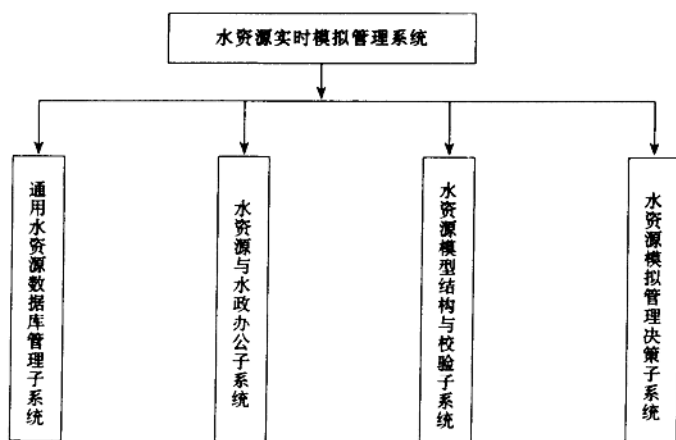
水资源模型结构控制与校验子系统 在数据库管理子系统中,大量与水资源模型结构无关的数据都以数据库的形式进行管理,为办公自动化和自动组织模型的动态数据与静态数据的建立创造了条件。但是数值模型所需要的数据不止这些,还需要含水层的结构信息和对含水层的剖分离散信息等,即模型机构数据。因这类数据一般与办公自动化关系不大,为便于数据的分类管理,将这部分数据的管理操作纳入到水资源模型结构控制子系统中。当然,也允许实时模拟管理系统研制者有自己的创作风格,将其纳入到水资源数据库管理子系统。对含水层结构和地质构造进行研究的详细程度以及对它们的概化,是随着研究精度的提高而不断提高和修正的,因此该子系统除含水层的剖分离散数据外,其余数据的肯定程度或者说精确程度都有一定的模糊性。这类数据包括含水层的概化层数、各含水层与半透水层的参数分区、阻水或控水构造的位置及参数、大气降水入渗系数分区及参数、灌溉回归系数分区及参数、地下水与地表水之间的关系参数、含水层边界的控制参数等。

水资源数值模型的仿真程度和可靠性,是模型模拟方法管理水资源成败的关键。随着水资源环境的演变、水资源信息资料的积累以及对水循环条件认识的提高,水资源数值模型需要做相应的变化,即需要修正模型结构数据,并验证其仿真性。校验子系统除具有对模型数据结构进行管理和组织的功能外,还要具有以下功能:自动将水资源数据库数据转换成模型所需格式的数据、模拟计算水的历史动态变化过程、比较实测与模拟计算结果以证实仿真性(这一过程也称为模型识别)、对水资源的历史过程进行均衡分析、绘制各种水资源成果与分析图件等。根据模拟计算结果,若实测结果与模拟结果不一致,可继续利用模型结构数据管理功能,对模型结构及数值进行调整,直至模型对水资源循环能够较好地仿真为止。

水资源模拟管理决策子系统 该子系统的功能是“实时模拟管理系统”的主要目的操作,其主要功能有:根据已建的水资源数据库,自动组织规划或预测用的数据;对各种规划方案进行预测,以比较各种水资源工程方案和规划方案的效果;对拟定的各种水资源工程方案进行均衡分析;新增水源地(或关闭水源地)对已有水源地及环境的影响分析;绘制各种水资源预测或规划成果图件,优化水资源管理方案等。

各基本子系统之间的宏观协调关系如下图所示。

下图所示的模型管理思想人们并不陌生,或者说无新颖之处,关键是怎样使这种管理方法普及化,被广大的水资源管理工作所接受并能够亲自操作,使具体的管理人员从模型“高深莫测”的困惑中解放出来,把注意力全部放在管理问题上。为实现这一目的,“水资源实时模拟管理系统”软件必须具备以下几个特点:简单直观,在人机对话中,所



