

厚风积砂覆盖区 水资源预测与优化管理

Research on Water Resource Forecast and Optimization
Management in Thick Wind Blown Sands Covered Area

桂祥友 郁钟铭 著
马云东 刘勇



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

内 容 提 要

本书在地下水系统流动理论基础,着重研究了厚风积砂覆盖区地下水的赋存和流动规律理论,建立了厚风积砂覆盖区地下水系统及水资源预测模型。运用模糊优化理论,首次对厚风积砂覆盖区水资源的管理决策优化进行了详细的研究,并系统地讨论了内蒙古自治区神东矿区降水规律及动态分布、地表水分布、水资源总量以及矿区供水能力的情况。

本书适合地质、采矿、水利专业的工程技术及管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

厚风积砂覆盖区水资源预测与优化管理/桂祥友等著. —北京:冶金工业出版社,2007. 11

ISBN 978-7-5024-4401-3

I. 厚… II. 桂… III. ①地下水资源—预测 ②地下水资源—最佳化—资源管理 IV. P641.74 P641.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 169316 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 张 卫 王雪涛 美术编辑 张媛媛 版式设计 张 青

责任校对 白 迅 李文彦 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4401-3

北京兴顺印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2007 年 11 月第 1 版,2007 年 11 月第 1 次印刷

148mm×210mm;5.625 印张;164 千字;164 页;2000 册

20.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

为了科学系统地管理和持续利用厚风积砂覆盖区的水资源,本书针对目前国内煤矿区地下水预测和水资源系统管理所存在的问题,运用现代管理方法对矿区水资源进行研究,采用定性与定量相结合的方法,建立合理的开发利用方案,从而科学地利用矿区水资源并有效地保护地下水环境。同时针对我国西部干旱地区,特别是能源富集地区的水资源问题,进行了预测与持续利用方面的研究。

本书在地下水系统流动理论基础上,着重研究了厚风积砂覆盖区地下水的赋存和流动规律理论,建立了厚风积砂覆盖区地下水系统及水资源预测模型。运用模糊优化理论,首次对厚风积砂覆盖区水资源的管理决策优化进行了详细的研究,并系统地讨论了内蒙古自治区神东矿区降水规律及动态分布、地表水分布、水资源总量以及矿区供水能力的情况。本书主要进行了以下几个方面的工作:

(1) 厚风积砂覆盖区地下水赋存与流动规律研究。主要研究了厚风积砂覆盖区地下水的赋存与流动模型,给出了厚风积砂覆盖区地下水运动数学模型,并举例分析神东矿区厚风积砂覆盖区地下水运动建模过程,详细分析研究了常用饱和流地下水运动的数学模型以及污染物迁移转化的水动力弥散方程,从而为干旱地区地下水的合理开采和持续利用提供了理论基础。

(2) 厚风积砂覆盖区地下水系统预测研究。结合厚风积砂覆盖区地下水实际情况,首次建立了基于有限元法的矿区地下水系统预测数学模型。采用加以改进的误差反向传播人工神经网络(BPN)算法对矿区地下水水位进行了建模和预测,同时以神东矿区为例对模型进行了应用验证。

(3) 厚风积砂覆盖区地下水系统管理优化研究。针对神东矿区的具体水文及水资源状况,将模糊优化理论应用到矿区地下水管理决策研究中。建立了时序多目标系统模糊优化决策模型,并运用多目标决策模糊线性加权平均综合评判公式进行评判,得到了神东矿区地下水开发效益最优方案。

(4) 神东矿区水资源总量与水质评价研究。系统地研究了神东矿区水资源总量以及矿区供水能力。对水源地的地下水进行了水质评价研究,并运用模糊理论建立了水质评价数学模型,对神东矿区的水质进行了评价应用,详细分析了矿井水的来源与资源化技术,并对神东矿区矿井水的复用及复用量进行了预测研究。

(5) 神东矿区水资源的调配优化研究。神东矿区地处中国西北部干旱少雨且地下水资源贫乏地区,随着矿区开发、人口增加、匹配于矿业的其他工业迅速发展,应及早提出水资源的调配优化研究。对典型矿井的水文地质、神东矿区水力联系因素进行了详细分析,阐述了水资源优化配置的研究及发展趋势,运用遗传算法提出了水资源优化配置模型以及求解步骤。对神东矿区水资源需求进行了近期预测,研究了内蒙古自治区浩勒报吉水源地地下水的赋存和动态、水资源量及供水的可靠性。