回答的问题仅仅是水资源专业术语；良好的汉字菜单操作界面，不需要记忆大量的操作命令，仅会使用计算机的几个方向键就可对该软件进行操作；“在线帮助”功能，在使用过程中有困难时，可随时请求帮助，计算机可以汉字方式提示正确的操作方法、注意事项及出现错误后的处理方法；计算机操作的结果均以专业图表的形式输出，以免人工的二次操作；模块化程序结构，以便于软件的维护和升级；水资源模型必须有较高的仿真度，这一点非常重要，是所有其它工作的基础。总之，设计“水资源实时模拟管理系统”的目标就是让水资源数值模型从计算机和模型专家的手中解放出来，使之成为广大水资源管理工作者手中不可缺少的有用工具。

第五节 关于实时模拟管理中数值模型的讨论

由于水资源管理工作有自身的特殊性，作者对所使用的水资源数值模型在以下几方面提出一些建议和看法。

模型区域范围 数值模型的区域范围，不要受行政管辖的边界约束，最好是地表水流域或水文地质单元。往往有这样的情况，整个流域或水文地质单元面积很大，而需要管理的水资源开发区或水资源目的管理区仅占其中的一部分，在这种情况下，可将模型的研究精度分为两个层次，即分为目的研究区和外围研究区。目的研究区对各种研究资料的精度及勘探程度要求较高，数值模型的剖分网格较密，相应地模型精度也较高；外围研究区对勘探程度要求相对较低，其数值模型的剖分网格可以粗一些。虽然表面看起来模型外围研究区部分似乎是一种累赘，但是这种代价是值得的，它不仅使水资源的均衡分析更加合理，同时也易于处理边界条件。对于那些流域面积特别大的地区，即所谓“无界”区域，可由水文地质或水文专家确定一个适当的外围边界，这种边界一般选在目的管理区的各种水资源行为难以或很少影响到的位置。这样，既不会因范围太小使得边界条件不好处理，又不会因范围大而增加计算工作量。

数值模型的边界条件 利用数值模型研究地下水的流动规律，必须提出边界条件。对边界条件的处理总是和模型区域的选择联系在一起的，不同模型区域范围的大小，直接影响对边界条件的处理方式。所谓边界条件，通俗地讲，就是还没有求解模型以前就已经知道边界处地下水水位或流量的数值，若所选模型区域就是整个水文地质单元，则模型边界都是由自然边界组成，边界条件或是零流量边界，或是已知水位边界，此种边界条件是不难处理的，这也是人们往往选择模型区域为整个水文地质单元的原因之一。但对于无界或部分无界的模型区域，其外围边界很难提出边界条件，即不能事先确定边界上的水位，又不能确定其边界流量，精确给出这样的边界条件是困难的，或者说是不可能的。但是，研究任何一种问题都是有一定精度的，我们所关心的重点区域是目的管理区，在远离目的管理区的边界上，虽然难以提出精确的边界条件，但总可以近似地提出带有误差的已知水位边界或已知流量边界条件，随着边界与目的管理区距离的增大，边界条件概化带来的误差对目的管理区的影响越来越小，以至于充分远时可以忽略。这种处理方法的思路，有些像固体力学中的“圣维南原理”，虽然边界附近的模拟计算结果误差较大，但所关心的研究区或管理区的精度是可以满足要求的。这种边界距离的确立，可通过理论估算或模型试算来确定。

数值模拟计算中的初始条件 在用模型方法对水资源进行管理决策过程中，只要运转模型，就需要确定“初始时刻”及与之对应的“初始条件”。选择初始时刻是相对的，是模拟期的开始时刻，而不必去追求开始打井时水的状态。比如欲模拟规划下年度地下水的开发计划，可选择当年丰水期的地下水状态作为初始条件，也可选择当年年末的地下水状态作为初始条件。水资源管理部门往往每年都要绘制丰、枯期的地下水等水位线图，一般选择已绘制的图件作为初始流场比较合适。地下水等水位线图是根据有限个观测孔的水位观测值内插绘制的，这种图件只是一种粗略地近似的描述，误差产生的原因有：观测孔是否能代表含水层平均水位、绘图人员对水文地质条件的认识，插值方法是否合适等。有时等水位线图看起来很平滑，但数值模型在接受这种初始条件时却认为是“不光滑”的，是凹凸不平的。若直接用它作为初始条件，则在模拟计算开始第一、二个时段，部分区域的计算结果不正常，其原因是模型首先要对“不光滑”的初始流场进行填坑和削包造成的。对于规划或预测要求较粗略的问题，这种误差或许是容许的。对于精度要求较高的模拟，建议用以下方法处理：若管理地区地下水的水位处于拟稳定状态，可将人工绘制的流场图作为参照，用稳定流计算方法拟合人工绘制流场图，然后以计算出的稳定流场作为初始条件，这样的初始条件是“光滑”的；对于地下水开采程度较大的地区，也可在模拟期之前增加1—2个较短个缓冲模拟时段，以对人工初始场进行磨光，以磨光后的计算场作为初始流场。此外，在绘制流场图时应注意，数值模型离散结点的水位值，代表结点周围区域（也称结点均衡域）地下水位的平均值，而不是结点自身的“点水位”，所作流场图应是结点平均水位意义下的等水位线图，因此，某些比较尖的“坑”或“包”在作图时就应该被削掉。