(6) 神东矿区水资源管理信息系统研究。建立了神东矿区水资源管理信息系统。系统采用组件技术,利用 MapX5.0 和 Visual Basic 6.0 进行软件开发,使系统具有良好的用户界面。系统对各种数据能够进行有效的显示、查询、管理和分析,提高了水资源管理水平。系统采用了面向对象技术,便于维护和扩展。

Preface

For managing and sustainably using groundwater resources by scientific system, it is necessary to regard system engineering theory as guidelines, to use modern management ways to study groundwater system, to aim at problems which exist in groundwater forecast and water resource management of coal mine district now. We should adopt the method that combined character with quantity and build a rational development and utilization scheme, which utilize groundwater resources and protect the groundwater environment scientifically. The authors of the book have studied the problem how to predict and utilize the groundwater resource in Western China, especial in the area which is rich of energy.

Based on flow theory of groundwater system, The book studies store and flow laws of groundwater in the area that covered by thick windblown sands, and sets up the prediction models of groundwater system and water resource in this area. The authors have traversed the management decision optimization of water resource in this area using the fuzzy theory first time, and researched precipitation law and dynamic distributed, surface water distribution situation, total amount of water resource and water supply ability systematically in Shendong mine district. This book has mainly carried on the research work of the following several aspects:

(1) Study of store and flow laws of groundwater in thick wind-blown sands covered area.

In this part, the authors have mostly researched the flow model of groundwater in thick windblown sands covered area, put forward mathematics model of groundwater movement and analyzed modeling

course of groundwater in Shendong mine area as an example, studied the mathematics model of saturation flows groundwater movement and the water dynamical disperse equation of contamination move and transform in detail. So it afford theory basis for rational exploitation and continuous utilization of the groundwater in drought district.

(2) Study of groundwater system forecast in thick windblown sands covered area.

This section mostly research groundwater system forecast in thick windblown sands covered area. The authors consider actual situation in this area, set up groundwater system forecast mathematics model which based on the finite element method, and set up groundwater model and forecast by adopting improved error backpropagation artificial neural networks arithmetic in mine area. In addition, Shendong mine area which regarded as an example is carried on experiment.

(3) The optimization study of groundwater system management in thick windblown sands covered area.

Aimed at the hydrogeology and water resource situation, fuzzy optimization theory is applied to groundwater management decision study. The authors set up time sequence multiple targets system fuzzy optimization decision model, and work out the groundwater exploitation benefit optimum scheme of Shendong mine area by using multiple targets decision fuzzy linearity weighting average comprehensive judgement formula.

(4) Study of water resource total amount and water quality in Shendong mine area.

In this section, the authors have studied water resource total amount and mine ore area water supply ability, appraised the groundwater quality of water head site and set up water quality appraise mathematics model according to the fuzzy theory, moreover appraised the water quality of Shendong mine area. Analyzing the source and reusing technique of mine water in detail, the authors

have researched the reuse of mine water in this area.

(5) Study of water resource adjustment and optimization in Shendong mine area.

Shendong mine area locates in Northwestern China where rain and water resource is short. With diggings' development, population increase, rapidly expanding of other industries which match with mining, we should bring forward adjustment and optimization of water resource as soon as possible. The authors have analysed hydrology of representative mine and water power relative factors in detail, set forth research of water resource adjustment and optimization and its development trend, puts forward its model and resolve steps by using inheritance arithmetic. Furthermore, the authors forecast water resource requirement of Shendong mine area in the near future, researches groundwater existing and dynamic, water resource quantity and reliability of water supply in Haolebaoji.

(6) Research on water resource administration information system in Shendong mine area.

The authors have founded water resource administration information system in Shendong mine area. The system adopting the package technology and using MapX5.0 and Visual Basic6.0 is established, which is of favorable user interface. The system can show, find, manage and analyze all data efficiently, and it improves the manage level of water resource. Meantime, this system adopts the object-oriented technology, so it is more convenient to maintain and enlarge.

目 录

1 绪论	1
1.1 国内外水资源管理与利用概述	4
1.2 国内外相关领域研究评述	6
1.2.1 地下水系统数值模拟概况	7
1.2.2 地下水系统预测研究概述	9
1.2.3 地下水系统预测方法研究概述	12
1.3 问题的提出与本书的主要研究内容	15
1.3.1 问题的提出	15
1.3.2 本书的主要研究内容	16
2 厚风积砂覆盖区地下水赋存与流动规律研究	19
2.1 地下水运动微分方程的建立	19
2.1.1 地下水运动渗流的连续性方程	19
2.1.2 地下水三维渗流微分方程	21
2.2 微分方程源和汇的表示形式	24
2.2.1 开采与注水的模型	25
2.2.2 面状补给或排泄作用	25
2.2.3 蒸发排泄作用	25
2.2.4 线源补给与排泄作用	26
2.3 厚风积砂覆盖区地下水运动数学模型	27
2.3.1 定解条件	28
2.3.2 初始条件	32
2.3.3 厚风积砂地下水运动建模的例证	33
2.3.4 常用饱和流地下水运动数学模型	35
2.4 污染物迁移转化的水动力弥散方程	44

2.4.1	确定弥散作用产生的增量	44
2.4.2	确定对流作用产生的污染物增量	45
2.4.3	确定源汇作用对单元体内污染物质量增量的贡献 ...	46
2.4.4	确定均衡单元体内污染物质量的改变量	46
2.4.5	均衡方程	46
2.5	本章小结	48

3 厚风积砂覆盖区地下水系统预测研究 49

3.1	地下水系统的概念模型	49
3.1.1	地下水系统概念模型的定义	49
3.1.2	建立地下水系统概念模型应遵循的原则	50
3.2	地下水系统的预测数学模型	50
3.2.1	地下水系统预测的偏微分方程	50
3.2.2	预测偏微分方程中的参数、定解区域和定解条件	53
3.2.3	地下水系统预测数学模型的组成	56
3.3	基于有限元法的矿区地下水系统预测数学模型	57
3.3.1	有限单元部分	58
3.3.2	水头离散	59
3.3.3	地下水位预测方程组建立	59
3.4	基于神经网络的神东矿区水位预测	61
3.4.1	水资源预测评价模型的建立	61
3.4.2	水资源评价的神经网络	62
3.4.3	BP 网络学习算法	62
3.4.4	神经网络 BP 算法的改进	64
3.4.5	模型的建立与训练	65
3.5	地下水系统数学模型的解法	66
3.5.1	解析法	66
3.5.2	模拟法	67
3.5.3	数值法	67
3.6	本章小结	68

4 厚风积砂覆盖区地下水系统优化管理研究	69
4.1 神东矿区水文地质特点	69
4.2 多目标多层次系统模糊优化理论模型	71
4.3 时序多目标系统模糊优化决策模型	75
4.4 厚风积砂覆盖区地下水资源管理时序优化决策模型	77
4.5 时序多目标决策模糊线性加权平均综合评判公式	78
4.6 应用举例	78
4.7 本章小结	83
5 神东矿区水资源总量与水质评价研究	84
5.1 神东矿区区域概况	84
5.1.1 神东矿区地理情况	84
5.1.2 气象	85
5.1.3 降水规律及动态分布	86
5.1.4 地貌和环境	86
5.1.5 地表水分布情况	87
5.1.6 地层分布	88
5.2 地下水赋存状况	88
5.2.1 碎屑岩类裂隙水、孔隙水	88
5.2.2 松散岩类孔隙潜水	89
5.3 神东矿区水资源总量研究	89
5.3.1 矿区水资源情况分析	89
5.3.2 矿区供水能力分析	91
5.4 水源地地下水的水质评价研究	92
5.4.1 水质评价数学模型的建立	93
5.4.2 神东矿区水质评价应用	96
5.4.3 节水、分质供水及储水措施	101
5.5 矿井水处理及复用	102
5.5.1 矿井水来源及处理	102