含水层参数的选择 含水层水文地质参数的获得有以下几个途径：现场作抽水试验、取原状试样送试验室分析、建立水资源数值模型过程中对模型进行识别间接获得参数等。含水层的给水度与渗透系数是两个关键的水文地质参数，尤其是给水度，现行水文地质手册中给出的经验数值一般偏大，而渗透系数一般偏小，其原因主要是受前苏联早年专业书

刊的影响。在抽水试验过程中, 抽水井内的井损与抽水井附近出现的紊流区, 使抽水井内实际降深比用达西定律推算出来的“理想降深”大一些。另外抽水井中的滤水管有效长度往往只有 30m 左右, 而含水层厚度可能大于该值。在这种情况下, 若利用抽水井内的降深去计算含水层的渗透系数则一定是偏小的, 井损越大、井附近的紊流区越大、含水层厚度与滤水管有效长度的比值越大, 则结果偏小越多, 有时相差几倍, 个别情况可差一个数量级。含水层的给水度, 在理论上是可以通通过非稳定流抽水试验求得, 但在实际抽水试验中, 由于疏干过程的缓慢、随机因素引起观测井内水位的波动值可能接近或超过抽水引起的水位降深值等因素, 使给水度是一个很不确定的值, 甚至无法用理论分析法求解。从而迫使人们在某种程度上依赖手册中的数值。应该指出, 某些手册中的给水度经验值, 是试验室用“理想岩样”试验的结果, 而实际含水层中岩性的分选性要比“理想岩样”差, 这使得手册中给水度的经验数值要比实际含水层大, 有时甚至大一倍以上。受这种先入为主的传统观念的束缚, 甚至可以导致不承认用数值模型的求参结果。实际上, 数值模拟的求参方法, 完全可以看作是复杂情况下的抽水试验, 只不过要比简单的抽水试验考虑的条件更全面、适应性更广泛罢了。因此, 不要因水文地质参数超出某些手册中的数值范围就无条件地否定求参结果。

计算方法的选择 解地下水数学模型的计算方法有多种, 由微分方程建立离散方程式的方法主要有矩形网格有限差、三角网格有限差、三角网格有限元、边界元等方法, 离散方程式又分为显式和隐式, 对隐式离散方程式(即代数方程组)的解法又有迭代法和直接解法等。不同的计算方法不仅影响计算区域的剖分、计算机程序的编制、模型数据的准备等工作, 而且还对计算结果有一定的影响。某些教科书或专著中为了保持其系统性和完整性, 对各种方法均有一定的叙述, 并主要讲其优点, 但每种方法的实用性及缺陷往往介绍不多, 以至于有不少的水文地质或水文专家产生一种错觉, 就是数学推导过程越复杂, 其方法就越高级、越先进, 这是非常错误的。在实际中应用较多的是有限差分法和有限单元法, 1992 年以前, 人们对三角剖分有限差与有限元两种方法的优越性进行过长时间的讨论和争论, 似乎两者都有各自的优缺点甚至有限元法优于有限差分法。1992 年张宏仁先生从理论上证明了有限元方法属于有限差分法的变种, 其稳定性和收敛性均不及有限差分法, 从而结束了国内外长达近 20 年的争论。因此, 建议使用有限差分法建立和求解地下水数学模型。