5.5.2 神东矿区矿井水复用	106
5.6 本章小结	108
6 神东矿区水资源的调配优化研究	109
6.1 神东矿区水资源及需求分析	109
6.2 典型矿井的水文地质研究	111
6.2.1 大柳塔煤矿的含水层及机理	111
6.2.2 大柳塔矿活鸡兔井地下水分类及补给	112
6.2.3 上湾矿的水系及含水层	112
6.2.4 补连塔矿水资源及水力联系因素分析	113
6.3 水资源优化配置的研究及其发展	116
6.3.1 水资源优化配置概念和作用	116
6.3.2 水资源优化配置研究的特点及发展趋势	117
6.4 基于遗传算法的区域水资源优化配置模型研究	119
6.4.1 水资源优化配置模型	119
6.4.2 配置模型约束条件	121
6.4.3 遗传算法求解水资源多目标优化配置模型	122
6.4.4 第一级子系统优化与计算步骤	123
6.4.5 第二级系统协调及遗传算法	125
6.5 矿区水资源需求近期预测	126
6.5.1 浩勒报吉地下水的赋存和动态	128
6.5.2 浩勒报吉地下水的可采资源量	129
6.6 水源地供水的可靠性	130
6.7 本章小结	132
7 神东矿区水资源管理信息系统研究	133
7.1 水资源管理系统数据库的结构	134
7.2 数据准备	135
7.2.1 数据的整理	136
7.2.2 属性数据的输入	136
• X •	

7.2.3 地图初始化及图形库的建立	136
7.3 系统主要功能	139
7.3.1 图形浏览	139
7.3.2 信息显示	140
7.3.3 空间查询	140
7.3.4 空间分析功能	140
7.3.5 图形编辑功能	143
7.3.6 制作专题地图	143
7.3.7 统计报表	143
7.3.8 制图输出	144
7.4 神东矿区水资源管理信息系统的应用	145
7.5 本章小结	153
8 结论与展望	154
8.1 结论	154
8.2 展望	156
参考文献	157

1 绪 论

水是人类赖以生存的宝贵资源,又是重要的战略资源,它与一个国家和地区的经济持续发展和社会稳定息息相关。联合国发出警告:“水危机将成为继石油危机之后又一个严重的全球危机”。一些学者预言:“未来的战争将为水而战”。中国是水资源十分短缺的国家,人均水资源占有量只有 2200m^3 ,国际组织公认的水缺乏警戒线是人均 1800m^3 。据预测 2030 年中国将达到人口最高峰值 16 亿,人均水资源拥有量将会滑落到警戒线之下的 1700m^3 ,因而中国水资源将面临匮乏,出现限量供水,造成重大的社会影响。2008 年奥运会将在北京举行,作为一个国际大都市,其城市建设、环境问题备受世人瞩目。为了缓解严峻的挑战,必须科学合理地开发和利用水资源。地下水作为我国城市生活和工农业用水的重要供水水源,对我国国民经济建设与人民生活水平的提高起着重要的作用。据统计,全国有 310 个城市以开采利用地下水作为供水水源,约占全国城市供水的 71%,其中有 54 个城市以地下水为主要供水水源,北方城市就占 46 个,约占 70%,南方 8 个城市以地下水作为主要供水水源,占 20% 左右。以北京为例,北京作为我国的政治、经济、文化中心,同时又是一个严重缺水的城市,人均水资源占有量不足 400m^3 。从目前北京市用水现状来看,平水年大体供需相当,地下水的可采水量占全市供水量的 $2/3$,枯水年水资源紧缺,地下水资源的可采水量占全市供水量的 $3/4$ 。2005 年,遇枯水年北京地区缺水 12.8 亿 m^3 ,据预测 2010 年北京遇枯水年将缺水 16.4 亿 m^3 。北京特殊的地位及其政治影响要求必须百分之百地保证城市用水,尽可能地减少因枯水年造成的经济损失,国务院与北京市政府及有关部门提出了一些相应的措施,其中之一就是建立应急水源地,即选择水文地质条件好、含水层富水性、含水层厚、储存量大、水质良好、回补条件好、具有多年调蓄功能的地区作为地下水水源地,在枯水年启动并向北京供水以缓解北京市缺水问题,而在丰水年和平水