地表水关系的处理 地下水、地表水、大气降水之间有着不可分割的内在联系, 它们之间不断地相互转化, 任何一个局部地区水资源的利用都会引起全流域或整个水文地质单元内水资源状况的重新分配。例如对上游河水的开发利用将会引起河流量减少, 从而导致河水对地下水的补给量减少; 对地下水的开采利用, 将使同一水文地质单元内的泉水流量减少, 进而又使泉集河的流量减少等等。因此, 即使是以下地下水为主要管理目标, 也应该将地表水与地下水一起统筹考虑。为了统一管理地下水与地表水资源, 必须建立地下水-地表水联合数学模型。即除了建立传统的地下水数值模型外, 还需建立大气降水径流与河流量数学模型, 研究河水与地下水之间的转化规律及泉水溢出规律, 并建立相应的辅助数学模型, 以这种辅助数学模型为“纽带”, 将河水、泉水等模型与地下水模型联合起来, 组成地下水-地表水联合数学模型。用这样的联合数学模型, 可以模拟修建地表水利工程对地下水资源的影响, 或论证开采地下水资源导致泉水的衰减量等问题。作者曾在河北、

山东、青海、新疆、甘肃、天津等地的某些地区建立过地下水-地表水联合数值模型，不仅避免了地下水、地表水之间的重复量问题，同时也能够清楚地对所研究地区的地下水与地表水资源进行统一的规划和论证。

第二章 临淄地区水资源环境概况

第一节 气象与地表水

淄博市临淄区位于山东省淄博市东北部，管辖区总面积为 668km^2 。其中南部为低山丘陵区，海拔 $60\sim 500\text{m}$ ，面积 186km^2 ；北部为山前冲积平原，面积为 482km^2 。总人口 54 万，辛店为临淄区政府所在地（图 2-1）。

对本地区可产生重要影响的太河水库位于临淄行政管辖区以外的南部山区。在水库大坝以北的淄河流域中，有部分山区不属于临淄区管辖，但其所产地表水及地下水资源终将以地表径流或地下径流的形式进入临淄区。为科学管理该地区水资源，并便于将地下水（孔隙水及裂隙岩溶水）、地表水利用联合数学模型按流域进行综合管理，将临淄南部山区的研究范围向南延至太河水库大坝，向东延至淄河与弥河流域分水岭，向西延至淄河与孝妇河流域分水岭。平原区研究范围除临淄区所属区域外，还有青州市邵庄乡、普通乡及东高乡等部分地区。外延后的流域范围，以下简称“研究区”或“模拟区”，其总面积为 1047.8km^2 。其中，临淄区所属平原区为 482km^2 ，山区 186km^2 ；非临淄区所属平原区 30.2km^2 ，山区 349.6km^2 。

一、气象

该地区属于暖温带半湿润大陆性季风气候区，多年平均气温为 12.2°C ，一月份气温最低，月平均气温 -3.6°C ，七月份气温最高，月平均气温 26.3°C 。

临淄平原区多年平均降水量为 596.3mm ，山区多年平均降水量为 659.9mm （黑旺站）。据 1952—1991 年间资料统计，年际间大气降水量离差系数 $C_v = 0.27$ ，多年平均蒸发量为 1792mm ，多年平均相对湿度为 67% 。

不同频率的大气降水量见表 2-1。

表 2-1 临淄地区典型频率年降水量表

降水频率	多年平均	$p = 5\%$	$p = 20\%$	$p = 50\%$	$p = 75\%$	$p = 95\%$
平原区	596.3	882.9	725.1	581.8	480.4	359.6
低山区	659.9	977.0	802.4	643.9	531.6	398.0

二、水系

临淄区内有大小河流 16 条，其中发源于山区的河流两条，平原区河流 14 条（大多数为泉集河），均属小清水系（黄河支流）。目前除淄河在汛期有表流及乌河常年接纳排放污水外，其余各河均已干涸（图 2-2）。

淄河为全区最大的河流，发源于南部鲁山北麓，向北穿越本区，于广饶县汇入小清河，全长 124.4km ，其中临淄区境内河长 42.5km 。在其上游太河村附近，建有对临淄地