年停止开采以使地下水位迅速恢复,以供再次开采之用。

由于占世界面积四分之三的水体绝大多数为海洋,不能直接利用,所以可直接利用的淡水资源是有限的。虽然水资源有可更新性,但由于其更新过程耗时、耗资、在短时间内失去资源价值,甚至造成对人和社会的危害;加之近期人类经济活动的扩大,对水资源开发利用不当,使有限的水资源变得更加短缺了。据国际可持续发展专题报告,淡水资源短缺将成为全球性危机:全球只有 2.7% 的水是淡水资源,其中 0.2% 左右是能够开采利用的水资源。据全球气候变化和人口分析,20 世纪末人均淡水资源量减少了 24% 左右,到 2050 年全球 1/3 的人口将生活在用水紧张或水荒环境中。我国水资源的特点是南多北少,夏秋多冬春少,虽然我国水资源总量约 28124 亿 m^3 , 占全球径流资源的 6%, 仅次于巴西、前苏联和加拿大,居第四位,但我国人口众多,人均水资源量少,尤其在北方,水资源供需矛盾就显得日益突出,所以水资源短缺已成为我国国民经济和社会发展的最大制约因素。据统计,我国人均水资源为 25000 m^3 , 仅为世界人均占有量的 1/4, 而且时空分布不均匀,开发利用难度大,许多地区严重缺水。水利部的调查表明,20 世纪 90 年代初全国缺水城市已发展为近 300 个,较为严重缺水的城市有 100 多个,每年缺水近 60 亿 m^3 。

地下水不仅是一种宝贵的资源,同时也是复杂生态环境中一个敏感的组成因子之一,地下水的变化往往会影响生态环境系统的天然平衡状态。近代以来,随着工农业的迅速发展和城市人口的不断增加,人类对淡水资源的需求量越来越大,同时地表水污染导致的“水质型缺水”更加剧了地下水开采强度。

过量开采地下水,造成地下水水位下降,会诱发下列四大方面的环境地质问题:区域性地下水降落漏斗、地面沉降、海水入侵和水质恶化等。过量开采地下水使浅层地下水水位大幅度下降后,疏干了原有的沼泽湿地,水生植物与水禽等随之消失,使原有的景观受到破坏。在干旱地区浅层地下水水位大幅度下降,原有的绿洲也会变成沙漠。同样,过量开采松散沉积物中的深层地下水,地下水水位将会大幅度下降,形成区域性地下水降落漏斗和地面沉降灾害。在滨海地带或有地下咸水的地方超量开采地下水,海水和咸水将入侵地下水,造成水

质破坏,减少了可利用的地下水资源,严重影响工农业生产和居民生活。

地下水开采引起的一系列环境地质破坏已普遍存在,并日趋严重。资源与环境是人类可持续发展最基础的物质条件,21 世纪可持续发展战略是环境与经济协调,追求的是人与自然的和谐。人类发展对环境的作用主要是通过对自然资源的开发利用这一中介环节来传递的,而利用方式是否合理、利用效率的高低都是关键因素。因此,改变传统水资源开发,对地下水资源展开全面的调查,建立科学的模式对地下水资源进行评价,在此基础上,对地下水资源进行合理的开发和利用,将对我国社会经济发展的各个方面产生极其深远的影响。

对地下水资源进行科学管理,就是在一定约束条件下,通过操纵某些决策变量,使系统按既定的目标达到最优。随着计算机技术的发展,地下水资源的管理已向信息化发展,而 GIS 技术的成熟和完善,特别是 GIS 在地下水资源评价与管理领域中的应用,将 GIS 与地下水资源评价模型集成,使地下水赋存介质和地下水的运动规律从 2D 和 3D 可视化的角度得到展现,再现地下水开采-地下水位下降-地下水位降落漏斗形成的发展历史过程,为区域地下水开采的宏观调控、地下水资源的科学管理提供依据,并在地下水资源空间数据的采集、管理、处理、分析、表达、显示等方面极大地提高了地下水资源管理的工作效率。因此,基于 GIS 的地下水资源评价模型系统研究,既迎合目前“数字地球”的浪潮和社会各行业利用信息化管理的发展趋势,又可以为地下水资源合理开发利用规划提供辅助决策支持。

随着地下水流模拟理论的研究与发展,确定含水层水位与开采(回灌)之间关系的水位模型也在不断发展,水位模型包括相关计算模型、源函数和复变函数模型以及数值模型,其中相关计算模型是根据多年积累的水位水量资料,采用回归分析方法得出水位与水量之间的关系,其优点是直观、简洁、计算方便,但是这种方法需要大量的水位水量观测资料。源函数和复变函数模型是在假设无越流补给、承压含水层是均质、等厚、各向同性和无限延伸的情况下,分别利用非稳定流理论和复变函数理论来解出水位与水量的关系,这种方法的假设条件与实际相差甚远。原地矿部“八五”科技攻关研究成果提出了在有越

流产生,并有黏性土中释出的水补给含水层的条件下,建立准三维地下水多层含水层系统水流模型的技术方案,经过实际应用,效果良好。数值模型是根据水位模型正趋于采用三维流模型发展起来的,比较多的是采用有限差分、有限单元法来计算水位的变化,其中较著名的是美国地质调查所开发的 MODFLOW 数学模型(模拟地下水三维运动的数学模型)。

1.1 国内外水资源管理与利用概述

人类虽然从远古时代就开始用水,但将水作为一种重要的资源来使用和管理却是最近几十年的事。随着人口的增长和经济的发展,人类对资源的需求越来越大,对资源的消耗也越来越大。从 19 世纪开始,人们为了满足经济的发展、消费的增长,过度地开采了自然资源(包括不可更新资源,如矿产资源和可更新资源),打破了原来的平衡,造成了环境恶化,导致了土地沙漠化、土地盐碱化、湖泊退缩和水污染引起的地方病等种种后果。到了 20 世纪 90 年代,环境问题变得更为严重,人们意识到环境的重要性,逐渐形成了可持续发展的概念,认识到经济的发展必须与环境协调发展。所谓可持续发展就是既满足当代人的要求又不损害未来子孙的要求向前发展。在水资源方面,由于它的可更新性,人们以前一直认为它是取之不尽、用之不竭的,对它的开发和管理也从未重视,造成了资源的浪费和损害,直到 20 世纪 70 年代后期,由于用水的猛增和水污染,全球能直接利用的水资源大大减少,出现了水危机,人们对水资源的开发利用和管理才日益重视起来。

随着运筹学、系统分析方法作为一种崭新的科学决策方法的问世,在水资源的开发利用和管理中也溶入了这种新的决策方法。人们从系统角度,运用数理统计方法、最优规划方法、模糊方法等,建立数学模型,开始对水资源进行开发和管理。

在国外水资源的管理利用中,首先许多紧迫的水资源问题正在应用数学模型方法来解决,但模型没有有关水资源管理法规的规定。模型解决工程设计、运行管理等微观问题多,解决区域规划、流域规划的宏观问题少;规划设计模型应用少,方案得以实施的少。其次,随着地

理信息系统 20 世纪 80 年代被广泛运用于水科学领域以来,它已成为水资源研究和管理中的重要手段和工具,最后,水资源管理已开始走向法制化阶段。

国内水资源的管理利用中,虽然系统方法起步晚,但发展还是比较迅速。就文献调研分析,我国水资源管理中在技术上接触和应用到现代大系统、多目标和模糊集理论,多为单一整体模型和单项工程运行管理模型,而对于流域规划和地区规划开发等宏观问题的模型很少;模型最优化研究对流域等宏观问题研究较少;多数管理模型研究尚停在理论探索阶段或局限于水动力模型的范畴,与实际应用还有较大距离。地理信息系统作为一门新兴的计算机应用科学,已经逐步为水资源的有效管理提供了有力的工具。

为了科学地管理地下水资源,必须以系统的思想为指导,运用现代管理方法来研究地下水系统,采用定性与定量相结合的方法,建立合理的开发利用方案,从而科学地利用地下水资源并保护地下水环境。在地下水资源的定量分析研究中,首先要建立能真实反映实际流场特点的地下水系统的数学模型,并对数学模型进行参数识别。因此,建立能充分利用现有水文地质勘探资料的简便实用的地下水系统参数的识别方法是地下水资源管理的关键。传统的地下水系统参数的识别方法为预测-校正法,即通过模型运算得到地下水状态(如水位),并与实际观测值对比,研究人员根据水文地质基本原理、具体的水文地质条件和经验来调整参数,直至计算的结果与实测值能够较好地吻合,这种方法具有很大的人为随机性,并且费时费力。近年来,一些统计上的方法开始用于地下水系统参数的识别,如最小二乘法、广义最小二乘法、Bayesian 方法、极大似然法等,这些统计方法往往需要大量的统计数据,并且数据的准确程度及数据量选取的不同会导致参数估计结果的不同。随着优化技术的发展,优化方法也被引入到地下水系统参数的识别之中,传统的优化方法如牛顿法、The balanced error-weighted gradient 法、高斯-牛顿法、Marquardt 法、修正后的高斯-牛顿法、线性规划法等,国外流行的地下水模型软件(如 PEST、UCODE 等),多运用数学规划等方法对参数进行最优估计。但对于复杂的地下水模型,如高度非线性模型,以上方法难以解决参数估计