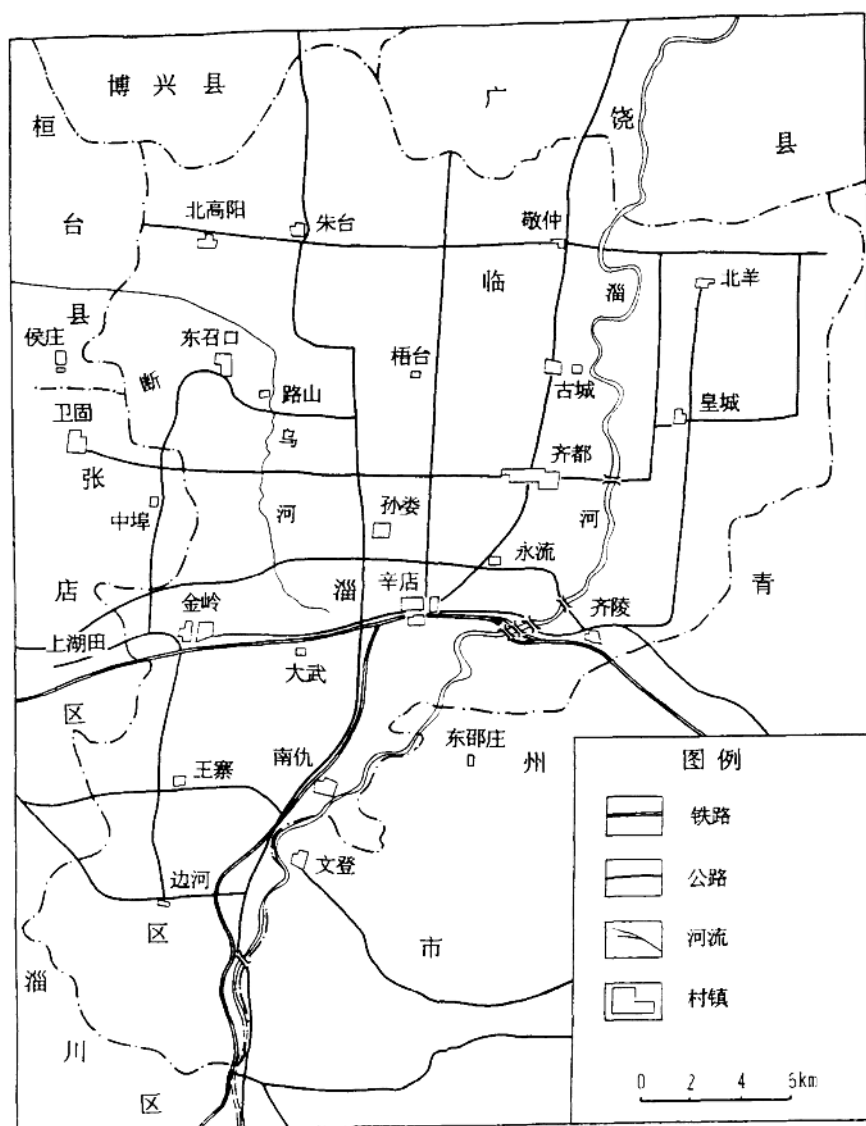


图 2-1 临淄地区地理位置交通图

区水资源可产生显著影响的大型水库——太河水库，设计库容 $180 \times 10^6 \text{m}^3$ ，兴利库容 $61 \times 10^6 \text{m}^3$ ，控制流域面积 780km^2 ，设计灌溉面积 1.53 万公顷。此外，在仁河（太河水库下游的淄河支流）定旺庄河段建有仁河水库，其总库容为 $29.6 \times 10^6 \text{m}^3$ ，兴利库容 $21.6 \times 10^6 \text{m}^3$ ，集水面积 80km^2 。上述两座水库虽不在临淄管辖区内，但对流入本区的地表径流起着非常重要的控制作用。

淄河河床由卵砾石和砂砾石组成，透水性良好，其下部没有稳定的隔水层，在山区大部分河段的松散砂砾石层与底部石灰岩直接接触，河水垂向渗漏严重，素有“淄河十八